

1

94,8,48294,001

**Technische Universität Dresden
Fachhochschule Potsdam**

Heft 23/2 (1994)

Brosch.

**Dresdener Beiträge
zur Geschichte
der Technikwissenschaften**

Beiheft und Bildteil

Zeichnung, Grafik, Bild
in Technikwissenschaften und Architektur

Materialien der Tagung an der FH Potsdam
vom 04. und 05. Dezember 1993

Veröffentlichung der Fachhochschule Potsdam
in Zusammenarbeit mit der TU Dresden

772973 / 39

Technische Universität Dresden
Universitätsbibliothek

14. OKT. 1994

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Andreas Kahlow
Dr.-Ing. Karl-Eugen Kurrer

*

Redaktion:

Prof. Dr. Andreas Kahlow
FH Potsdam
FB Bauingenieurwesen
Friedrich-Ebert-Straße 4
14467 Potsdam
Deutschland

Telefon (0331) 2884 465
Fax (0331) 2884 444

Dr. phil. Petra Kahlow
Berlin

Dr. phil. Dipl. Math. V. Stöhr
Technische Universität Dresden
Institut für Geschichte der Technik
und der Technikwissenschaften
Mommsenstraße 13
01062 Dresden
Deutschland

Telefon (0351) 4632266, 4634723
Fax (0351) 4637265
(Bestelladresse)

Redaktionsschluß: 15.07.1994

ISBN

Druck und Einband
Klaus Regel
Berlin

Manuskriptgestaltung

Einsendung von Manuskripten nur noch auf Diskette mit unformatiertem Text.
Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

94-8.48294.001

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	vii - viii
I. Beiträge	
Dr. Ing. Klaus Mauerberger Kunstler Denkmäler und architektonische Plastiken im Mittelalter	107 - 111
Prof. Dr. Gerhard Wagner Die Holzkirche in Georgien. Ergebnisse einer Reise nach Tiflis (1950) zur Geschichte der christlichen Kunst	113 - 116
Prof. Dr. Michael Meisinger Mittelalterliche Kunstwerke aus dem Gebiet der Aargau, Zug in der Schweiz. Eine architektonische Untersuchung	117 - 123
Prof. Dr. Frank Geyger Die CDD-Verfahren in der USA, Frankreich und Deutschland von 1910 bis 1940	124 - 132
Prof. Dr. Hans-Peter Qualitätsmanagement in der Baubranche. Eine Untersuchung zur Etablierung von ISO 9000	133 - 137
2. Arbeiten und Abhandlungen in der Reihe	
Dr. Wolfgang Dittler Die Entwicklung der Anlagentechnik in der Schweiz	139 - 143
Prof. Dr. Johannes Kuchler Technische Zeichnung im Mittelalter	144 - 150
Dr. Werner Müller und Dr. Barbara Quast Fortschritt und Kulturgeschichte in der europäischen Baukunst	151 - 161
Dr. Frank Hecht Historische Vermessung und moderne geodätische Überlegungen zur Mittelalterlichen und neuzeitlichen Vermessung mit Hilfe von Kartenmaterial der Alpen	162 - 175
Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz Der Blick des Bauingenieurs - Zur Gestaltung menschlicher Zusammenhänge	176 - 186

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Vorwort	001 - 006
<u>1. Beiträge</u>	
Dr.-Ing. Klaus Mauersberger Visuelles Denken und nichtverbales Wissen im Maschinenbau	007 - 011
Prof. Dr. Otfried Wagenbreth Die Holzschnitte in Georgius Agricolas Buch "De re metallica" (1556) in der Geschichte des Technischen Zeichnens	012 - 016
Prof. Dr. Michael Mende Modelle und Zeichnungen: Anschaulichkeit als Prinzip der Ausbildung in der Maschinenlehre und Technologie während des 19. Jahrhunderts	017 - 023
Prof. Dr. Irmela Gorges Die CAD-Forschung in den USA, Frankreich und Deutschland zwischen 1955 und 1985	024 - 030
Prof. Dr. Yves Deforge Quelques aperçus sur le rôle du dessin, dans la conception et la réalisation d'objets, petits ou gros...	031 - 037
<u>2. Abstracts und Abbildungen zu den Beiträgen</u>	
Dr. Wolfgang Schöller Die Entwicklung der Architekturzeichnung in der Hochgotik	039 - 048
Prof. Dr. Eberhard Knobloch Technische Zeichnungen im Mittelalter	049 - 055
Dr. Werner Müller und Dr. Norbert Quien Probleme visueller Kommunikation in der spätgotischen Bautechnik	056 - 065
Dr. Franz Bischoff Hulczin Visierung oder Muster: quellenkritische Überlegungen zur Methode der spät- und nachmittelalterlichen Bauplanung mit Hilfe von Modellen nördlich der Alpen	066 - 075
Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz Der Blick des Produzenten - Zur Genealogie bautechnischen Zeichnens	076 - 080

	Seite
Prof. Dr. Antoine Picon Architectural and Technical Design in France during the 18th Century	081 - 086
Dipl.-Ing. Holger Falter Die Sicherheit im bautechnischen Gestaltungsprozeß, eine Frage des Erkennens und der Darstellung	087 - 092
Prof. Dr. E. Benvenuto Ursprung und Entwicklung der grafischen Berechnung von Konstruktionen	093
Prof. Dr. Andreas Kahlow Jean Victor Poncelet und die Schwierigkeiten des visuellen Denkens in den klassischen Technikwissenschaften	094 - 101
Dr.-Ing. Karl-Eugen Kurrer Von der graphischen Statik zur Graphostatik. Die Rezeption des Theorieprogramms Culmanns durch die klassische Baustatik	102 - 113
Prof. Dr. Ralf Weber Experimentelle Studien zur räumlichen Wahrnehmung Ein Zwischenbericht zu Anwendung okulometrischer Methoden in der Architekturforschung	114 - 118
Prof. Dr. Otfried Wagenbreth Die Holzschnitte in Georgius Agricolas Buch "De re metallica" (1556)	119 - 125
Prof. Dr. Michael Mende Modelle und Zeichnungen: Anschaulichkeit als Prinzip der Ausbildung in der Maschinenlehre und Technologie während des 19. Jahrhunderts	126 - 134
Prof. Dr. Irmela Gorges Die CAD-Forschung in den USA, Frankreich und Deutschland zwischen 1955 und 1985	135 - 137
Prof. Dr. Yves Deforge Quelques aperçus sur le rôle du dessin, dans la conception et la réalisation d'objets, petits ou gros...	138 - 140
Farbabbildungen	141 - 151

Vorwort

Zeichnung, Graphik, Bild in Technikwissenschaften und Architektur

Unter diesem Titel fand am 4. und 5. Dezember an der Fachhochschule Potsdam eine Tagung des Arbeitskreises "Geschichte der Technikwissenschaften" der "Gesellschaft für Technikgeschichte" statt. Das Anliegen der Tagung bestand in der exemplarischen Aufarbeitung des Phänomens der visuellen Wahrnehmung in den Technikwissenschaften und der Architektur aus der Perspektive der Kunst- und Architekturgeschichte, der Wissenschafts- und Technikgeschichte sowie des Bau- und Maschineningenieurwesens. Inhaltlicher Schwerpunkt war die Spannung, die sich zwischen gestaltendem Entwurf und kodifizierter Regel aufbaut.

Nach Eröffnung der Tagung durch den Dekan des Fachbereiches Bauingenieurwesen der FH Potsdam **Bernd Steigerwald** und kurzen Einführungsreferaten der Organisatoren dieses Zusammentreffens **Andreas Kahlow** (FH Potsdam) und **Karl-Eugen Kurrer** (Berlin) analysierte **Klaus Mauersberger** (TU Dresden) die Bedeutung der technischen Darstellung im Maschinenbau im historischen Längsschnitt von der Renaissance bis zur industriellen Revolution. Anhand der Codices Leonardos stellte er die Prozesse des Übergangs von der morphologischen Beschreibung zu einer Semantik der technischen Funktionen dar. **Wolfgang Schöllner** (Goethe Uni Frankfurt a.M.) verfolgte an den Beispielen von Zeichnungen des Straßburger Münsters und der Kathedrale von Reims (Honnecourt), wie die nichttechnische Darstellung, die mit Mitteln der Simultanität (planschräge Darstellung, bewußte Verzerrung der Perspektive durch verschiedene Fluchtpunkte) zu einer flächigen, das Einzelglied vernachlässigenden Darstellung führte. Technische Zeichnungen im Mittelalter wurden von **Eberhard Knobloch** (TU Berlin) bewußt in die Vielfalt der überlieferten Kontexte gestellt, von denen nur ein Bruchteil eigentlich technischen Charakter besaß. Ausgehend von einer Darstellung des Rohrnetzplanes der Klosteranlage in Canterbury diskutierte und klassifizierte er für die Epoche des Mittelalters bis zur Renaissance die Entwicklung des Verständnisses für die technische Funktionalität in der Darstellung. **Otfried Wagenbreth** (Bergakademie Freiberg) analysierte die Holzschnitte in Agricolas "De re metallica" unter dem Aspekt, inwieweit die Wissenschaft der Renaissance sich der Technik als Gegenstand bemächtigte. Der Adressatenkreis der Gelehrten ermöglichte Agricola im 16. Jahrhundert die völlige Befreiung aus einem mittelalterlichen Formenkanon zugunsten einer radikalen, völlig der technischen Informationsübermittlung zugewandten Darstellungsweise. In dem in schriftlicher Form vorliegenden Beitrag **Werner Müllers** und **Norbert Quiens** (Ludwigshafen und Uni

Heidelberg) wurde die Frage untersucht, ob der Steinmetzkunst der figurierten Rippengewölbe in der deutschen Spätgotik Ansätze einer Theorie zugrunde lagen. Sie wiesen nach, daß es in den Entwurfspraktiken der deutschen Spätgotik allein um in Arbeitsvorschriften vermittelte Formdefinitionen geht. **Franz Bischoff** (TU Berlin) trug quellenkritische Überlegungen zur spät- und nachmittelalterlichen Bauplanung nördlich der Alpen mit Hilfe von Modellen vor. Anhand von Rissen und Turmmodellen zum Münsterbau in Bern und Augsburg aus der Wende zum 16. Jahrhundert und der Analyse der zeitgenössischen Wortbedeutung von "Visierung" und "Muster" etc. schloß er auf die frühe Existenz von Baumodellen. Modelle spielten in der Vermittlung der Fähigkeit zum räumlichen Denken im Rahmen der Ingenieurausbildung des späten 18. und 19. Jahrhunderts eine zentrale Rolle: **Michael Mende** (Hochschule f. Bild. Künste Braunschweig) analysierte den einsetzenden Wandel vom Anschauungsmodell zum Funktionsmodell für die Visualisierung technisch- physikalischer Grundprozesse am Beispiel der Sammlungen der Universität Göttingen und des Polytechnikums Hannover. **Werner Lorenz** (TU Cottbus) thematisierte die Wirkung der "Macht der Bilder" mittels zweier Fälle differenter Interpretation von Zeichnungen: jener bei Schinkel, der die Konstruktion der technischen Details als angestammtes Gebiet des Architekten betrachtete (bei der verglasten Eisenrippenkuppel des Alten Museums in Berlin und auch beim Kreuzberg- Denkmal, wo er sie selbst nicht mehr ausführte) und Stüler, der am Neuen Museum die inzwischen erfolgte Unterteilung zwischen Kunst- und Kernform adoptierte. Im Gegensatz zur üblichen kunsthistorischen Interpretation hob er den Standpunkt des Produzenten hervor. **Antoine Picon** (Ecole nationale des ponts et chaussées, Paris) schließlich verband die Herkunft des konstruktiven Denkens bei Perrault mit dessen anatomischen und physiologischen Studien und erinnerte damit an die Bedeutung der Schnittdarstellungen aus dessen naturwissenschaftlichen Studien. Im Denken und Bauen Perraults offenbart sich mit dem konstruktiven Eindringen in das Bauwerk die Überwindung der von Vitruv gesetzten Grenzen der Baukunst.

Der zweite Veranstaltungstag wurde von **Holger Falter** (Uni Stuttgart) eingeleitet. In seinem Beitrag schälte er am Beispiel der langen Entwurfs- und Baugeschichte des Petersdomes den zunehmenden Bezug auf das Konstruktive als Kern einer neuen Baugesinnung heraus: Die Sichtweise des Baumeisters konzentrierte sich auf das Tragwerk in der in ihm materialisierten Lastabtragung. **Edoardo Benvenuto** (Uni Genua) analysierte in philosophischer Akzentuierung die Entwicklung graphostatischer Methoden im Ingenieurwesen, die in der Renaissance mit Proportionslehren anhub, dann schließlich zur Entstehung von analytischen Verfahren führte und schließlich im 19. Jahrhundert in eine Rückgewinnung der Anschaulichkeit mündete. **Andreas Kahlow** (FH Potsdam) beschrieb die bei Poncelet durch

die Hinwendung zur "industriellen Mechanik" entstandene neue Sichtweise; Bewegungsabläufe waren geometrisch aufzulösen. Obwohl seine Arbeiten zur projektiven Geometrie häufig getrennt von seiner Ingenieurarbeit betrachtet werden, war es doch gerade die Kultivierung der Techniken des "Projizierens" und "Schneidens", die zur Lösung technischer Problemstellungen führte.

Karl-Eugen Kurrer (Berlin) schied den Begriff der "graphischen Statik" und der "Graphostatik" bei Culmann und interpretierte sie als Rahmenbegriffe zweier Theorieprogramme. Entgegen dem Streben Culmanns, die "graphische Statik" mit der projektiven Geometrie zu begründen, setzte sich die schon in seinem Werk implizit angelegte "Graphostatik" durch; denn nur sie war in der Lage, das Entwurfs- und Konstruktionshandeln im Graphischen zu verdichten, mithin die Ingenieurarbeit zu rationalisieren und gleichzeitig die Form einer Proportionslehre des Bauingenieurs anzunehmen.

Experimentelle Resultate zu möglichen anthropologischen Konstanten von Wahrnehmungsprozessen wurden von **Ralf Weber** (FH Potsdam) vorgestellt. Ein in Berkeley durchgeführtes Forschungsprogramm ging der Frage der Raumwahrnehmung nach, die mit Hilfe der Aufzeichnung der Augenbewegungen von Testpersonen bei systematisch angeordneten, idealisierten Raummgebungen untersucht wurde. Diskutiert wurde insbesondere das Problem, ob die Verweildauer des Blicks in einer Beziehung zum Bedeutungsgehalt des visuell Rezipierten steht. Der Vortrag von **Irmela Gorges** (FH für Verwaltung u. Rechtspflege Berlin) hatte die maschinenbaulich geprägte CAD-Forschung in den USA, Frankreich und Deutschland zwischen 1955 und 1985 zum Gegenstand. Sie stellte dar, wie die prinzipiell adäquaten Forschungsansätze in diesen Ländern aufgrund der je besonderen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zu differenten Forschungsschwerpunkten und Entwicklungsstrategien führten.

Yves Deforge (Univ. de Technologie de Compiègne), dessen Beitrag nur schriftlich vorlag, behandelte konzeptuelle Unterschiede zwischen "kleinen" und "großen" Projekten. Während im ersten Fall auf die Vermittlung durch eine Konstruktionszeichnung verzichtet werden kann, ermöglicht die zeichnerische Konzeptualisierung bei komplexeren "großen" Objekten die Kommunikation und die Kritik durch einen Kreis von Fachleuten. Die Entwicklung der Zeichnung erweist sich mithin als Abbild der Entwicklung der Produktion und ihrer sozialen Organisation.

Andreas Kahlow und Karl-Eugen Kurrer

Drawing, illustration, and image in technology and architecture

A colloquium with the above title took place on 4-5 December 1993 at the Fachhochschule Potsdam, Germany. It was the second colloquium of the study group "History of Technological Knowledge" of the Society for the History of Technology [*Gesellschaft für Technikgeschichte*]. The purpose of the meeting was the critical reappraisal of visual perception in technology and architecture. This phenomenon was examined from the perspective of the history of art and architecture, the history of technology and science, as well as civil and mechanical engineering.

The colloquium began with remarks by **Bernd Steigerwald**, Dean of Civil Engineering at the Fachhochschule Potsdam, and brief introductory papers by the organizers **Andreas Kahlow** (FH Potsdam) and **Karl-Eugen Kurrer** (Berlin). **Klaus Mauersberger** (TU Dresden) presented a historical overview of the significance of technical representation in mechanical engineering from the Renaissance to the industrial Revolution; using Leonardo's Codices, he portrayed the transition from morphological description to a semantics of technological function. **Wolfgang Schöller** (Goethe-Uni. Frankfurt a.M.) followed with examples of drawings of the Strasburg and Reims cathedrals; he demonstrated how non-technical simultaneous representation (biased plan and deliberate distortion of perspective through various vantage points) led to a flat representation which downplayed the role of the individual component. **Eberhard Knobloch** (TU Berlin) deliberately put medieval technical drawing into a great variety of traditional contexts; only a fraction of these drawings possessed a technical character. Beginning with a presentation of the plan of the water-supply system Canterbury cloister, he discussed and classified the development of the understanding of technical function in graphic representation from the Middle Ages to the Renaissance. **Otfried Wagenbreth** (Bergakademie Freiberg) analyzed the woodcuts in Agricola's *De re metallica* by investigating the extent to which Renaissance science used technology as its subject. Agricola made possible the complete liberation of sixteenth-century learned society from a medieval cannon of forms, in favor of a radical manner of representation completely dedicated to the transmission of information. The article by **Werner Müller** (Ludwigshafen) and **Norbert Quien** (Uni Heidelberg) was available in written form; it explored whether by stone masonry of late German late-Gothic ribbed vaulting formed the basis of the beginning of a theory. They established that only in the design practices of German late Gothic were definitions of form conveyed in specifications. **Franz Bischoff** (TU Berlin) gave his views on late and post-medieval construction planning north of the Alps. He inferred the early use of building models,

based on sketches and models of towers employed in the building of the Bern and Augsburg cathedrals at the turn of the sixteenth century and through an analysis of the contemporary meaning of words such as *Visierung and Muster*. In the late eighteenth and nineteenth centuries, models played a central role in training engineers to think in three dimensions: **Michael Mende** (Hochschule für Bildende Künste Braunschweig) analyzed the change from the use of show models to functional models in the visualization of basic technical and physical processes; as examples, he used the collections of the University of Göttingen and Hannover Polytechnic. **Werner Lorenz** (TU Cottbus) explored the effect of the "power of images" through two cases of differing interpretations of drawings: the case of Schinkel, who regarded the construction of technical details as the preserve of the architect (the iron-ribbed glass dome of the Old Museum and the Kreuzberg Memorial, which he himself did not carry out); and the case of Stüler, who in the New Museum adopted the division of decorated versus structural form, an idea which had arisen in the meantime. In contrast to usual art-historical interpretation, he emphasized the producer's viewpoint. Finally, **Antoine Picon** (ENPC Paris) linked the origin of Perrault's constructive thought with his anatomical and physiological studies, and thereby recalled the meaning of the section views in his scientific studies. The thought and work of Perrault reveals that the boundaries of building art set by Vitruvius were overturned by the constructive force in building.

The second day's session began with **Holger Falter** (Uni Stuttgart). Falter used in his paper the planning and construction of the St. Peter's Dome to point out the increasing reference to issues of construction as the seed of a new attitude toward building: the viewpoint of the master builder was directed toward the framework and the way it materialized the path of forces. **Edoardo Benvenuto** (Univ. Genova) analyzed from a philosophical standpoint the development of "graphostatic" methods in engineering. These began in the Renaissance with theories of proportion; this led to the emergence of analytical methods which at the end of the nineteenth century resulted in "graphostatics", a reclamation of concrete representation. **Andreas Kahlow** (FH Potsdam) described the new viewpoint which resulted from Poncelet's use of "industrial mechanics"; movement was calculated geometrically. Although descriptive geometry was often regarded separately from its engineering function, it led to the cultivation of technologies of projection and cross-section; with these, technical problems could be graphically solved. **Karl-Eugen Kurrer** (Berlin) distinguished between the concept of Culmann's "graphic statics" and "graphostatics"; Kurrer interpreted them as the conceptual framework of two theoretical programs. Despite Culmann's efforts to justify "graphic statics" with descriptive geometry, "graphostatics", which had been implied in his work, gained

acceptance, for only "graphostatics" was able to graphically compress design and construction. It would consequently rationalize engineering work while adopting the form of an engineering theory of proportion.

Ralf Weber (FH Potsdam) presented experimental results to possible anthropological constants of perception processes. A Berkeley research program investigated the issue of the space perception; it was carried out with the help of sketches of subjects' eye movements in a systematically ordered idealized space. The relationship between the length of a glance and the significance of visual stimuli was of especial concern. **Irmela Gorges'** (FH für Verwaltung u. Rechtspflege Berlin) talk concerned CAD research in the United States, France, and Germany between 1955 and 1985. She demonstrated that the principal research approaches in each country led to variant emphases and development strategies; these corresponded to the societal conditions of each country. **Yves Deforge's** (Université de Technologie de Compiègne) written contribution to the colloquium concerned the conceptual difference between "small" and "big" projects. While it is possible to do without the medium of a construction drawing, graphic conception makes possible the communication and criticism of complex "big" objects within a circle of experts. The development of the drawing consequently turns out to be a reflection of the development of production and its social organization.

Andreas Kahlow and Karl-Eugen Kurrer

[English translation by G. K. Dreicer]

1. Beiträge

Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften
Heft 23/2 (1994) S. 7 - 11

Klaus Mauersberger

Visuelles Denken und nichtverbales Wissen im Maschinenbau

"Thinking with pictures is an essential strand in the intellectual history of technology
Eugene S. Ferguson //

Anders als die staunenswerten Bauwerke der Vergangenheit, deren Aura einem Gesamtkunstwerk entspringt, verkörperten Maschinen seit Menschengedenken einen Mythos, der sich aus der vermeintlichen Beherrschbarkeit der Natur nährte. Das geheimnisvolle Wechselspiel von äußerer Bewegung, sei es zu spielerischen oder nützlichen Zwecken, und inneren verborgenen Mechanismen rückte die Schöpfung maschineller Technik lange Zeit in die Nähe der Magie. Erst mit dem aufblühenden Mühlenwesen im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit suchte man auf dem Boden neuer Naturauffassungen das Natürliche im Technischen zu erkennen und die Bildungsgesetze der noch bescheidenen Maschinerie aufzudecken. Zunehmend orientierten sich Künstler-Ingenieure und Techniker an den Errungenschaften der modernen Naturwissenschaften, namentlich an den glanzvollen Erfolgen der Mechanik. Sie mußten aber sehr bald feststellen, daß dem "Herunterholen" der vor allem an der Gestirnsbewegung erprobten Theorien auf die bodenständige, von Zwangskräften und Widerständen diktierte Maschinenbewegung Grenzen gesetzt sind. Die Herausbildung spezifischer Maschinenwissenschaften vollzog sich in der Folgezeit unter den Erfordernissen der industriellen Revolution stets in einem Spannungsfeld von Empirie und Theorie, von Wissen und Können, von Erfindergeist und handwerklichem Geschick.

Die Ausnutzung naturgesetzlicher Zusammenhänge für die Konstruktion leistungsfähiger Maschinen brachte seit dem 17./18. Jahrhundert gewiß einen Schub an neuen und verbesserten Konstruktions- und Wirkprinzipien hervor. Es war aber nicht allein das logische Denkvermögen, das Operieren mit theoretischen Kategorien gefragt, das technische Schaffen setzte seit jeher auch Intuition, Phantasie, Spieltrieb u.ä. voraus. Die Kunstmeister, Mühlenbauer und Mechanici verfügten über eine Art "stilles Wissen", das quasi im Unterbewußtsein formend agierte. Das antizipative Denken des Ingenieurs war aber überwiegend ein nicht-

verbales Denken, ein Denken in visuellen Kategorien. "We can more than we can tell" - umriß M. Polanyi diese Spezifik des "sprachlosen" Technikers /2/. Die Gestaltpsychologie, deren Schule Polanyi angehörte, suchte in den fünfziger und sechziger Jahren unseres Jahrhunderts, ausgehend von einem solch zentralen Begriff wie Perzeption (Wahrnehmung), in die Struktur des "tacit knowing" einzudringen /3/.

Auch der Wissenschafts- und Technikhistoriker ist gut beraten, neben den verbalen Äußerungen von Wissen über die inneren Zusammenhänge technischer Objekte, seien es physikalisch-phänomenologische Betrachtungen, seien es mathematisch-kalkulative Erwägungen, auch die nichtverbalen, visuellen Vorstufen des technischen Schaffensaktes zum Gegenstand zu erheben. Dies lenkt die Aufmerksamkeit auf den Entwurfsprozeß. Hinsichtlich maschineller Technik hält in jüngster Zeit insbesondere das Schaffen des US-amerikanischen Technikhistorikers E. S. Ferguson bemerkenswerte Einsichten und Anregungen bereit /4/. Hier sollen in Kurzform einige Aspekte der Thematik aus der Sicht der Geschichte der Technikwissenschaften erläutert werden /5/. Gerade die Vorgeschichte des wissenschaftlichen Maschinenwesens hält in der noch nachvollziehbaren Struktur und Transparenz maschineller Artefakte aufschlußreiche Beispiele und Entwicklungslinien bereit.

Gewöhnlich werden die Wurzeln des wissenschaftlichen Maschinenbaus vorrangig in den Naturwissenschaften gesehen. Ein Blick auf die Vorgeschichte der Ingenieurwissenschaften zeigt aber, daß es bereits frühzeitig zu einer Verdichtung handwerklich-künstlerischen Könnens zu technischem Wissen gekommen ist. Die Visualisierung technischer Gebilde und Verfahren war dabei ein Mittel, kausale Zusammenhänge aufzudecken. Die damit einhergehende Geometrisierung mechanisch-technischer Sachverhalte leitete die wissenschaftliche Durchdringung ein und mündete in der Herleitung elementarer Methoden und Theorienfragmente. Eine besondere Rolle spielte dabei die technische Zeichnung, welche über das jeweilige Niveau des Entwurfsdenkens Aufschluß gibt. Die zeichnerische Darstellung hatte auch wesentlichen Einfluß auf die Vermittlung von Wissen, auf das Ausdrücken von Zusammenhängen, die nicht oder noch nicht in verbale oder gar theoretisch-analytische Formen zu kleiden waren. Mit der Herausbildung polytechnischen Schulwesens waren im Selbstverständnis des Ingenieurs bzw. Ingenieurwissenschaftlers als wesentliche Ausdrucksmittel "die Zeichnung, die Formel und endlich die Sprache selbst" verankert /6/.

Vereinfacht kann die Verwissenschaftlichung der Technik in der Wechselwirkung zweier Ströme begriffen werden. Zum einen in der Aufbereitung und Anwendung naturwissenschaftlicher Theorien und zum anderen in der Verallgemeinerung und theoretischen Verdichtung von Erfahrungswissen, das mit dem Abheben allgemeiner Regeln und

Konstruktionsvorschriften Ansätze einer systematisch-wissenschaftlichen Methodik erkennen läßt. Letztere Entwicklungslinie zieht sich mithin von einer handwerklich fundierten praktischen Mechanik zum modernen Maschinendesign der Industriegesellschaft und vereint Merkmale und gemeinsame Wurzeln technischer und künstlerischer Tätigkeit.

Visuelles Denken und nichtverbales Wissen ist in den mechanischen Künsten und im Maschinenwesen zu einer eigenständigen Ausprägung gekommen. Hinsichtlich ihrer Spezifik, die bereits in frühen Unterschieden der Maschinenzeichnung gegenüber der Bauzeichnung zum Ausdruck kommt, ist der besondere Raum-Zeit-Zusammenhang der Maschinenbewegung hervorzuheben. Geometrie ist im Maschinenwesen auch immer Bewegungsgeometrie, also Kinematik. Bereits vor der industriellen Revolution erfolgte eine zunehmende Dynamisierung maschineller Prozesse, welche entsprechende Wissensformen nicht unbeeinflußt ließ.

Visuelles Denken kommt allgemein in folgenden Momenten zum Ausdruck:

1. Als kommunikatives Element ("Sprache des Ingenieurs") schafft es Übergänge vom "sprachlosen Handwerker" zum wissenschaftlich gebildeten Gelehrten.
2. Als didaktisches Prinzip dient es bei der Wissensvermittlung der Erhöhung der Kraft der Anschaulichkeit.
3. Als antizipatives Element steuert es die Korrelation von Hand und Gehirn im technischen Schaffensprozeß.
4. Bei der Ausführung einer zum Entwurf geronnenen Idee dient zumeist die Zeichnung (Abgreifen und Anreißen von Größe und Gestalt) als kalkulatives Element der Übertragung.
5. Visualisierung und Geometrisierung stellen bereits (teils abseits physikalisch-mathematischer Modellierung) Ansätze wissenschaftlicher Durchdringung der Technikobjekte dar.

Die Vorbereitung der Verwissenschaftlichung von Technik, d.h. der Übergang von Wissen zur Wissenschaft, erfolgt gemäß der inneren Logik von Erkenntnistätigkeiten des Technikers, die vom einfachen Beobachten und Sammeln über komplexere Tätigkeiten wie Beschreiben,

Ordnen, Klassifizieren, Elementarisieren und Systematisieren bis hin zu der abstrakteren Ebene des Schematisierens, Modellierens, Quantifizierens und Theoretisierens reicht. Die Strukturierung des technischen Wissens bezieht sich im historischen Prozeß auf den Zusammenhang strukturell-morphologischer und funktionaler Charakteristika der Technikobjekte. Die Maschinenlehre hat demgemäß zum Hauptgegenstand, das Verhältnis von Aufbau und Wirkungsweise von Maschinen zu erklären und entsprechend praktikable Konstruktionsprinzipien herzuleiten /7/.

Wenngleich aus dem Gestus spätmittelalterlicher Maschinenzeichnungen einige der genannten Tendenzen bereits herauszulesen sind, sollte der Beginn einer Verkettung rationaler und visueller Erkenntniselemente mit Leonardo da Vinci gesetzt werden. Freilich bereitet die Reinterpretation einer Zeichenwelt, die so weit vom Mittelalter noch nicht entfernt ist, gleichzeitig aber Anzeichen eines modernen industriellen Techniktyps aufblitzen läßt, einige Schwierigkeiten: Leonardos schier unüberschaubare Skizzenblätter von Mechanismen und Maschinen atmen hier eine vertraute Rationalität und tragen da noch die geheimen Züge einer unergründlichen Symbolik in sich. Daß sie zugleich eine seinerzeit kaum überbrückbare Kluft von Wünschbarem und Machbarem zum Ausdruck bringen, ist an anderer Stelle vermerkt /8/.

Im Kern deutet sich in Leonardos Darstellungsart jene von Erkenntnisabsicht und Gestaltungswille getragene Methodik an, die in der folgenden Entwicklung der praktischen Mechanik und Maschinenkunde Bestand haben sollte: Aufschneiden, Hineinschauen, Elementarisieren und Selektieren relevanter Sachverhalte schafft Zugang zu dem, was die Technik im innersten zusammenhält, führt hin zu den verborgenen naturgesetzlichen Zusammenhängen. Oder, zeitgemäßer ausgedrückt, das Freilegen bzw. Freischneiden maschinentechnischer Wirkprinzipie durch Betrachtung elementarer Strukturen deckt zugleich die zugrunde liegenden physikalischen Phänomene auf. Dies ist freilich bei Leonardo erst ansatzweise zu erkennen. Sein Herangehen zeigt aber durchaus Parallelen zu der sich formierenden Erkenntnismethode der Naturwissenschaften, mathematische Ansätze mit experimentellen Untersuchungen zu verknüpfen.

Eingebettet war diese über den Rahmen handwerklicher Tätigkeit hinausweisende Methode des Künstler-Ingenieurs in die großen geistigen Strömungen seiner Zeit. Die mit dem Buchdruck in weite Bereiche der Technik vordringende "literarische Entdeckung der Produktion" bewirkte einen signifikanten Erkenntnisschub auch hinsichtlich des maschinentechnischen Wissens und trug zur Entschleierung der vormals mystifizierten Gewerbe und Künste bei. Mit rationalen Mitteln formte sich im Bewußtsein der Techniker der Übergang von einer personell-substantiellen zu einer semantischen Definition der Technik /8/. Anschauungsmittel hierfür

waren auch perspektivische Zeichnungen, Risse, Schnittdarstellungen, Hervorhebung von Details, Maßangaben, Gewichts-Größenverhältnisse u.a.m. Ein erster, richtungsweisender Schritt vom rein intuitiven Erfindungsprozeß zur rational begründeten Konstruktion war getan. Die "Die Ikonographie der Technik" war um wichtige Ausdrucksmittel bereichert.

Mit den in der Renaissance gelegten Grundlagen bildhafter Darstellung von bestechender visueller Qualität sowie vermöge geometrischer Mittel drangen die Ingenieure in der Folgezeit immer tiefer in die Natur der Maschinerie ein, legten ihre Wirkprinzipie frei und deckten relevante physikalische Phänomene auf. Die Herausbildung der Maschinenmechanik ging zunächst mit der Entwicklung der praktischen Geometrie einher. Elementarisierung und Systematisierung waren im 18. Jahrhundert die wesentlichen methodischen Bausteine einer deskriptiven Maschinenkunde. Bereits im Zeichen der industriellen Revolution stand die auf der "géométrie descriptive" begründete kinematische Maschinenlehre der Monge-Schule an der Pariser École Polytechnique. Darauf aufbauend wurde im weiteren konsequent der Übergang von geometrischen (visuellen) zu mechanischen (analytischen) Prinzipien im wissenschaftlichen Maschinenwesen vollzogen.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- /1/ Ferguson, E. F.: The Mind's Eye: Nonverbal Thought in Technology. In: Science, 197(1977)4306, S. 827.
- /2/ Polanyi, M.: The tacit Dimension. Garden City, New York 1967.
- /3/ S.a. Koestler, A.: The Act of Creation. New York 1967.
- /4/ Ferguson, E. S.: Engineering and the Mind's Eye. Cambridge MA, London 1992.
- /5/ Eine ausführliche Fassung dieses Beitrages ist für die "Wissenschaftlichen Berichte der Fachhochschule Leipzig" in Bearbeitung.
- /6/ Görges, J.: Über die dreifache Sprache des Ingenieurs. Manuskript einer Rede, Archiv der TU Dresden, UA XXVII, Nr. 13, 1913/14, S. 45.
- /7/ Vgl. Mauersberger: Studienmaterial zur Geschichte der Technikwissenschaften / Maschinenwesen. In: Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften (DBGT), Heft 7, Dresden 1983.
- /8/ Mauersberger, K.: Leonardo da Vincis Entwürfe von Kurvenmechanismen. In: DBGT, Heft 18, Dresden 1989, S. 53-102.
- /9/ Maschat, H.: Leonardo da Vinci und die Technik der Renaissance. München 1989.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Klaus Mauersberger
 Technische Universität Dresden
 Philosophische Fakultät / Kustodie
 Mommsenstr.13
 01069 Dresden

Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften
Heft 23/2 (1994) S. 12 - 16

Otfried Wagenbreth

Die Holzschnitte in Georgius Agricolas Buch "De re metallica" (1556) in der Geschichte des Technischen Zeichnens

Einleitung

Georgius Agricola, geboren am 24.3.1494 in Glauchau, gestorben am 21.11.1555 in Chemnitz, beigesetzt wohl am 27.11.1555 im Dom von Zeitz, war als Sprachwissenschaftler, Arzt, Metrologe, Historiograph, Politiker und Montanschriftsteller ein Universal-Gelehrter der Renaissance. Als Lektor in Venedig war er 1524/1526 an der Herausgabe der Werke antiker Mediziner beteiligt und sah das Problem, deren Mineralbezeichnungen und Angaben über die Heilkräfte der Minerale durch eigene Beobachtungen zu überprüfen. Er ging deshalb 1527 als Stadtarzt und Apotheker in die damals blühende böhmische Bergstadt St. Joachimsthal, studierte dort intensiv die vom Bergbau geförderten Minerale und überhaupt die Montantechnik und faßte den Plan, ein großes Werk über das Montanwesen zu schreiben. Im Jahre 1531 siedelte er als Arzt nach Chemnitz über, führte aber seine montanistischen Studien weiter, veröffentlichte mehrere, sein Hauptwerk vorbereitende Bücher und gab schließlich sein Buch *De re metallica* zum Druck, das allerdings erst 1556, also im Jahr nach seinem Tode in Basel erschien.

Das Buch *De re metallica* zeigt in den Grundzügen die noch heute gültige Gliederung der Montanwissenschaften, kann also als deren Beginn gelten, zumal es sich - mit dem lateinischen Text und zahlreichen Zitaten antiker Schriftsteller - als typisches Werk der Renaissance-Wissenschaft erweist.

Zur Entstehung der Holzschnitte in *De re metallica*

Agricola war kein Techniker und insbesondere kein Maschinenkonstrukteur. Er war Arzt und Wissenschaftler. Als solcher hatte er das Ziel, die vorhandene (von anderen geschaffene) Montantechnik möglichst vollständig zu dokumentieren und dem Wissenschaftssystem seiner Zeit einzufügen.

Die Holzschnitte, die das Buch *De re metallica* bis heute berühmt gemacht haben, stammten nach H. Prescher von Hans Rudolf Manuel Deutsch (1525-1571) und Zacharias Specklin

(1530-1576). Beide kannten den Bergbau wohl nicht aus eigener Anschauung und benutzten Zeichnungen von Basilius Weffringer aus Joachimsthal, als Vorlage.

Seit 1553 hatte Weffringer Zeichnungen für Agricola angefertigt. Ob Agricola selbst auch Skizzen für die Holzschnitte geliefert hat, ist unbekannt, doch muß er auf jeden Fall als der geistige Vater auch der Holzschnitte in seinem Buch gelten.

Daß die Holzschneider H.R.M. Deutsch und Z. Specklin die Montantechnik selbst nicht kannten, wird an Fehlern in der technischen Darstellung deutlich:

- Beim Pferdegöpel (AGA VIII, S. 224) ¹⁾ laufen beide Förderseile von der gleichen Seite der Seiltrommel ab.
- Beim Becherwerk (S. 237) widersprechen Drehsinn des Tretrades und Ausgießen der Becher einander.
- Bei dem nach Agricola untertage eingebauten Kehrrad (S. 274) hat der Holzschneider an Stelle der in der Skizze sicher vorhanden gewesenen Gesteinsschraffur (vgl. S. 270) Wolken und damit eine Übertagesituation zur Darstellung gebracht, welcher aber Fahrt (Leiter) und Kübel am linken Rand widersprechen (Bild 1).

Diese Fehler sind ein indirekter Beweis dafür, daß nicht die Holzschneider, sondern Agricola der geistige Vater der Holzschnitte in De re metallica ist.

Überblick über die Arten der in den Holzschnitten dargestellten Objekte

Gemäß der inhaltlichen Gliederung von De re metallica finden wir in Holzschnitten dargestellt:

- Geologische Lagerungsverhältnisse der Erzgänge (De re metallica, Buch III). Ein Vergleich mit den Holzschnitten in Ulrich Rüleins "Bergbüchlein" (1500: Pieper 1955) zeigt den von Agricola erzielten Fortschritt. In einigen Holzschnitten zur Geologie bemüht sich Agricola um eine räumliche Darstellung der Lagerungsverhältnisse. (z.B. S. 96, 114, 115, 119, 120, 122, 124, 125). Mit diesen Grafiken gehört Agricola in die Vorgeschichte des Zeichnens geologischer Blockbilder.
- Bergmännische Tätigkeiten und Arbeitsprozesse (Buch II, VI.), z.B. das Schürfen (S. 91), Streckenvertrieb und Schachtabteufen (S. 155), Streckenförderung (S. 155, 156), das Feuersetzen (S. 166), das Markscheiden (S. 179), Schlegel- und Eisenarbeit und Bewetterung mit dem Wettertuch (S. 291) (Bild 2), die Varianten des Einfahrens (S. 293), das Klauben und Scheiden (S. 347, 350), das Sieben (S. 368, 370, 372, 374, 375) sowie den Seifenbergbau auf Gold und Zinnstein (S. 411 - 456).
- Bergmännische Werkzeuge und Arbeitsgeräte wie Keilhaue und Schaufel, Schlägel und Eisen, Schubkarren und Förderwagen (S. 204 - 215).

- Maschinen für Förderung, Wasserhaltung und Frischluftversorgung (S. 218 - 291).
- Aufbereitungsmaschinen, z.B. Erzmühlen, Pochwerke und Herde (S. 362 - 409).
- metallurgische Aggregate und Arbeitsprozesse (S. 300 - 664)
- und schließlich Aggregate und Arbeitsprozesse zur Gewinnung von Salz, Soda, Alaun, Vitriol, Schwefel, Bitumen und Glas.

Diese Produktionsprozesse, die wir heute zur Chemischen Technologie zählen, gehörten damals zum Montanwesen, zumal einige Rohstoffe, z. B. für Alaun und Vitriol, damals bergmännisch gewonnen wurden.

Agricolas Holzschnitte als Vorläufer der klassischen Maschinenzeichnungen

Die klassischen Maschinenzeichnungen - etwa der Zeit 1800/1950 - sind gekennzeichnet durch Maßstäblichkeit und Aufteilung auf Ansichtszeichnungen und Schnittzeichnungen.

Die Maßstäblichkeit erfordert Blickrichtungen senkrecht auf die Hauptebenen der darzustellenden Maschinen. Auf Grund dieser Kennzeichnung erscheinen Maschinen auf den Maschinenzeichnungen des 18./20. Jahrhunderts nur als konstruktive Zustandsdokumentationen. Es fehlen Funktionsdarstellung, Einordnung in den umgebenden (die Maschine nicht beeinflussenden) Raum und das Bedienungspersonal.

All das ist auf Agricolas Holzschnitten zu sehen, so daß diese eigentlich als Gegensatz zu den klassischen Maschinenzeichnungen der späteren Zeit erscheinen. Auf Agricolas Holzschnitten sieht man die Maschinen in diagonalen Sichten, in ihrer engeren oder weiteren Umgebung, in verschiedenen Stufen des Baues oder der Funktion (z.B.: S. 241 Pumpen, S. 639 Saigerherde), die zur Technik gehörenden Bauwerke (z.B.: S. 224 Pferdegöpel, S. 469 die Schmelzhütte) und fast stets mit dem Bedienungspersonal in Aktion (z.B.: S. 267 Wasserhebung, S. 274 Kehrrad, S. 372 Erzaufbereitung bei Neusohl-Banská Bystrica/Slowakei).

Der Betrachter kann mitdenkend außer den Konstruktionsmerkmalen den Bauvorgang, die Funktionsweise und die Handhabung der bergtechnischen Maschinen und der metallurgischen Apparate nachvollziehen.

So gegensätzlich Agricolas Holzschnitte zu den klassischen Maschinenzeichnungen erscheinen, so finden sich doch Anzeichen dafür, daß eine stetige Entwicklung von jenen zu diesen erfolgte: Eine Maßstäblichkeit deutet sich an durch den Vergleich mit dem dargestellten Bedienungspersonal (z.B.: S. 270 Tretrad nach Maßangabe S. 269 mit 6,5 m Durchmesser) oder durch Maßangaben im Text (z.B.: S. 271 für das Kehrrad 36 Fuß = 10,2 m Durchmesser). Bei verschiedenen Maschinen sind Einzelteile separat genau gezeichnet (z.B.: S. 236 Kannenkunst Bild 3, S. 241 Pumpen, S. 477 Blasebälge).

Bei einigen Maschinen finden wir in separaten Skizzen die Gehäuse quasi durchsichtig gezeichnet, um die innen liegenden, normalerweise nicht sichtbaren Maschinenteile erkennen zu können (z.B.: S. 247 Druckpumpe, Bild 4).

Hier geht Agricola den ersten Schritt von der perspektivischen Ansichtsskizze zur Abstraktion, die später zu den Schnittzeichnungen von Maschinen führt.

Agricolas Nachfolger im Technischen Zeichnen (ein kurzer Ausblick)

Die Grafiken in den montanistischen Büchern von Georg Engelhard v. Löhneyß (1617) und Balthasar Rößler (1700) (Bild 5) verraten im Motiv, in den Details der Maschinen und z.T. sogar in der Haltung des Bedienungspersonals die Benutzung der Holzschnitte aus *De re metallica* als Vorlagen.

Allerdings wird nun schon die Umgebung dürftiger, die Zahl der Personen geringer. Die Zeichnungen von Bergbaumaschinen in den Büchern von Nikolaus Poda (1771) (Bild 6) und Johann Friedrich Lempe (1795/97) sind nun schon maßstäblich im genaueren Sinne und befreit von Landschaft und fast ganz von Personal. Allein die Art der grafischen Technik, z.B. mit Flächenraster und Schattenwirkung, erinnert daran, daß auch sie noch Vorläufer der klassischen Maschinenzeichnungen der Zeit 1800/1950 sind.

Die Holzschnitte in Agricolas Buch *De re metallica* bilden so einen Markstein in der Frühgeschichte des Technischen Zeichnens.

Anmerkungen und Literaturhinweise

/1/ Die Seitenangaben hier und im Folgenden beziehen sich auf die Übersetzung von *De re metallica*, 1974, Band VIII, der Gedenkausgabe des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie, Dresden, Berlin 1974.

AGA = Georgius Agricola, ausgewählte Werke, Gedenkausgabe des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie, Dresden (Hg. H. Prescher). Bände I - X, Berlin 1955-1992; insbesondere Band VIII: *De re metallica libri XII*. - Berlin 1974.

Agricola, G.: *De re metallica libri XII*. - Basel, 1556.

Lempe, J.F.: *Lehrbegriff der Maschinenlehre mit Rücksicht auf den Bergbau*. - Leipzig, 1795/97.

Löhneyß, G.E.: *Bericht vom Bergwerk*. - Zellerfeld, 1617.

Pieper, W.: *Ulrich Rülein von Calw und sein Bergbüchlein*. -Freiberger Forsch.-H. D 7, Berlin, 1955 (mit Faksimile-Druck des Bergbüchleins).

Poda, N.: *Kurzgefaßte Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz in Nieder-Ungarn errichteten Maschinen* (Hg. Ignaz v. Born) - Prag 1771.

Prescher, H.: *Georgius Agricola* (Kommentarband zum Faksimiledruck "Vom Bergkwerck XII Bücher", Basel 1557). -Leipzig, 1985.

Prescher, H. u. Wagenbreth, O.: *Georgius Agricola, seine Zeit und ihre Spuren*. - Leipzig, 1994.

Röbller, B.: *Speculum metallurgiae politissimum oder hell-polierter Bergbau-Spiegel* (Hg. J.C. Goldberg). - Dresden 1700.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Otfried Wagenbreth

TU Bergakademie Freiberg

Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte

09596 Freiberg

Hausadresse: Nonnengasse 22

09599 Freiberg

Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften
Heft 23/2 (1994) S. 17 - 23

Michael Mende

**Modelle und Zeichnungen:
Anschaulichkeit als Prinzip der Ausbildung in der
Maschinenlehre und Technologie während des 19. Jahrhunderts**

Die Sammlungen der Polytechnischen Schule in Hannover

Zumindest noch bis 1884 präsentierten sich die Absolventen des Maschinenbaustudiums an der damaligen Polytechnischen Schule in Hannover zusammen mit ihren Modellen von Dampfmaschinen und einer Dampflokomotive, von Wasserrädern und Schiffspropellern, selbstbewußt dem Fotografen. Ein Jahrzehnt zuvor bekamen die Teilnehmer an der in Hannover stattfindenden 15. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure mit einigem Stolz mitgeteilt, daß allein das "Maschinen-Modell-Kabinett" der Polytechnischen Schule mehr als 2200 Einzelstücke umfasse. Außerdem enthielten ihre Sammlungen noch mehr als 1600 Architekturmodelle, über 8100 Werkzeuge, fast 3500 Werkstoffproben und 8300 Produktionsmuster sowie gut 11400 "Vorlegeblätter" /1/. Diese Sammlungen waren seit 1831, dem Jahr ihrer Gründung als höherer technischer Bildungsanstalt für das Königreich Hannover, systematisch angelegt worden.

Bei Aufnahme des Lehrbetriebes hatte ihr Direktor Karl Karmarsch der von ihm neben der Technologie zunächst ebenfalls vertretenen Maschinenlehre das Ziel gesetzt, eine "gründliche Einsicht in das Wesen und die Wirkung der Maschinen..." zu geben und die Mittel vorzuführen, mit denen sich mechanische Effekte hervorbringen und "nach Umständen zweckmäßig" anwenden ließen. Überall dort, "wo mündliche Erklärung oder Zeichnungen nicht hinreichend sind" /2/, sollten Modelle den Vortrag begleiten. Für die Maschinenlehre sollte die Sammlung deshalb neben "d(en)jenigen einfachen Maschinenbestandtheile(n), welche zur Erklärung und praktischen Demonstration der mechanischen Grundlehren nöthig sind, ...eine Zusammenstellung der Fabriks und anderen technischen Maschinen" umfassen, "bei deren Auswahl auf die neuesten und bewährtesten Maschinen Rücksicht genommen wird." Darüber hinaus sollte mit den Vorlegeblättern ein "vollständiges bildliches Repertorium des technischen Maschinenwesens" zur Verfügung stehen, das sich auch für die Übungen im Maschinenzeichnen verwenden ließ /3/. Nicht von ungefähr galt Karmarsch die Fertigkeit im Zeichnen zusammen mit dem Studium der Mathematik als die "wahre Philosophie des Technikers" /4/. Dabei schienen ihm mehr noch als die gezeichneten Vorlegeblätter

dreidimensionale Modelle -ebenso wie für den Bereich der Technologie die Originale aus der Werkzeugsammlung- als Mittel gleichermaßen zur Demonstration und Vorlage zum Freihandzeichnen zu gewährleisten, daß sich "das Gesehene ... fester einprägt und namentlich die Fähigkeit ausgebildet wird, schnell und mit richtigem Augenmaße bildliche Darstellungen zu entwerfen." /5/

Auch nachdem die Maschinenlehre in Hannover ab 1840 von Moritz Rühlmann übernommen worden war, wurde weiterhin auf Schautafeln und Demonstrationsmodelle zurückgegriffen, um den Vortrag durch Anschaulichkeit zu unterstützen. Zwar wurde sie alsbald in eine elementare "Mechanik" sowie in eine "allgemeine" und eine "spezielle Maschinenlehre" ausdifferenziert, wurden Mathematik und darstellender Geometrie größeres Gewicht beigemessen und der Entwurf von Maschinen als eigenes Lehrgebiet ausgewiesen, doch behielt die Maschinenlehre insgesamt weitgehend beschreibenden Charakter. "Die Berechnung (blieb) ... mit den leichter verständlichen Teilen der Mechanik, Festigkeitslehre und Mathematik durchgeführt" /6/. Die Vertreter des "Maschineningenieurwesens" erklärten sich diese ihnen zu Beginn der 1930er Jahre "statisch" erscheinende Betrachtungsweise rückblickend vor allem mit den geringeren Geschwindigkeiten und Beschleunigungskräften, die noch "vereinfachende Annahmen" zugelassen hätten /7/.

Rühlmann ging andererseits allerdings "schon verhältnismäßig früh" /8/ dazu über, technische Versuche durchzuführen und die Maschinen-Modellsammlung zu diesem Zweck um eine Reihe von Meßinstrumenten und Prüfgeräten zu vermehren. Um die Studenten mit den wichtigsten Untersuchungsmethoden vertraut zu machen, ließ er ab 1871 im Anschluß an seine Vorlesungen seinen Assistenten Franz Frese Übungen in der "Maschinenmeßkunde" durchführen. Diese Übungen beschäftigten sich mit Reibungswiderständen an Zapfen und in Gleitlagern, mit der Eignung von Schmierölen, oder auch mit der Eichung von Woltmannflügeln zum Messen von Wasserströmen. An 1880 folgten zudem "Experimente aus dem Gebiete des Maschinenwesens und der technischen Hydraulik", die nun entweder im "Laboratorium" an den Modellen, beispielsweise von Hebezeugen, vorgenommen wurden, oder aber im Rahmen von "technischen Ausflügen" stattfanden, die zu den Dampfmaschinen und Pumpen des Wasserwerks, den Turbinen der Döhrener Wollkämmerei oder an die Werkzeugmaschinen von Betrieben führten, die sich in der Nachbarschaft zur Polytechnischen Schule fanden /9/.

Die Bedeutung der Modelle für die Vermittlung von Kenntnissen über die Wirkungsweise von Maschinen und die Ausbildung der Fertigkeit des Freihandzeichnens ist in der Literatur über die Entwicklung der Technik im 19. Jahrhundert ausführlich behandelt worden. In der vorliegenden Arbeit soll es sich um die Darstellung der Bedeutung der Modelle für die Vermittlung von Kenntnissen über die Wirkungsweise von Maschinen und die Ausbildung der Fertigkeit des Freihandzeichnens handeln.

Die noch allgemein weite Verbreitung von Modellen

Moritz Rühlmann beendete seine Lehrtätigkeit erst 1893, als er über achtzig Jahre alt geworden war. Gegen die Art, in der er die Maschinenlehre vertreten hatte, wurde nachträglich eingewandt, sie sei zu wenig analytisch und damit in zu geringem Maße auf Theoriebildung hin angelegt gewesen. Als "Technikwissenschaftler, den man..." demgegenüber gelegentlich sogar "als Begründer der Maschinenwissenschaft" /10/ bezeichnet hat, gilt hingegen der ungefähr zwei Jahre ältere Ferdinand Redtenbacher. Vielen scheint er "in Deutschland der erste..., der entschieden dem Selbstverständnis des Maschinenbaus als einer vorwiegend deskriptiven Wissenschaft entgegentrat." /11/ Indes hat offenkundig erst sein Nachfolger Franz Grashoff eine im wesentlichen analytisch nach "exakten Methoden" vorgehende, auf Theoriebildung angelegte und dem Ideal der "Naturwissenschaft" folgende Maschinenlehre auch nicht zuletzt deshalb angestrebt, um mit dem "Prestige der strengen Logik" /12/ die Gleichrangigkeit der Technischen Hochschulen gegenüber den Universitäten nachzuweisen. Redtenbacher selbst sah zwar die technische Mechanik als "allgemeine wissenschaftliche Einleitung in das spezielle Studium des Maschinenwesens" /13/, unterschied sich damit jedoch fast ebenso wenig von Rühlmann wie in bezug auf seine Wertschätzung praktischer Konstruktionsübungen, um "Erfindungstalent" und "Formensinn" zu schulen. Auch seine Maschinenlehre sollte auf den "practischen Bau" ausgerichtet bleiben und dazu verhelfen, "allgemeine Regeln auf specielle Fälle" übertragen zu können /14/.

Deshalb unterhielt Redtenbacher in Karlsruhe ebenfalls eine umfangreiche Sammlung von Modellen, die er ständig auszubauen suchte. Sie umfaßte im einzelnen Modelle von Bewegungsmechanismen, mit denen unter anderem "die richtigen constructiven Formen und Verhältnisse ... vor Augen" gestellt werden sollten, sowie solche "vollständiger Maschinen und Apparate", die immer dann benutzt wurden, wenn Zeichnungen zur Erklärung nicht ausreichten. "Arbeitsstücke" schließlich, dienten dazu, "die Erfolge der verschiedenen Arbeitsprocesse" zu veranschaulichen, "durch welche die Maschinenbestandtheile angefertigt werden" /15/. Diese Sammlungen ergänzte Redtenbacher durch Schautafeln, von denen er mehr als einhundert lithographieren und 1862 als Buch veröffentlichen ließ /16/.

Bezüglich solcher Schautafeln und Vorlegeblätter sollte noch elf Jahre später ein Berichterstatter von der Wiener Weltausstellung hervorheben, daß sie "bei dem Umfange des technischen Wissens (insbesondere an den Polytechnischen Schulen zu einem) nicht mehr zu entbehrende(n) Lehrhilfsmittel..." geworden wären /17/. Zwar bemängelte der Berichterstatter, daß sich an "neuen und hervorragend eigenthümlichen Unterrichtsmethoden... wenigstens in bezug auf das maschinentechnische Fach ... nur sehr Vereinzelt" gefunden hätte, hob jedoch

dagegen die "Modellmechanismen" von Franz Reuleaux hervor, die von der Berliner Gewerbeakademie als Teil der Einrichtung eines Hörsaals für Kinematik als "besondere(m) Wissenszweig der Maschinenlehre" eingesandt worden waren. Als gewissermaßen "Philosophie des Maschinenbaus" sollte die Kinematik dem angehenden Ingenieur helfen, den wissenschaftlichen Zusammenhang der verschiedenen ... Mechanismen" zu erkennen und sie "unabhängig von den äusserlich ... erkennbaren Bewegungsarten(,) ... nach den Gesetzen ihres allein bedingenden geometrischen Zusammenhanges der Einzeltheile logisch zu entwickeln..."/18/

Andere Hochschulen wiederum präsentierten Modelle von "Constructionselementen oder ganzen Bauwerken der verschiedenen Industriezweige", Arbeitsmaschinen und Brücken, oder von unterschiedlichen Schmelzöfen /19/. Herstellerfirmen schließlich, zeigten "constructive Modelle" zur darstellenden Geometrie und Projektionslehre oder solche von Maschinenteilen "nach Redtenbacher und Reuleaux" zum Skizzieren aus freier Hand /20/.

Äußere und innere Bilder

Im Vergleich zu den Modellen, die zu Beginn des 19. Jahrhunderts an Universitäten wie Göttingen, Tübingen oder Heidelberg zur Veranschaulichung von Vorlesungen in der Technologie oder Maschinenlehre zur Verfügung standen, boten die Vorlesungen der Polytechnischen Schulen in den 1870er Jahren ein Bild immer noch zunehmender Fülle und Differenzierung. Zu beiden Zeiten ging es jedoch darum, Vorstellungen über die Wirksamkeit mechanischer Kräfte auch auf einer visuellen Erfahrung der von ihnen ausgelösten und getragenen Bewegungsabläufe zu gründen und in die bei der Konstruktionstätigkeit unerläßliche Intuition münden zu lassen.

Modelle hatten somit mehr als nur die jeweilige Materialität einer Maschine oder die Geometrie und Lage ihrer Teile zueinander abzubilden. Meist allerdings ließ sich selbst an den Modellen von Kraftmaschinen lediglich der raum-zeitliche Ablauf der Bewegung einzelner ihrer Elemente veranschaulichen. Nur auf ihn konnten dann Experimente und Messungen bezogen werden. Je mehr indes höhere Geschwindigkeiten und stärkere, zudem nicht mehr nur statische, sondern überdies dynamische Belastungen zu berücksichtigen waren und beispielsweise der Druck oder die Temperatur von Gasen in die Beobachtung einbezogen werden sollten, desto mehr verringerte sich der Wert mechanischer Anschauungs- und Demonstrationsmodelle. Bereits die Belastungsversuche, die im Laufe des 18. und bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts vorgenommen worden waren, um die wesentlichen Faktoren der Bewegungsumwandlung an Wasserrädern beobachten und Schlußfolgerungen sowohl für ihre Vervollkommung als auch

die Ausdifferenzierung neuer Typen ziehen zu können, setzten Modelle voraus, die sich im Wasserstrom betreiben ließen. Die in Hannover 1874 vorhandenen zwanzig Wasserradmodelle waren dazu augenscheinlich nur zu einem geringen Teil geeignet.

Zu diesem Zeitpunkt meinte Franz Reuleaux, daß eine allgemeine Maschinenlehre, die zu beschreiben versuche, welche Maschinen vorhanden und wie sie beschaffen seien, "heutzutage kaum noch möglich" wäre, zumal es ihm im Sinne einer "praktischen Mechanik" gerade um "...die Beleuchtung des Kausalzusammenhanges der Erscheinungen in der Maschine" /21/ ging. Zwar rühmten Zeitgenossen andererseits das "fortwährende Bestreben" von Reuleaux, "die vom Praktiker geschaffenen Formen theoretisch zu reinigen..", fanden jedoch, daß dem "jungen Maschinentechniker, der die Schule absolviert hat und seine erste Stelle als Constructeur betritt" /22/, damit noch keineswegs ein ausreichendes Rüstzeug an die Hand gegeben wäre. Vielmehr fehlte ihm insbesondere die Kenntnis der Werkstoffe und der Bearbeitungsverfahren, um bei ihren Entwürfen die richtige Wahl treffen zu können. Viele, so wurde hier beklagt, würden "ohne alle Nothwendigkeit ... Schmiedestücke" vorsehen, "welche sich nie schmieden... (oder) Gussconstructions, welche sich nie formen lassen." /23/

In den Mitschriften der Vorlesungen, die von Karl Karmarsch sowie Moritz Rühlmann und dessen Schülern Otto Grove oder Wilhelm Riehn in den 1870er und 1880er Jahren zur Technologie und Maschinenlehre gehalten worden waren, blieben Konstruktionsdetails, denen beim Bau erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt zu werden hatte wie etwa die Schraub- und Nietverbindungen an Wasserrädern oder die Lager von Turbinenwellen, meist mit Sorgfalt gezeichnet. Währenddessen fielen die Zeichnungen von Schnitten durch Wasserturbinen oder zur Stellung des Schiebers zum Kolben im Arbeitsspiel von Dampfmaschinen zunehmend flüchtiger aus und dienten offensichtlich nur noch als Gedächtnisstütze /24/. Karl Karmarsch wiederum ließ seine Studenten zwar weiterhin Werkzeuge und Arbeitsmaschinen in ihre Skizzenbücher zeichnen, doch erhielten sie als Vorlage dazu mehr und mehr statt der zunehmend kostspieligeren und zudem immer rascher veraltende Modelle "groß ausgeführte Wandzeichnungen" oder hatten Abbildungen aus Fachzeitschriften zu übernehmen. Gezeichnet wurde inzwischen wohl auch weniger, um die Beobachtungsfähigkeit und das gedankliche Operieren in Bildern räumlicher Zusammenhänge sowie das entsprechende Handgeschick auszubilden, als vielmehr, um lediglich Konstruktionsmuster zu reproduzieren.

Etwa dreißig Jahre später sollte Alois Riedler betrübt feststellen, daß sich kaum noch ein Studierender "...gerade durch das Zeichnen nicht nur Vorstellungsvermögen, sondern auch Sachkenntnis" /25/ aneignete. In vergleichbarer Weise wurde zu Beginn der 1930er Jahre die abnehmende Neigung der Studenten an der damaligen Technischen Hochschule in Hannover

bedauert, Maschinen und Mechanismen zu skizzieren. Indem allerdings weiterhin zu, wenn auch "bequemeren", Mitteln der Visualisierung wie Umdrucken mit "guten zeichnerischen Darstellungen", "Lichtbildern aus dem ganzen Gebiete der Technologie" oder Lehrfilmen gegriffen wurde, zeigte sich die besondere Bedeutung, die zumindest bildliche Darstellungen bei der Vermittlung technischen Wissens behalten hatten /26/.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- /1/ HANNOVER UND UMGEGEND. Entwicklung und Zustände seiner Industrie und Gewerbe. Dargebracht den Theilnehmern der XV. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure vom Hannoverschen Bezirks-Verein; Hannover 1874, S.167.
- /2/ Karl KARMARSCH: Die höhere Gewerbeschule in Hannover. Erläuterungen über Zweck, Einrichtung und Nutzen derselben; Hannover 1831, S.17.
- /3/ Ebenda, S.39
- /4/ Ebenda, S.10
- /5/ Karl KARMARSCH: Katalog der Werkzeug-Sammlung an der Königlichen Polytechnischen Schule zu Hannover; Hannover 1870, S.8.
- /6/ F. OESTERLEN: Die Entwicklung der Lehrfächer und der Ausbau des Unterrichts auf dem Gebiete des Maschinen-Ingenieurwesens; in: 100 JAHRE TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER. Festschrift zur Hundertjahrfeier am 15.Juni 1931; Hannover 1931, S.221-239, hier S. 224.
- /7/ Ebenda
- /8/ Franz FRESE: Das alte Maschinen-Ingenieur-Laboratorium; in: 100 JAHRE TECHNISCHE HOCHSCHULE a.a.0.1931, S.252-292, hier S.252.
- /9/ Ebenda, S.257
- /10/ Hans Joachim BRAUN: Methodenprobleme der Ingenieurwissenschaft, 1850 bis 1900; in: TECHNIKGESCHICHTE 44(1977)1, S.1-18, hier s.3.
- /11/ Ebenda
- /12/ Ebenda, S.8
- /13/ Wilhelm TREUE: Die Geschichte des technischen Unterrichts; in: 125 JAHRE TECHNISCHE HOCHSCHULE HANNOVER, 1831-1856. Festschrift; Hannover 1956, S.59.
- /14/ Ferdinand REDTENBACHER: Theorie und Bau der Wasserräder; Mannheim 1858², S.187.
- /15/ Ferdinand REDTENBACHER: Die Bewegungs-Mechanismen. Darstellung und Beschreibung eines Theiles der Maschinen-Modell-Sammlung der polytechnischen Schule in Karlsruhe. Neue Auflage; Heidelberg o.J.(1857), Vorwort, S.I.
- /16/ Theodor REUTER (Hg.): Tafeln zu Dr. Redtenbacher's Vorträgen über Maschinenbau in 13 nach dem Vortrag folgenden Lieferungen. Nach den Wandtafeln des Polytechnicums gezeichnet von 30 Studirenden des II. Maschinen Bau-Curses; Karlsruhe 1862.
- /17/ H. LUDEWIG: Das technische Unterrichtswesen auf der Weltausstellung in Wien 1873, mit besonderer Berücksichtigung des maschinentechnischen Unterrichtes; in: Zeitschrift des VDI 18 (1874), 2.Folge, Sp.155-168, hier Sp.161.
- /18/ Ebenda, 3.Folge, Constructionsmodelle, Sp.265-271, hier Sp.273.
- /19/ Ebenda, 2.Folge, Sp.157 und 166.
- /20/ Ebenda, 3.Folge, Sp.267.
- /21/ Franz REULEAUX: Theoretische Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens; Braunschweig 1875, S.40.

- /22/ ELSÄSSER: Die praktische Ausbildung junger Maschinentechniker, insbesondere im Hinblick auf die polytechnische Schule in Moskau. Vortrag in der Sitzung des Mannheimer Bezirksvereins des VDI am 22.II.1874 in Karlsruhe; in Zeitschrift des VDI 18 (1874), Sp.309-319, hier Sp.310.
- /23/ Ebenda, Sp.316.
- /24/ W.KECK: Maschinenlehre. I.Cursus. (Allgemeine Maschinenlehre). Nach dem Vortrage des Hr. Professors Rühlmann bearbeitet, Hannover 1859-1860; z.B. S.20 ff.; ders.: Maschinenlehre II.Cursus (Spezielle Maschinenlehre), Hannover 1860-1861; z.B. S.62 ff.; Ms. Universitätsbibliothek Hannover g 1394(Hs.).
- /25/ Alois RIEDLER: Das Maschinen-Zeichnen. Begründung und Veranschaulichung der sachlich notwendigen zeichnerischen Darstellungen und ihres Zusammenhanges mit der praktischen Ausführung; Berlin 1919², S.10.
- /26/ A. NACHTWEH: Technologie; in: 100 JAHRE TECHNISCHE HOCHSCHULE a.a.O. 1931, S.247-252, hier S.251.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Michael Mende

Hochschule für Bildende Künste

Johannes-Selenka-Platz

38118 Braunschweig

Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften
Heft 23/2 (1994) S. 24 - 30

Irmela Gorges

Die CAD Forschung in den USA, Frankreich und Deutschland zwischen 1955 und 1985

Die Entwicklung des Computer-Aided Design (CAD), des rechnerunterstützten Entwerfens, ist auf Forschungen Mitte der fünfziger Jahre am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in den USA zurückzuführen. CAD entstand aus der Verbindung von Forschungsergebnissen unterschiedlicher Disziplinen, aus denen sich schon in der ersten CAD-Entwicklungsphase zwei Forschungsrichtungen herausbildeten, die sich in den folgenden Phasen weiter ausdifferenzierten. Während in Frankreich unabhängig von den USA die gleichen Forschungslinien entstanden, nahmen die Wissenschaftler in Deutschland die CAD Forschung erst mit den Veröffentlichungen des MIT auf. Der Vergleich der Forschungsentwicklungen in den USA, Deutschland und Frankreich zeigt, wie die unterschiedlichen gesellschaftlichen Bedingungen in den untersuchten Ländern auf die CAD Forschung einwirkten und die Herausbildung von jeweils unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten bestimmten.

Die Universitäre CAD Forschung in den USA 1955 - 1985

Die Vorläufertechnologien für das Computer-Aided Design wurden in den USA überwiegend von der Navy und der Air Force finanziert und an dem 1940 für militärische Forschungen gegründeten Servomechanisms Laboratorium des Electrical Engineering Department des MIT entwickelt (Reintjes 1991). Jay W. Forrester und Robert R. Everett konstruierten hier von 1944 bis Mitte der 50er Jahre einen digitalen, mit einem Vektorbildschirm und einem Lichtgriffel ausgestatteten Computer, der Flugsimulatoren steuern und die Verfolgung von Flugkörpern ermöglichen sollte. Diesen, ab etwa 1952 einsetzbaren schnellen Rechner, Whirlwind (Wirbelwind) genannt (Redmont, Smith 1980), verwandte ab 1956 eine von J. Francis Reintjes, dem Direktor des Servolabs, gegründete 'Computer Applications Group' für von der Air Force finanzierte Forschungen über die Steuerung von Werkzeugmaschinen. Der Leiter der Gruppe, Douglas T. Ross, ein Mathematiker, konnte schon 1957 der Aircraft Industries Association (AIA) erste Ergebnisse vorweisen. Die AIA stellte daraufhin dem MIT Programmierer zur Verfügung, die innerhalb von 14 Tagen ein hierarchisch aufgebautes Programm schrieben, bei dem nur wenige Eingabefehle weitere Operationen auslösten, die eine 2 1/2 dimensionale /1/ Wegeführung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen ermöglichten. Das auf Whirl-

wind installierte Programm APT (Automatically Programmed Tools) stellte das Servolab 1959 in einer Pressekonferenz der Öffentlichkeit vor /2/.

APT konnte nur graphische Informationen verarbeiten, für technische Daten, etwa zum Werkzeugmaschinentyp, mußten Programmteile jeweils angefügt werden. Die Entwicklung dieses ersten graphischen Programms veranlaßte Reintjes und Ross, über den möglichen Einsatz eines solchen Programms in anderen Phasen des Produktionsprozesses gemeinsam mit den Vertretern der Konstruktionsabteilung (Design Division) des Mechanical Engineering Department des MIT, Robert W. Mann, Steven A. Coons und Dwight M.B. Baumann, zu diskutieren. In einer Reihe von Seminaren entschieden sie sich, nicht die Automatisierung des Konstruktionsprozesses, sondern die Unterstützung des Konstrukteurs durch den Rechner anzustreben. Ein entsprechend benanntes gemeinsames Projekt 'Computer-Aided Design' finanzierte die Air Force ab Ende 1959. Ross verfolgte in dem Projekt dennoch das automatische Programmieren und die Automatisierung von Produktionsphasen. Er erweiterte APT zu einem Programmpaket AED (Automated Engineering Design oder Algol Extended for Design) und verband mit ihm den Beginn der 'Philosophie des komplexen Programmierens'. Seiner 'bottom up' Methode, bei der Programme für die Konstruktion von der Rationalisierung der Fertigung ausgehend entwickelt wurden, stellte die Gruppe der Design Division mit Mann, Coons und Baumann den 'top down' Ansatz gegenüber, bei dem graphische Programme Routinearbeiten des Konstrukteurs automatisieren sollten, so etwa das Erstellen von technischen Zeichnungen. Dazu unterstützten ergänzende Programme, etwa für Freihandzeichnungen, Berechnungen, Normenangaben etc., den Konstrukteur bei der Entwicklung von Neu- oder Variantenkonstruktionen. Die Daten der Konstruktion sollten dann elektronisch an die Fertigung weitergegeben werden. Während Ross vorwiegend Programmierer beschäftigte, zog die Design Division vor allem Doktoranden zur Ausarbeitung ihres Ansatzes heran. In einer dieser Dissertationen stellte Ivan E. Sutherland /3/ 1963 das Programm SKETCHPAD vor, das die Anforderungen der Design Division weitgehend erfüllte und als Ausgangspunkt der folgenden CAD Forschung und Entwicklung gilt (Sutherland 1963). Mit SKETCHPAD konnten beispielsweise mit Hilfe eines Lichtgriffels auf einen Vektorbildschirm handgezeichnete Linien begradigt, zu einem Rechteck zusammengeführt, gestreckt oder Ecken in verschiedene Positionen gezogen werden, oder aber eine aus Dreiecken gezeichnete Konstruktion, beispielsweise eine Brücke, konnte an einem Punkt mit einem Druck versehen und ihre Belastbarkeit graphisch und rechnerisch geprüft werden (Mann 1993) (vgl. Bild 1,2,3). Sutherland hatte SKETCHPAD auf einem von Kenneth Olsen /4/ entwickelten TX-2 Rechner geschrieben, der in den Lincoln Laboratorien, einem von MIT Campus abgelegenen Gebäudekomplex für

ausschließlich militärische Forschungen zur Verfügung gestellt worden war. Die Gruppe um Ross mußte dagegen für die Weiterentwicklung von APT Whirlwind und später einem TX-0 Rechner einsetzen, auf dem ein Programm wie SKETCHPAD nicht realisierbar gewesen wäre. Das CAD Projekt lief 1965 aus. Viele der an den Untersuchungen beteiligten Wissenschaftler beider Forschungsansätze verließen Ende der sechziger Jahre das MIT, um die Ergebnisse des Projekts in kommerzielle Erfolge umzusetzen /5/. Vor allem Coons, einem glänzenden Lehrer, ist es zu verdanken, daß die im Programm SKETCHPAD liegenden Möglichkeiten zur rechnerunterstützten Konstruktion schnell verbreitet und bald von der Automobil- und der Flugzeugindustrie /6/ aufgenommen wurden. Studenten aus dem Umfeld des CAD Projekts gründeten Softwarehäuser, wie beispielsweise Computer Vision, Calma oder Applicon. Diese Unternehmen machten in den 70er Jahren hohe Gewinne mit einer auf die Graphikverarbeitung reduzierten Version von SKETCHPAD. Das so dem Entwicklungsstand der Industrie angepaßte, für den einfachen Gebrauch standardisierte und mit Hardware verbundene CAD wurde auch mit 'Turnkey-(schlüsselfertigen-)Systemen' verkauft. In der folgenden anwendungsbezogene Forschung wurde 'CAD' diesem reduzierten Ansatz entsprechend mit 'Computer graphics' gleichgesetzt.

An den amerikanischen Universitäten wurde die CAD Forschung erst wieder Mitte der 70er Jahre aufgenommen /7/, als Bruce G. Baumgart eine Dissertation über Verfahren des 'solid modeling', der rechnerinternen Repräsentation von Volumenmodellen, veröffentlichte, die ihrerseits von Untersuchungen Ian Braids in Cambridge, England, angeregt worden waren. In den 80er Jahren förderten jetzt die Regierung, die National Science Foundation und auch die Industrie die Einrichtung von 'solid modeling' Forschungszentren sowohl für 'Computer graphics', als auch für die von der Konstruktion, vor allem aber für die wieder stärkere von der Fertigung ausgehenden CAD Forschungsrichtung /8/. Vor dem Hintergrund der beginnenden Krise sollten ihre Forschungen die dringend notwendige Rationalisierung des Produktionsprozesses vorantreiben /9/. Die Industrie wagte jedoch bis Mitte der 80er Jahre nur in Einzelfällen, die noch schwer handhabbaren integrierten solid modeling CAD/CAM (CAM Computer-Aided Manufacturing) Systeme anzuschaffen.

Die CAD Forschung an den Universitäten in der Bundesrepublik Deutschland 1965 - 1985

In der Bundesrepublik Deutschland setzte die CAD Forschung nach dem Ende des CAD Projekts am MIT 1964/5 ein. Das APT Programm wurde übernommen und, von der Industrie finanziert, mit technischen Programmteilen für den Einsatz in der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie zu EXAPT (EXtended Subset of APT) erweitert. Gleichzeitig begannen,

ausgehend von fertigungswissenschaftlichen Instituten, Forschungen über das rechnerunterstützte Konstruieren. Die Rationalisierung der Konstruktion bei gleichzeitiger Verbesserung der Fertigung durch Reduzierung der Formenvielfalt von Werkzeugen und Werkstücken strebten seit 1965 Rolf Simon und Walter Eversheim am Werkzeugmaschinenlaboratorium (WZL) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) in Aachen unter der Leitung von Herwart Opitz an. Auch am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungslehre (IWF) (Spur 1991) der Technischen Universität Berlin nahm unter der Leitung von Günter Spur zunächst Jürgen Kurth und später vor allem Frank-Lothar Krause Untersuchungen über von der Fertigung ausgehende CAD Systeme auf. Von der Konstruktion ausgehende Systeme entwickelte ab 1969 Wolf Dieter Herold am Lehrstuhl für Maschinenelemente und Konstruktionslehre (LMK) der Ruhr Universität Bochum unter der Leitung von Hans Seifert.

Mitte der 70er Jahre hatten diese Institute den Nachholbedarf gegenüber der amerikanischen Forschung eingeholt. Das IWF stellte mit COMPAC eines der ersten 'solid modeling' Systeme vor, und auch der LMK entwickelte sein den Konstrukteur unterstützendes System PROREN entsprechend weiter. Ab 1976 wurden die drei führenden Forschungseinrichtungen durch das Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion (RPK) unter der Leitung von Hans Grabowski an der Universität Karlsruhe ergänzt, an dem vor allem die Verbesserung des Einsatzes von CAD Systemen, zum Beispiel durch Datenbanken, untersucht wurde. Die 'Computer graphics' Richtung war zwar durch J. Encarnacao an der Universität Darmstadt vertreten, spielte aber nur eine geringe Rolle.

Obwohl sich alle in den USA aufgetretenen CAD-Forschungslinien auch in der Bundesrepublik herausgebildet hatten, konnten sich vor dem Hintergrund der dominierenden Stellung des Werkzeugmaschinenbaus und trotz der Mitte der 70er Jahre einsetzenden Krise nur die beiden fertigungswissenschaftlichen Institute in Aachen und Berlin durchsetzen. 1976 definierten Spur und Krause allein den fertigungswissenschaftlichen Ansatz als 'CAD' (Spur, Krause 1976), die Leiter des WZL und des IWF nahmen alle wichtigen Positionen in der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein, die überwiegend die CAD Forschung an den Universitäten finanzierte, und Ende der 70er Jahre wurde ihr Ansatz von einem CAD Förderprogramm der Regierung besonders unterstützt. Beide Institute konnten zudem ein Fraunhofer Institut zur besseren Umsetzung ihrer Forschungsergebnisse in die Industrie angliedern. Der kommerzielle Erfolg blieb jedoch aus, weil in den 80er Jahren die Industrie in der Bundesrepublik wie in den USA die von der Fertigung ausgehenden, nur schwer handhabbaren integrierten solid modeling Systeme, wie etwa das System COMPAC des IWF der TU Berlin, nicht annahm. Nur das in

seiner Forschungstätigkeit zunächst behinderte konstruktionswissenschaftliche LMK konnte sein System PROREN von einer vom Leiter des LMK gegründeten privaten Softwarefirma, auf die Bedürfnisse der Industrie abgestimmt, weiterentwickeln und erfolgreich absetzen.

Die industrielle CAD Forschung in Frankreich 1955 - 1985

Im Gegensatz zu den USA und Deutschland setzte die CAD Forschung in Frankreich Ende der 50er Jahre in der Industrie ein. 1958 entwickelte Paul du Faget de Casteljaou, ein Mathematiker bei Citroen, eine Methode für die numerische Definition einer Gußform, die, in Programmanweisungen für Werkzeugmaschinen umgesetzt, von technischen Zeichnern bei Citroen ab 1963 angewendet wurde. Bei Renault begann 1960 der Ingenieur Pierre Bezier, ohne Casteljaous Arbeit zu kennen, das System UNISURF zur Beschreibung von Oberflächen zu konzipieren, das Konstruktionsdaten zur Fertigung übertragen sollte. Aufgrund eines Forschungsabkommens wurde UNISURF ab 1966 bei Peugeot weiterentwickelt. Als Peugeot 1974 mit Citroen und Talbot fusionierte, entschied die Firmenleitung, Teile von Casteljaous und Beziers System mit dem amerikanischen Turnkey-System von Computer Vision zu 'CV+' (Computer Vision Plus) (Poitou 1988) zu einem leistungsfähigen System zu verbinden. In der Flugzeugindustrie entwickelte Aérospatial CAD Systeme zum Teil selbst auf amerikanischer Hardware, zum Teil paßte sie amerikanische Systeme /10/ an und kommerzialisierte sie mit großem Erfolg. Die Aviation Marcel Dassault-Breget entwickelte das dreidimensionale Konstruktions-unterstützende System 'CATT' (Conception Assistée Tridimensionelle Interactive) (Poitou 1989), das später, unter dem Namen CATIA von IBM vermarktet, zu einem der wirtschaftlich erfolgreichsten französischen Systeme wurde.

Das Militär trug in Frankreich zur Entwicklung von der Fertigung ausgehender CAD Systeme bei. An der Militärschule Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées (ENSTA) bei Paris unternahm Anfang der 60er Jahre Pierre Crestin Forschungen, die von seinen Schülern mit Untersuchungen zur Rationalisierung des Produktionsprozesses fortgesetzt wurden und heute sowohl vom Militär als auch der Industrie gefördert werden /11/.

Die zivile universitäre Forschung hat in Frankreich nur ein, allerdings sehr erfolgreiches CAD-System hervorgebracht. Das System EUCLID wurde 1970 von Jean Marc Brun und Michel Théron am L.M.S.I. (Laboratoire d'Informatique pour la Méchanique et les Sciences de l'Ingénieur) in Orsay nahe Paris entworfen und von ihnen selbst, zunächst unterstützt von einer amerikanischen Firma, später von der eigenen Softwarefirma DATAVISION, bis zur Anwendungsreife weiterentwickelt. Sie verbanden EUCLID dann mit einer Folgeversion von

UNISURF, in das seinerseits schon das von Ross entwickelte System APT integriert worden war (Poitou 1989).

Im Gegensatz zu den USA und Deutschland spielte in Frankreich bei der Entwicklung von CAD Systemen für den Maschinenbau auch die Informatikwissenschaft eine Rolle, die von der 'Grenoble Schule' und dem dort in den 60er Jahren gegründeten Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble (IMAG) ausging. Aus ihr ging nicht nur die 'Computer graphics' Richtung von Michel Lucas an der Ecole Central de Nantes hervor. Der Gründer des Instituts D. Kuntz-Mann veranlaßte zudem, daß sich Forscher und Industrie 1974 in der Mission à la Conception Assistée et au Dessin par Ordinateur (MICADO) zur Implementierung der von Konstruktion ausgehender Systeme in die Industrie zusammenschlossen und damit einen Gegenpol zu der schon 1968 von Christian Sauvaire ins Leben gerufenen Fertigungs-orientierten ADEPA (Agence pour la DEveloppement de la Production) bildeten.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- /1/ So konnten Taschen, nicht aber Innenräume gefräst werden.
- /2/ Das Programm wurde dem Illinois Institute of Technology Research Institute (IITRI), der früheren Armour Research Foundation, zur Pflege für den Industrieinsatz übergeben.
- /3/ Sutherland promovierte im Fach Elektrotechnik, arbeitete aber eng mit Coons und der Design Division zusammen.
- /4/ Olsen, ein Studienkamerad von Mann, arbeitete als Student im Projekt Whirlwind mit und gründete 1956 die Digital Equipment Corporation (DEC).
- /5/ Ross gründete 1969 die Softwarefirma SofTech. Sutherland, nachdem er bei der 'Advanced Research Projects Agency' (ARPA), einer Abteilung des Verteidigungsministeriums, und in Harvard gearbeitet hatte, gründete 1969 zusammen mit David Evans die Softwarefirma Evans & Sutherland in Salt Lake City. Coons beriet die Ford Motor Company, wo er das Konzept der 'Coons patches' für die Berechnung von Freiformflächen entwickelte.
- /6/ Insbesondere von der Ford Motor Company und Lockheed, Georgia.
- /7/ Abgesehen von der Weiterführung militärisch motivierter Forschungen am MIT (vgl. Wildes, Lindgren 1986).
- /8/ Zentren sind beispielsweise an den Universitäten Carnegie Mellon in Pittsburgh, in Salt Lake City, Rochester, am MIT oder am Rensselaer Polytechnic Institute in Troy, New York, entstanden.
- /9/ Weil sie Produkte vollständig beschreiben, ermöglichen rechnerinterne Volumenmodelle den Datentransfer von der Konstruktion zur Arbeitsvorbereitung und Fertigung.
- /10/ So des von Lockheed entwickelten CADAM.
- /11/ So etwa von dem IRPL (Institut de Recherche en Productique et Logistique).

Mann, Robert W.: Computer-Aided Design 1959 - 1965 at MIT, in:

Fundamental Developments of Computer-Aided Geometric Modeling, Academic Press 1993

Poitou, Jean-Pierre: CAD/CAM: Why, When, How? Some Examples in the French Industry, in: Rader, M./Singert, B./Riehm, U. (Hrsg.): Social Science Research on CAD/CAM, Heidelberg, Physia 1988

ders.: 30 ans de CAO en France, Paris, Hermès 1989

Redmond, Kent C./Smith, Thomas M.: Project Whirlwind, Bedford Massachusetts 1980

Reintjes, J. Francis: Numerical Control, Making a New Technology, New York, Oxford, Oxford University Press 1991

Spur, Günter: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen, München, Hanser 1991

Spur, Günter/Krause, Frank-Lothar: Erläuterungen zum Begriff 'Computer-Aided Design', in: ZWF, Vol 71 (1976), S.190-192

Sutherland, Ivan E.: SKETCHPAD, a Man-Machine Graphical Communication System, Dissertation, M.I.T., Januar 1963

Karl L. Wildes, Nilo A. Lindgren: A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882-1982, The MIT Press, Cambridge Mass. and London, England, second printing 1989

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Irmela Gorges

Fachhochschule für Verwaltung und Rechtspflege

Altfriedrichsfelde 60

10315 Berlin

Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften
Heft 23/2 (1994) S. 31 - 37

Yves Deforge

Quelques aperçus sur le rôle du dessin, dans la conception et la réalisation d'objets, petits ou gros...

Par opposition aux objets naturels, il est convenu d'appeler (SIMONDON, 1989) objets techniques les objets matériels fabriqués par l'homme pour répondre à des besoins pratiques, esthétiques ou culturels et si l'on a quelque réticence à appeler "objet" un bateau, un temple ou une cathédrale on peut faire une partition approximative entre les "petits" objets techniques et... les "gros" objets techniques (MOLES, 1972). Mais une distinction plus forte au regard de notre sujet est celle que l'on peut faire entre les objets techniques conçus et produits suivant des processus originaux (les oeuvres) et les objets techniques conçus et produits suivant des processus formalisés (les produits) (DEFORGE, 1990). Ce que nous voudrions montrer ici, c'est que le dessin technique (et plus généralement le graphisme (DEFORGE, 1979) est un bon indicateur des modes et des structures de production.

Concevoir et réaliser un objet technique original avec un minimum de rationalité suppose une projet et des phases de réflexion et d'action. Si le projet peut être maîtrisé par un homme avec son seul intellect, tout se passe "dans sa tête", sans relais matériel apparent. C'est le cas pour des objets par trop compliqués et pas trop gros (des "petits objets") produits par un concepteur-réalisateur qui se fixe un but, rencontre des difficultés, imagine des solutions, les essaye, tâtonne et réalise ce qui est finalement une oeuvre, qu'elle soit "artistique" ou autre. Mais dire que les processus sont entièrement originaux serait trop dire. Le concepteur-réalisateur a généralement, pour l'aider dans sa tâche, de l'information mémorisée: souvenir d'expériences antérieures, algorithmes opératoires, savoir-faire, etc... et des relais matériels: relevés de mesures, tracés, croquis, gabarits, outils, voire lecture de publications spécialisées ou d'ouvrages de technologie.

Cette description convient à peu près à la situation d'un artisan (d'hier comme d'aujourd'hui) ou d'un artisan et de ses compagnons qui, devant produire un objet plus ou moins original, mettent en commun leur technicité, leur créativité, leur aptitude à résoudre des problèmes.

Il en va tout autrement s'il s'agit de concevoir et réaliser un objet technique original important (un gros objet) qui nécessite un projet d'ensemble et qui va se développer dans le temps en soulevant des problèmes qui dépassent ce qu'un homme peut mémoriser et maîtriser seul.

L'affaire se complique encore si les intervenants sont multiples. Pour éviter les dérives, il faut que quelqu'un ou quelque chose soit gardien de l'intégrité du projet.

Si cette référence était verbalisée elle serait tributaire de la capacité très limitée du langage parlé ou écrit à communiquer une information technique ou esthétique. Or, il est d'autres moyens -non verbaux- qui répondent avec plus d'efficacité à la fonction de référence ; ce sont par exemple les modèles et maquettes en trois dimensions ou les constructions graphiques et les modèles mathématisés ; mais le premier moyen dans le temps et par l'importance jusqu'à une date récente est sans conteste le dessin qui sous sa forme progressivement codifiée est devenu le dessin technique. En termes de communication le dessin technique permet de remplir plusieurs fonctions essentielles dans le processus de conception réalisation en milieu humain :

- il permet la représentation analogique des formes et la présentation d'informations diverses relatives aux formes représentées ;

- il permet de travailler sur les informations (par des tracés annexes) et d'en créer de nouvelles ;

- il tient à disposition de qui peut les saisir (en les conservant aussi longtemps que dure le support) les informations représentées et présentées.

Dans notre étude sur "le graphisme technique" nous avons fait l'hypothèse que les constructions importantes: pyramides, temples, châteaux, cathédrales et navires (pour ne parler que des constructions marquantes anciennes) n'auraient pu être menées à bien sans une référence, gardienne de la cohérence et de l'intégrité du projet et que cette référence avait de grandes chances d'être un dessin. Bien que nous ayons quelques dessins remontant à plus de 2000 ans avec J.C. (fig.1), il est difficile d'argumenter cette hypothèse pour des constructions très anciennes car nous manquons de documents. A partir de la fin du premier millénaire de notre ère, les documents sont plus nombreux et autorisent des reconstitutions crédibles.

Pour la cathédrale de STRASBOURG dont la construction a commencé à la fin du 12^{ème} siècle il est dit qu'une maquette en bois et en plâtre a été faite par le premier architecte RODOLPHE mais il y eut aussi des dessins puisque la "Maison de l'Oeuvre" de la cathédrale conserve encore des plans d'implantation et des élévations de la façade établis par les ERWIN père et fils. On remarque d'après ces plans que pour les grands ensembles le rôle du Maître d'Oeuvre n'était pas de définir l'objet dans ses détails mais plutôt de donner l'intention générale et les proportions. A partir de ces desseins (ou desseings comme on disait alors) les maîtres-maçons, tailleurs de pierre, sculpteurs, décorateurs, charpentiers étaient supposés avoir assez de technicité pour réaliser les intentions (sans trop les trahir) du Maître d'Oeuvre. Sur plusieurs tableaux et gravures de l'époque représentant la construction d'une cathédrale on voit

"l'architecte" (en majesté) muni de son bâton de mesure (ou virgo) ou tenant un grand compas (fig. 2), et sous un apprentis appelé "loge", les artisans traduisant les desseins du Maître dans la pierre et le bois en utilisant leurs savoir-faire, leur expérience, leurs gabarits et leurs tracés (stéréotomie, art du trait) qui sont, à un autre niveau encore du dessin technique. La grande oeuvre était ramenée à une sommation de petites oeuvres et pour que les choses n'aillent pas à vau-l'eau les dessins d'ensemble étaient les conservateurs des intentions de l'architecte, longtemps après sa disparition, puisqu'aujourd'hui encore les dessins d'ERWIN servent de référence aux restaurateurs de la cathédrale de STRASBOURG.

Bien que le décalage dans le temps rend le rapprochement hasardeux, c'est un peu la même structure de production que présentent les gravures montrant des chantiers de construction navale (Atlas de COLBERT et Encyclopédie).

Dans ces deux cas, celui des navires qui sont des vaisseaux de bois et celui de ces vaisseaux de pierre que sont les cathédrales, on peut avancer une seconde hypothèse : pour produire les uns ou les autres il faut une certaine quantité (un certain quantum) de technicité qui se répartit entre les concepteurs et les réalisateurs. Ici, l'architecte de cathédrale ayant pour toute technicité sa formation artistique et sa connaissance des proportions (pour que la construction soit harmonieuse et qu'elle ne s'écroule pas); là, l'architecte de marine qui ajoute à la connaissance des proportions (celles des bons navires similaires) quelques formules de calcul convertibles en plans. C'est ce que confirme BOUDRIOT (1983) quand il dit à propos des navires du 18^{ème} siècle : "... les ingénieurs-constructeurs de l'époque, traçaient des plans très sommaires. Cela correspond à la manière dont on passait de la conception à la réalisation. Le plan, le document graphique, matérialisait visuellement la conception (...) mais pour l'exécution elle n'avait absolument aucun intérêt. Ce qui est très important en conséquence c'est que, outre la conception majeure de la carène et des oeuvres mortes, il existe une conception mineure qui est laissée à l'initiative des "hommes du tas" qui ne sont pas que des exécutants. Ils ont une part de conception de création, dont ils vont être privés au 19^{ème} siècle avec l'habitude de tout vouloir dessiner".

Ceci nous permet de passer à l'examen des objets qui sont des "produits". Nous voulons dire par là que majoritairement la technicité impliquée est faite de procédures formalisées permettant des productions répétitives. Point n'est besoin pour en parler de se référer à la production industrielle de masse apparue au milieu du 19^{ème} siècle. Bien avant, et même de tout temps, ces productions existaient dans le bâtiment avec les éléments de décoration, les colonnes ou les chapiteaux, qui étaient produits "en série" comme des éléments préfabriqués; dans l'armement (exemple des armements "normalisés" des légions romaines) ; dans la

production de petits objets d'usage courant (poterie) et dans la marine avec l'exemple de la production de galères : grâce à une préparation et à une organisation rigoureuse du travail les chantiers des arsenaux pouvaient en une journée (du lever au coucher du soleil) mettre sur cale et lancer une galère toute armée. Sachant ce que l'on appelle aujourd'hui "production industrielle", il n'est pas outrancier de dire que ces galères construites à partir d'éléments préfabriqués et soigneusement repérés étaient des (gros) objets industriels, autrement dit, des produits. On peut d'ailleurs faire le rapprochement, toutes proportions gardées, bien sûr, avec la construction des LIBERTY SHIP par les chantiers américains au cours de la seconde guerre mondiale.

Nous avons dit "procédures formalisées" et "productions répétitives" réciproquement les procédures répétées se formalisent et viennent grossir le fonds commun de technicité d'un corps de métier. C'est le cas des tracés professionnels des réalisateurs. ANTHIAUME (1922) rapporte que dès le 12^{ème} siècle les examens professionnels des charpentiers de marine comportaient la récitation par coeur (parfois sous forme de comptines) de certains tracés de base et le livre de DELORME (1561) est rempli d'algorithmes récitatifs comment tracer une porte biaise, un volet, etc...

L'évolution normale des procédures répétitives formalisées est de passer, comme nous l'avons déjà signalé précédemment, de la mémoire du réalisateur à une mémoire auxiliaire matérielle comme une perche, un bâton, une corde avec des noeuds dont on sait combien de fois il faut la reporter dans tel ou tel cas. Références encore utilisées de nos jours pour la construction des pirogues africaines ou des canoës indiens: "l'artisan... avec son vieux bâton gradué où sont portées les dimensions les plus importantes dont il doit se souvenir... etc, etc..." (ROBERTS et SHAKLETON, 1988). Dans le même ordre d'idée les gabarits sont d'excellents conservateurs des formes et des dimensions. Pour les matériaux plastiques le moule permet de reproduire à l'infini certaines formes (en Tunisie nous avons vu fabriquer de petites lampes votives dans des moules retrouvés sur des sites de fouilles puniques). Quand les mêmes formes aux mêmes dimensions se retrouvent constamment, l'outil peut aussi matérialiser ces formes : c'est le cas des outils à moulurer qui peuvent être poussés à la main ou montés sur machine. Autre vole : un objet particulièrement réussi peut servir de référence pour des copies manuelles ou mécaniques. Pour les petits objets les tours à copier sont en usage depuis le 15^{ème} ou 16^{ème} siècle (BESSON, 1582). Enfin, les livres de technologie ou de "science" sont des manières de mémoriser les procédures sous forme d'algorithmes, de formules particulières ou générales, bref, des "modèles" divers, l'étape ultime étant la prise en mémoire de ces modèles par un ordinateur capable de restituer des résultats sur écran ou sur table traçante.

Une question, au regard de notre sujet, est de savoir l'origine de ces formalisations et à qui elles profitent.

Si l'on s'en tient, pour la France, aux écrits des grands ingénieurs du Génie maritime : SANE ou DUPUY de LOME pour le 19^{ème} siècle et des grands ingénieurs mécaniciens du 19^{ème} siècle: MORIN, HATON ou REULEAUX on peut dire que les formalisations qu'ils proposent sont, à part de rares cas, basées sur des inductions, elles s'appuient sur l'examen critique attentif des réalisations existantes et des pratiques des réalisateurs. Donc, en toute logique c'est la technicité des réalisateurs qui aurait dû profiter de cette formalisation mais ce n'est pas du tout ce qui s'est passé.

Si BOUDRIOT dit que les praticiens ont été "privés" de leur savoir nous dirons plus âprement que les réalisateurs ont été littéralement dépossédés d'un savoir qui était leur force et leur propriété et ce savoir est remonté, formalisé, dans les programmes de formation des ingénieurs d'alors (c'est moins sensible pour les architectes). Dès lors, les ingénieurs dépositaires, de par leur formation, de (presque) toute la technicité se sont sentis le droit et la capacité de définir par le dessin tout le produit dans ses formes, ses dimensions, son esthétique. C'est l'idée du dessin de définition (totale) du futur produit. Les réalisateurs n'ont plus qu'à exécuter. Aux usines du CREUSOT, en France, les vieux artisans qui devaient construire les premières locomotives n'en faisaient qu'à leur tête. Ils se font rappeler à l'ordre: "la cote marquée doit être exécutée, le dessin est un ordre". EIFFEL ayant entièrement défini sa Tour par le calcul et l'ayant entièrement dessinée (les plans existent encore), il interdit aux compagnons chargés du montage de venir sur le chantier avec leurs outils pour ne pas qu'ils soient tentés de s'en servir (DEFORGE, 1982), et si l'on se reporte aux ATLAS DE LA MARINE (1830-1930) qui renferment un siècle de construction navale militaire, les navires sont définis dans le détail, à la petite vis près. Un très bel exemple de formalisation progressive que nous avons pu étudier sur ces ATLAS avec des étudiants-ingénieurs de l'Université de COMPIEGNE est celui des hélices propulsives. Malgré les travaux théoriques des BERNOUILLI et les essais contradictoires de FULTON et de SAUVAGE ont est encore entre 1830 et 1860 dans une grande incertitude (hélicoïde à plusieurs filets, à un filet, à pales en forme de feuille de trèfle, à deux hélices, en aile de moulin, etc ...). C'est DUPUY de LOME semble-t-il qui, vers 1850 détermine inductivement avec l'anglais BARNES la meilleure forme : c'est la forme en il ailes de moulin". C'est ce qui sera fait vers 1900. Aujourd'hui un programme d'ordinateur traitant des surfaces complexes peut commander directement une machine à commande numérique qui "sculpte" l'ébauche d'hélice sans apport de technicité particulière de la part des conducteurs de la machine.

Ainsi, par le biais de ce rapide examen du rôle du dessin nous voyons se mettre en place la structure de production d'objets (gros ou petits) du système de production industriel classique très dichotomisé avec d'un côté les concepteurs et de l'autre les exécutants. Aux uns les savoirs forts et aux autres les savoirs faibles ; aux uns la capacité de définir par le dessin technique et aux autres la capacité de lire ces dessins et d'exécuter les ordres qu'ils donnent ; aux uns la technicité et aux autres rien ou presque. Un point de vive discussion à la fin du 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} fut de savoir ce qu'il fallait enseigner à de futurs exécutants en matière de dessin. On opta pour le dessin géométrique "école de soin, de goût, d'attention", discipline propre à inculquer au jeune les attitudes d'un bon exécutant plutôt que des savoirs opératoires. Alors que les processus arrivent à un maximum de formalisation, que les ordinateurs engrangent la technicité, que les robots reproduisent inlassablement le processus opératoire des exécutants; alors que de nouvelles formes d'organisation et de nouvelles exigences (la qualité par exemple) font que la communication dans l'entreprise porte de moins en moins sur des informations techniques circulant de haut en bas entre des hommes (l'information technique circule entre des machines), qu'en est-il du dessin technique ? Il est certain que ses fonctions de visualisation, de recherche et de communication sont moins nécessaires. Après deux ou trois millénaires de service il rentre dans le domaine de l'histoire, voire de l'archéologie. Par contre se développe vigoureusement une communication graphique à base de schémas, de graphiques, d'images, de pictogrammes, de logotypes, de design de produit (DEFORGE, 1989), etc... dont il faudrait, aussi, commencer à rechercher les racines dans le passé et à faire l'histoire.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- ANTHIAUME (A.) Abbé: Le navire, sa construction en France... etc. 1922 (réimpression fac-similé, 1980).
- BESSON (J.): Instrumentorum et machinarum, LYON, 1582,
- BOUDRIOT (J.): L'archéologie navale en France, in le ChasseMarée, n° 6, 1983.
- DEFORGE (Y.): Le graphisme technique, thèse, librairie H. CHAMPION, 1976.
- DEFORGE (Y.): G. EIFFEL et la tour de trois cents mètres, in Traits, n° 6, 1982.
- DEFORGE (Y.): The design for the design, Design Issues, CHICAGO, 1989.
- DEFORGE (Y.): L'oeuvre et le produit, CHAMP-VALLON, SEYSSEL, 1990.
- DELORME (Ph.): De l'architecture etc... 1567 (réimpression, fac-similé, 1984).
- MOLES (A.): Théorie des objets, Ed. UNIVERSITAIRES, 1972.
- ROBERT (K.J.), SHAKLETON (Ph.) Le canoë indien, in le Chasse- Marée, n° 37, 1988.
- SIMONDON (G.) Du mode d'existence des objets techniques, AUBIER, 1989.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Yves Deforge
 Université de Technologie de Compiègne
 20, rue Delavue-Mardues
 F 14600 Honfleur

(2) Les résultats de l'analyse de la structure de la dynamique de la production de la machine-outil sont les suivants : les séries de données sont toutes non stationnaires et les tests de racine unitaire indiquent la présence d'une racine commune à toutes les séries. Les tests de cointégration montrent que les séries de données sont cointégrées. Les tests de causalité à long terme indiquent que la production de la machine-outil agit comme variable d'entraînement pour les autres variables de la production. Les tests de nonlinearité indiquent que la production de la machine-outil suit une structure non linéaire. Les tests de prédictibilité indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à long terme indiquent que la production de la machine-outil n'est pas prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme.

(3) Les résultats de l'analyse de la structure de la dynamique de la production de la machine-outil sont les suivants : les séries de données sont toutes non stationnaires et les tests de racine unitaire indiquent la présence d'une racine commune à toutes les séries. Les tests de cointégration montrent que les séries de données sont cointégrées. Les tests de causalité à long terme indiquent que la production de la machine-outil agit comme variable d'entraînement pour les autres variables de la production. Les tests de nonlinearité indiquent que la production de la machine-outil suit une structure non linéaire. Les tests de prédictibilité indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à long terme indiquent que la production de la machine-outil n'est pas prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme.

(4) Les résultats de l'analyse de la structure de la dynamique de la production de la machine-outil sont les suivants : les séries de données sont toutes non stationnaires et les tests de racine unitaire indiquent la présence d'une racine commune à toutes les séries. Les tests de cointégration montrent que les séries de données sont cointégrées. Les tests de causalité à long terme indiquent que la production de la machine-outil agit comme variable d'entraînement pour les autres variables de la production. Les tests de nonlinearité indiquent que la production de la machine-outil suit une structure non linéaire. Les tests de prédictibilité indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à long terme indiquent que la production de la machine-outil n'est pas prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme. Les tests de prédictibilité à court terme et à long terme indiquent que la production de la machine-outil est prédictible à court terme mais non prédictible à long terme.



2. Abstracts und Abbildungen zu den Beiträgen

Wolfgang Schöller

Die Entwicklung der Architekturzeichnung in der Hochgotik

Die meisten in der hochmittelalterlichen Buchmalerei anzutreffenden Architekturdarstellungen haben mit den Prinzipien realer Bauzeichnungen wenig gemein. So sind auch die in planschräger, doppelt- und dreifachplaner Ansicht oder durch das Verfahren der umgekehrten Perspektive wiedergegebenen Architekturen strenggenommen keineswegs uneindeutig zu dechiffrieren. Noch am ehesten lassen sich Reflexe auf die wohl auch in der damaligen Baupraxis nicht unüblichen Skizzen vielmehr in den in strenger Frontalansicht dargestellten Bauten sowie in den Grundrißdarstellungen vermuten. Das zwischen 1220 und 1240 entstandene Skizzenbuch des Villard de Honnecourt zeigt, wie gleichberechtigt jene beiden Verfahren einer flächig-abstrakten und einer eher zur universalen Anschaulichkeit ihres Objekts hin neigenden, nicht selten jedoch die Eliminierung, d.h. die Subtraktion oder Division, der Kleinform nach sich ziehenden Darstellungsweise selbst noch im 13. Jahrhundert nebeneinander her bestanden. Keine Revolution des Sehens auf dem Gebiet der Architekturzeichnung hat indessen Villards "Vorstoß" ausgelöst, Architektur perspektivisch darzustellen. Gemessen an den aus dem 13. und 14. Jahrhundert bekannt gewordenen Rissen, ist diese Art der Darstellung, vielleicht auch aufgrund ihrer relativen Nutzlosigkeit für die praktische Arbeit des Steinmetzen, selten geblieben.

LIBR. S. PETRI MAGIA; ^{minor} HATWAMI TRADIDIT;

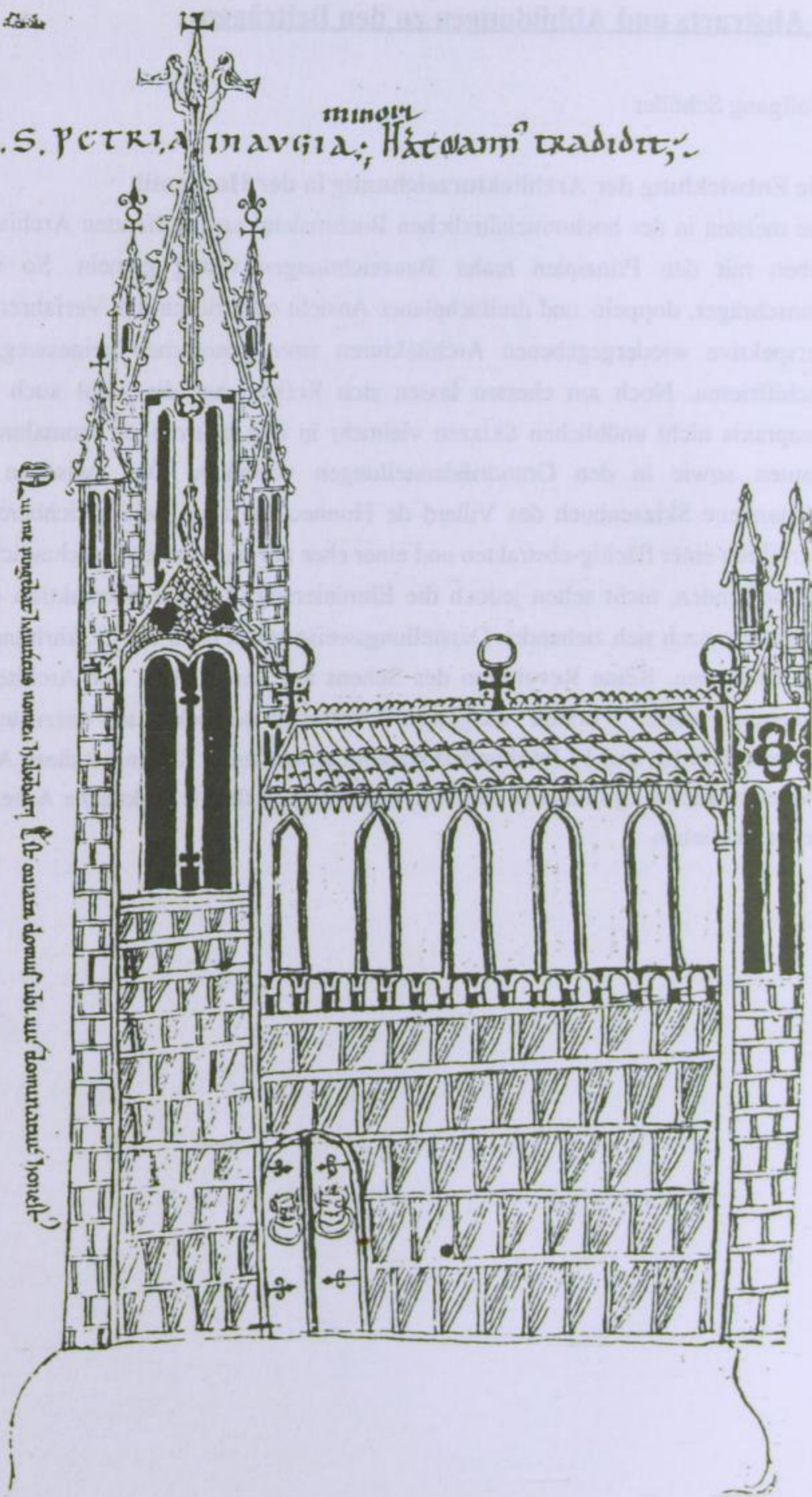


Abb. 1 Hainricus, Ansicht einer Kirche; Manchester, John Rylands Library, Ms. 90, fol. 1 (aus: M. R. James, op. cit., Bd. 2., Tfl. 123).

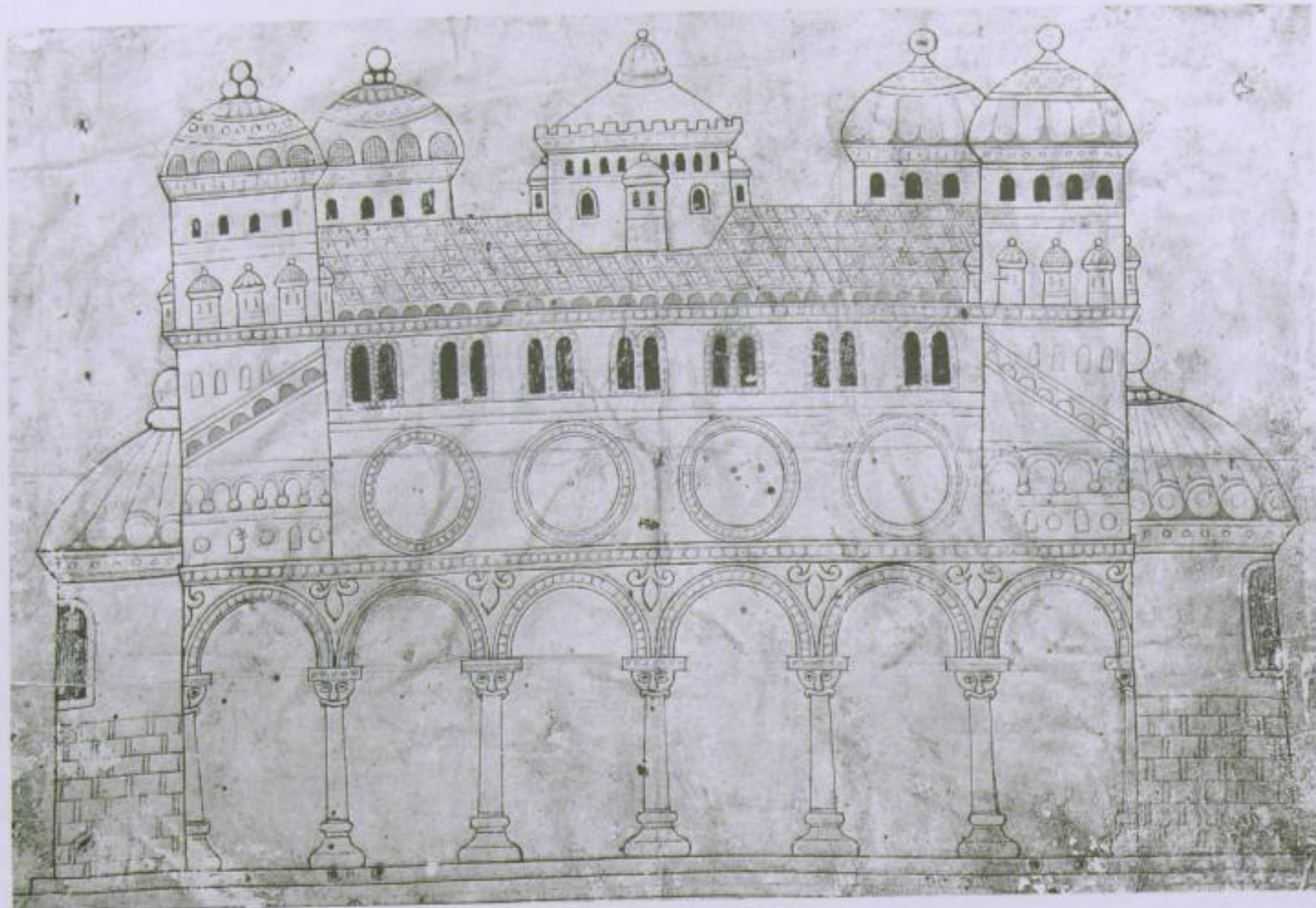


Abb.2 Ansicht einer Kirche, um 1120/40, Stuttgart, LB, Cod. bibl. 2^o 57, Hinterspiegel (Bildarchiv Foto Marburg).



Abb.3 Maßwerkskizzen und Engel, Bleistift, um 1300; Cambridge, Christ College, Ms. I, fol. 196v^o, Ausschnitt (Aufn. Verfasser).



Abb.4 Hl. Gregor, Silber graviert, vom Sakramentar Heinrichs II; Regensburg, 1002-1014; München, StB, Clm. 4456 (aus: H. Schmitz, Die Kunst des frühen und hohen Mittelalters in Deutschland, München 1924, S. 186).



Abb.5 Trier, Stadtbibliothek, Cod. 24 (Codex Egberti), fol. 13r; Reichenau, um 977-93 (aus: H. Mayr-Harsting, *Ottotonische Buchmalerei*, Stuttgart 1991, Abb. 191).

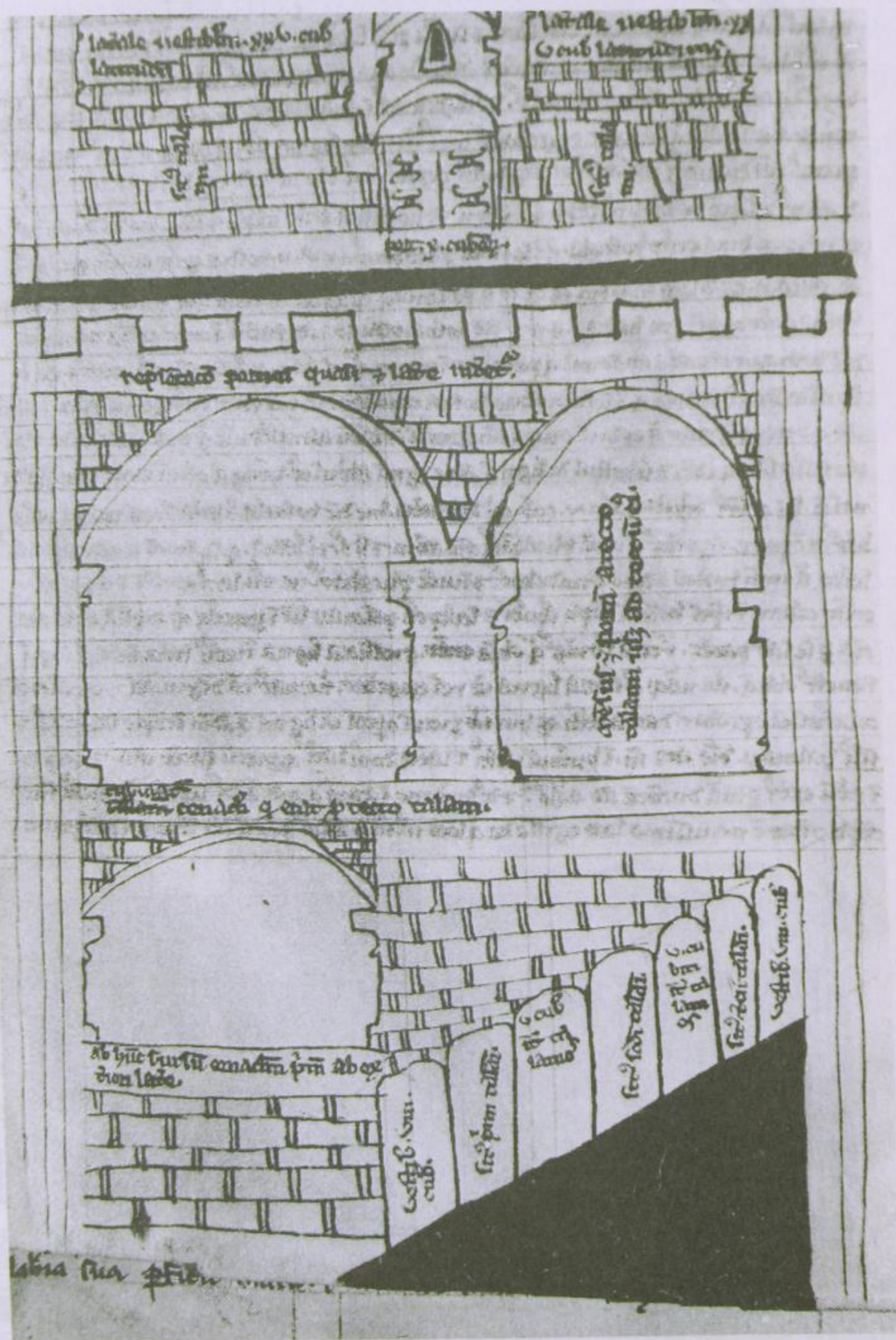


Abb.6 Der Neue Tempel, Rekonstruktion der Längsseite eines Torhauses durch Richard von St. Viktor nach der Vision des Propheten Ezechiel, 12. Jh.; Durham, Dean and Chapter-Library, A III 22, fol. 5r (Aufn. Verfasser).



Abb.7 Säulenstumpf, Feder, 13. Jh.; Wien, ÖNB, Cod. 733, fol. 220 (aus: H. J. Hermann, Beschreibendes Verzeichnis der illuminierten Handschriften in Österreich, Bd. VIII/3, Leipzig 1927, S. 29, Fig. 34).

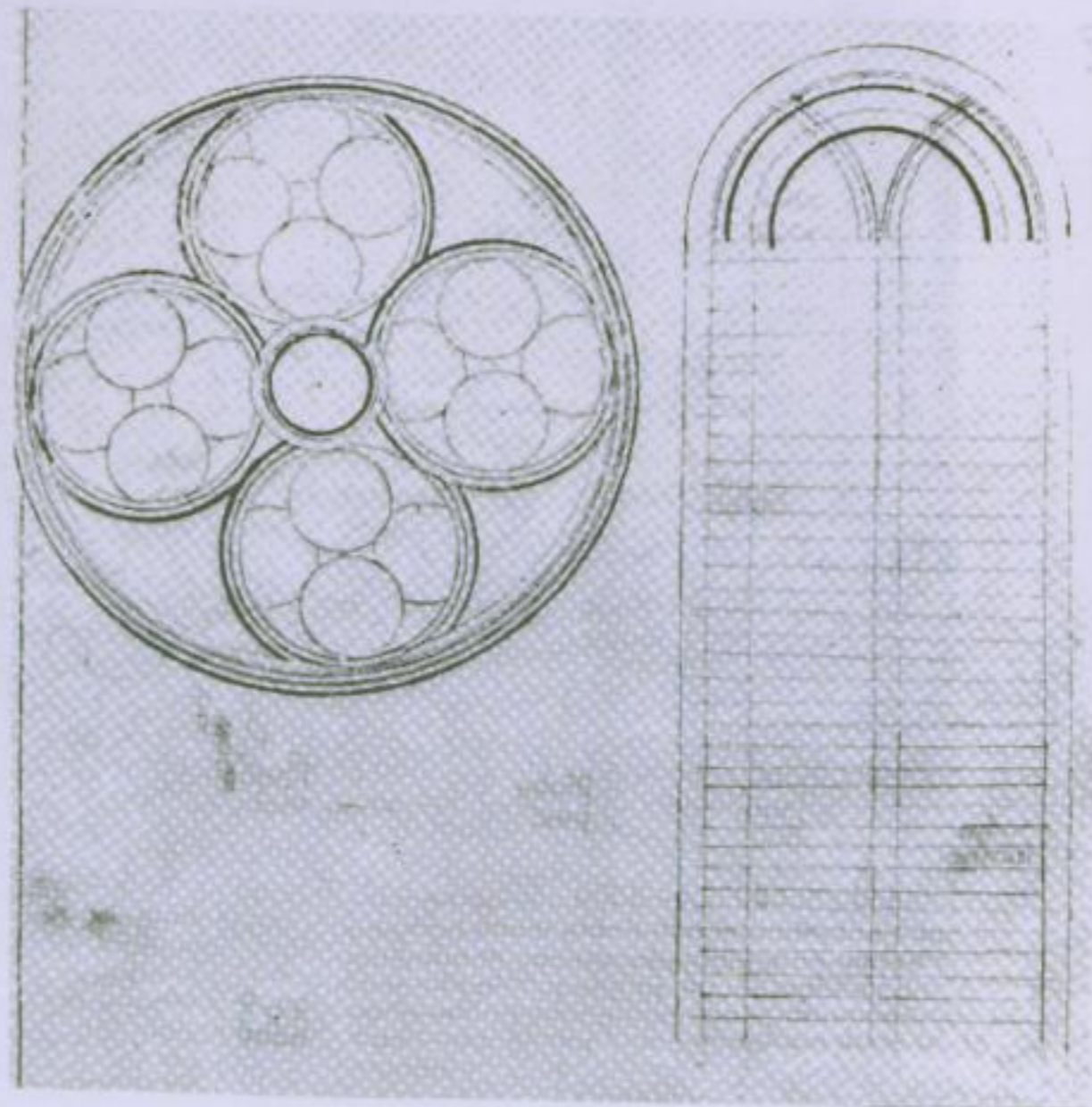


Abb.8 Zeichnung eines Rundfensters, blaue und rote Tusche, Anfang 13. Jh.; Oxford, Bodleian Library, Ms. Ashmole 1524.II, fol. 8v^o (aus: Pächt/Alexander, op. cit., Bd. 3, Tfl. XXVIII, Nr. 336).

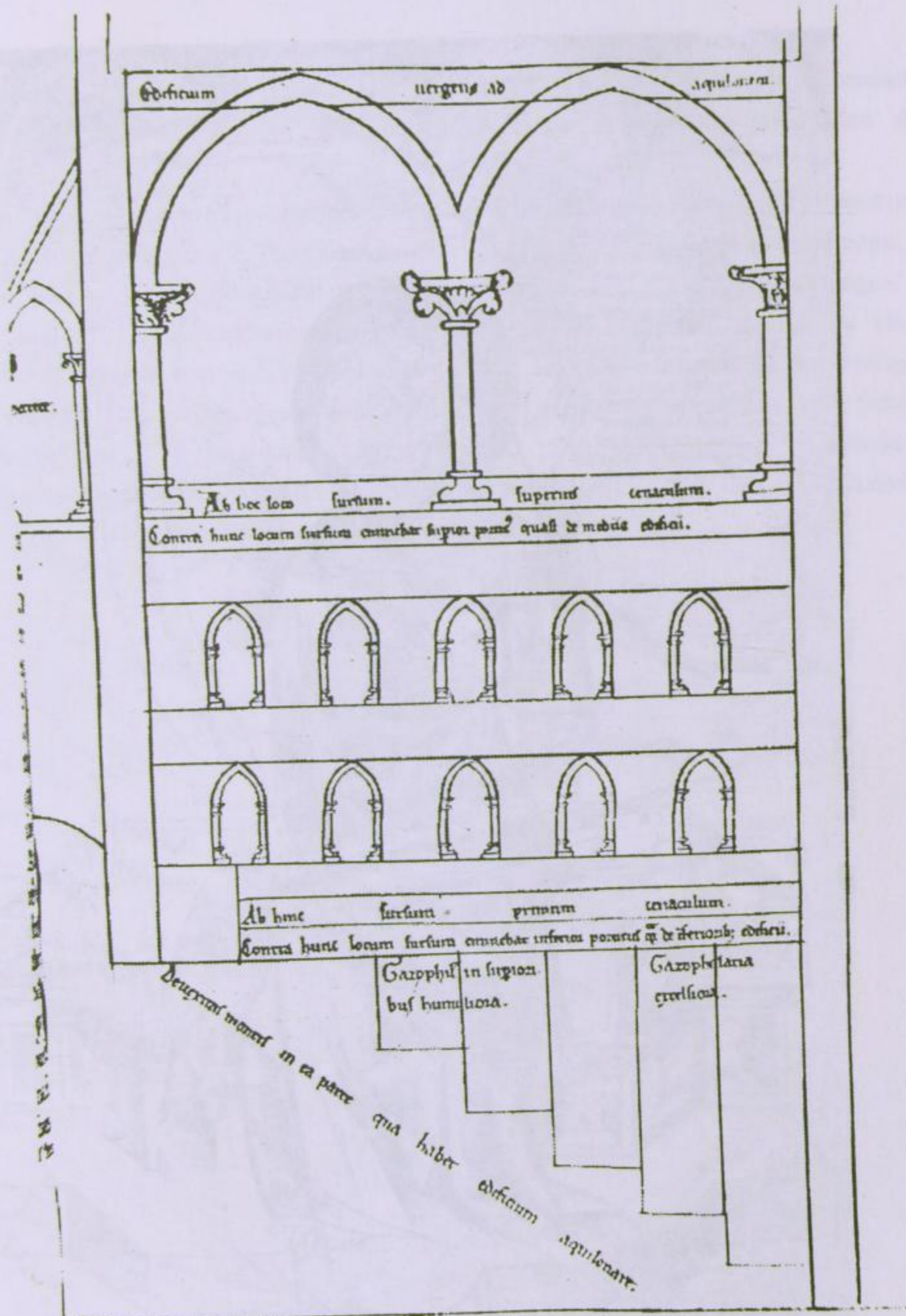


Abb.9 Der Neue Tempel, Rekonstruktion der Längsseite eines Torhauses durch Richard von St. Viktor nach der Vision des Propheten Ezechiel, frühes 13. Jh.; Oxford, Bodleian Library, Bodley 459 (2415), fol. 34 (aus: Pächt/Alexander, op.cit., Bd. 3, Tfl. XXVII).



Abb. 10 Zu Johannes, der auf dem Thron sitzt, spricht eine himmlische Stimme. Aus einem Apokalypse-Fragment. Nürnberg, GNM, Kupferstich-Kabinett. Hz. 1279 (Vorderseite). - Nach unbekannter Vorlage.

Eberhard Knobloch

Technische Zeichnungen im Mittelalter

Der dreiteilige Vortrag geht 1. auf die Quellenlage ein, gibt 2. eine systematische Klassifizierung der Zeichnungen und illustriert 3. an ausgewählten Beispielen die Zeichentechnik.

Im 1. Teil werden die drei Hauptquellen genannt (Hrabanus Maurus, Herrad von Hohenburg, Villard de Honnecourt). Der 2. Teil unterscheidet zwischen den vier Gruppen a) Miniaturen, b) Planrisse, Bau- und Architekturzeichnungen, c) Instrumenten- und Maschinenzeichnungen, d) Kriegs- und Büchsenmeisterhandschriften. Die betreffenden Gruppen werden an Hand ausgewählter Beispiele erläutert. Der 3. und umfangreichste Teil zeigt an Hand von Vorlagen sieben charakteristische Merkmale mittelalterlicher technischer Zeichnungen auf: Schiefe Parallelprojektion, verschiedene Verkürzungen, Reißverschmelzung, mehrfache Beobachtungsstandpunkte, bildhafte Erfassung, Verständnis als Leitmotiv, grundsätzlicher Unterschied zwischen Bau- und Maschinenzeichnungen.

Abbildung 1: Die Zeichnung eines Turms aus dem 12. Jahrhundert, die die Technik der schiefen Parallelprojektion zeigt. Die Zeichnung ist eine Darstellung eines Turms mit einer schiefen Projektion, die die Technik der schiefen Parallelprojektion zeigt. Die Zeichnung ist eine Darstellung eines Turms mit einer schiefen Projektion, die die Technik der schiefen Parallelprojektion zeigt.

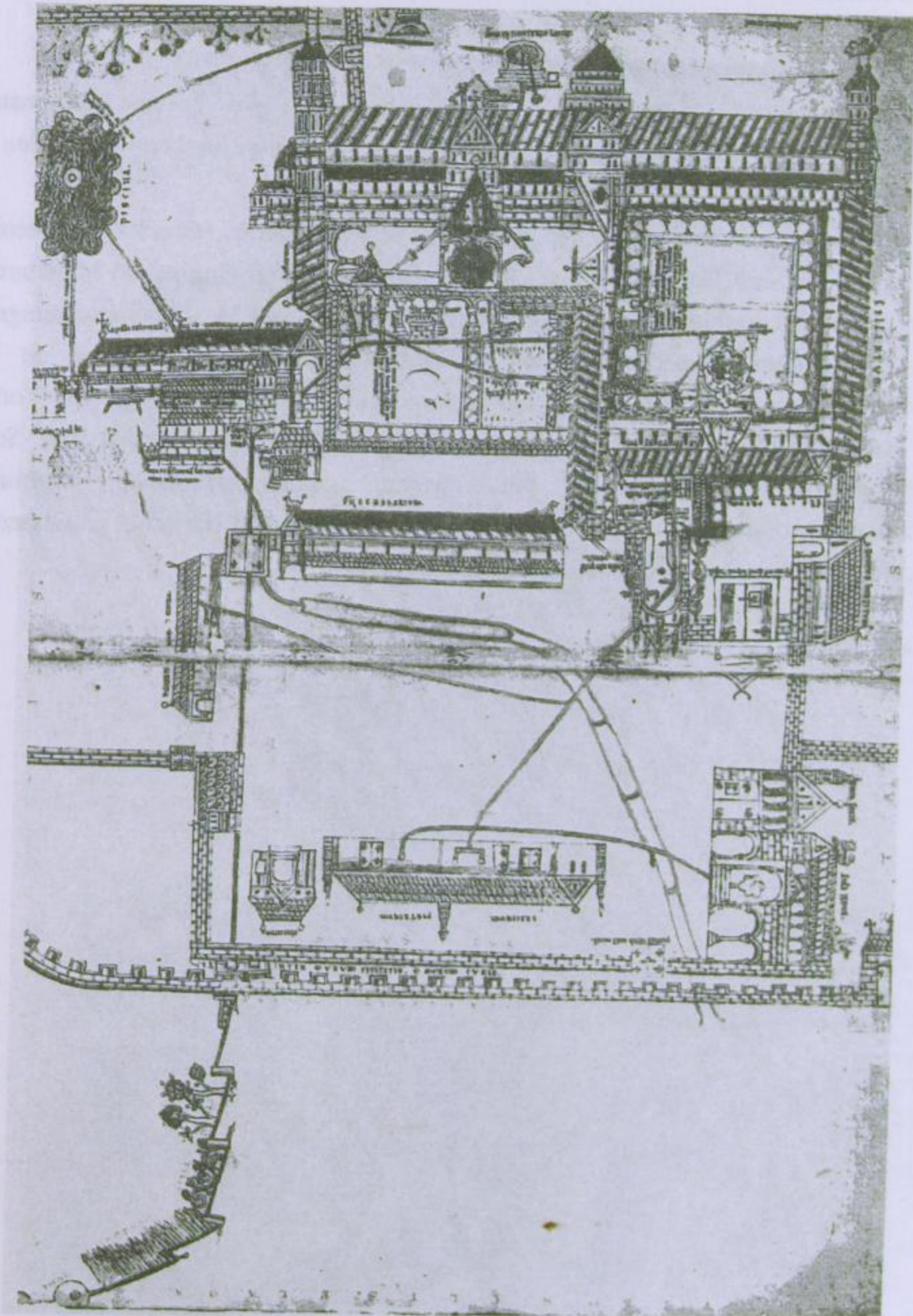


Abb.1 siehe Farbabbildungen

Abb.2 Der Wasserversorgungsplan des Klosters Christchurch in Canterbury aus dem 12. Jahrhundert (um 1150); eingebunden in den 'Canterbury Psalter' in der Trinity College Library von Cambridge. Reproduktion nach dem Faksimile im Originalmaßstab, beigegeben als Anlage dem Band "Die Wasserversorgung im Mittelalter", hrsg. von der Frontinus-Gesellschaft. Mainz 1991.

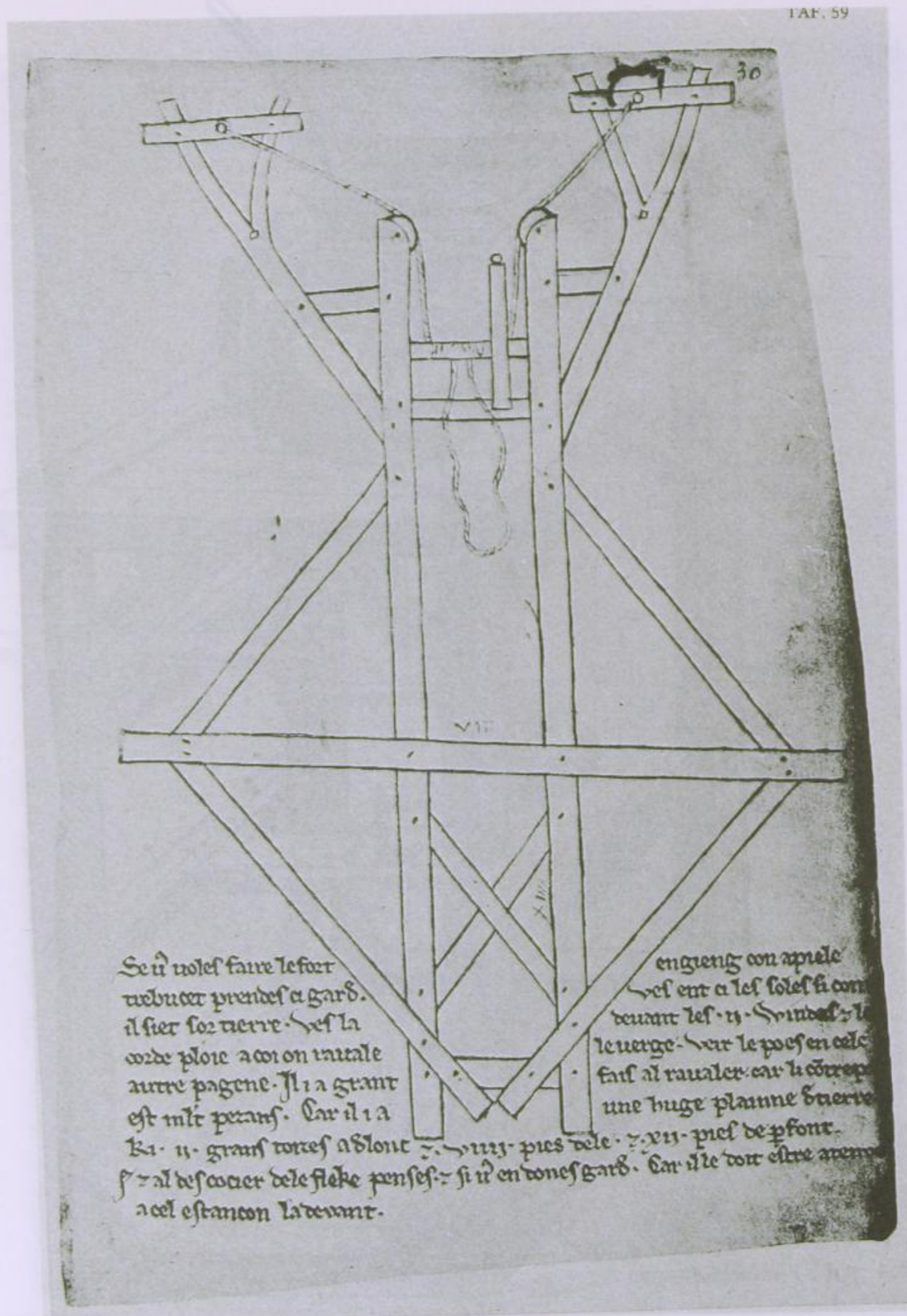


Abb.3 Blide oder Tribock; aus Villard de Honnecourts Bauhüttenbuch (um 1215-1235); ms. fr. 19093 der Bibliothèque Nationale in Paris. Reproduktion nach Tafel 59 aus Hans Rudolf Hahnloser, Villard der Honnecourt, Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuches ms. fr. 19093 der Pariser Nationalbibliothek. 2. Aufl. Graz 1972.

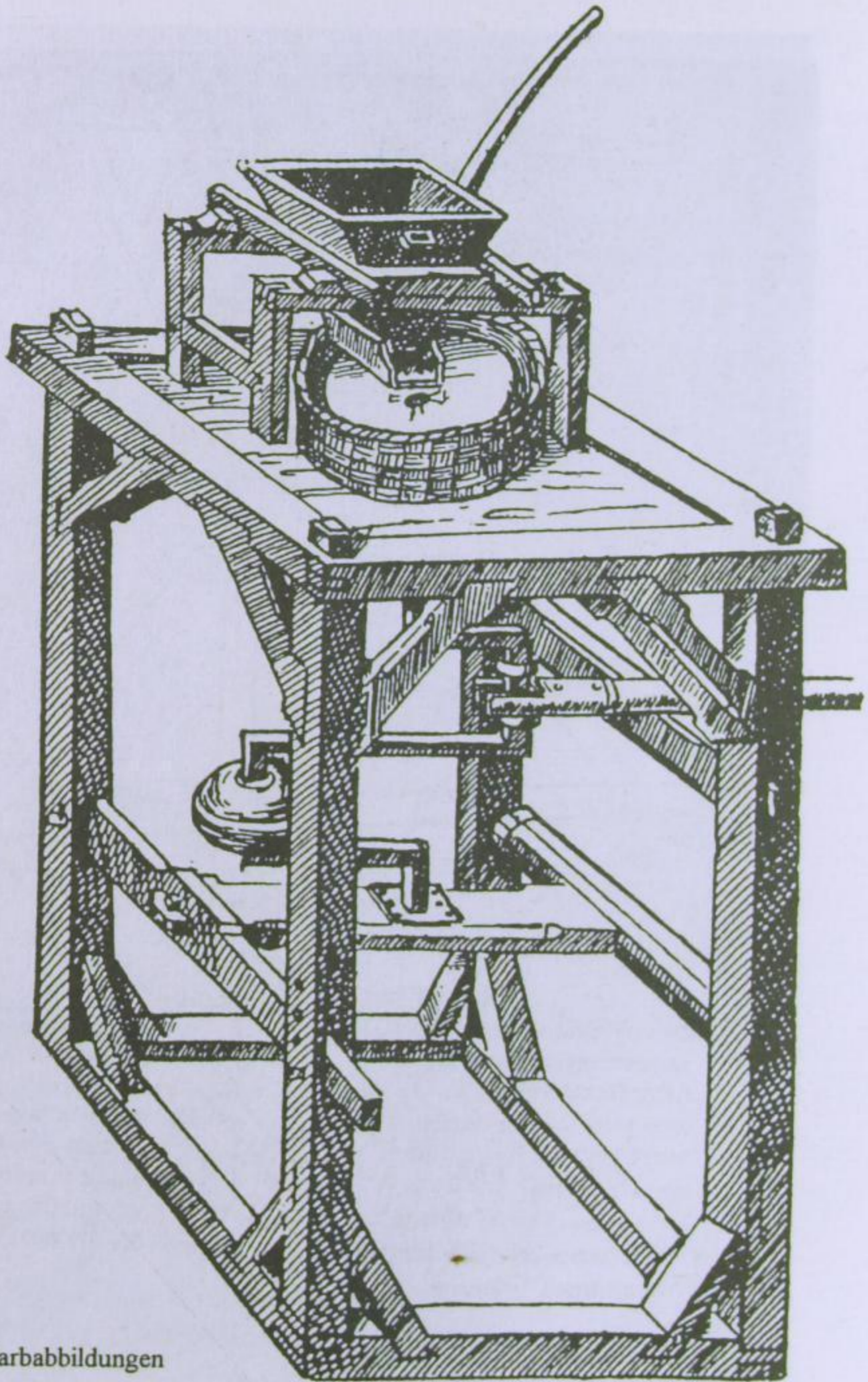


Abb.4 siehe Farbabbildungen

Abb.5 Mühle; aus dem Mittelalterlichen Hausbuch des Hauses zu Waldburg-Wolfegg, Schloß Wolfegg (um 1450), Bl.48a. Reproduktion nach: Mittelalterliches Hausbuch, Abbildungshandschrift des 15.Jahrhunderts mit vollständigem Text und facsimilierten Abbildungen. Mit einem Vorwort von A. Essenwein. Frankfurt/M. 1887.

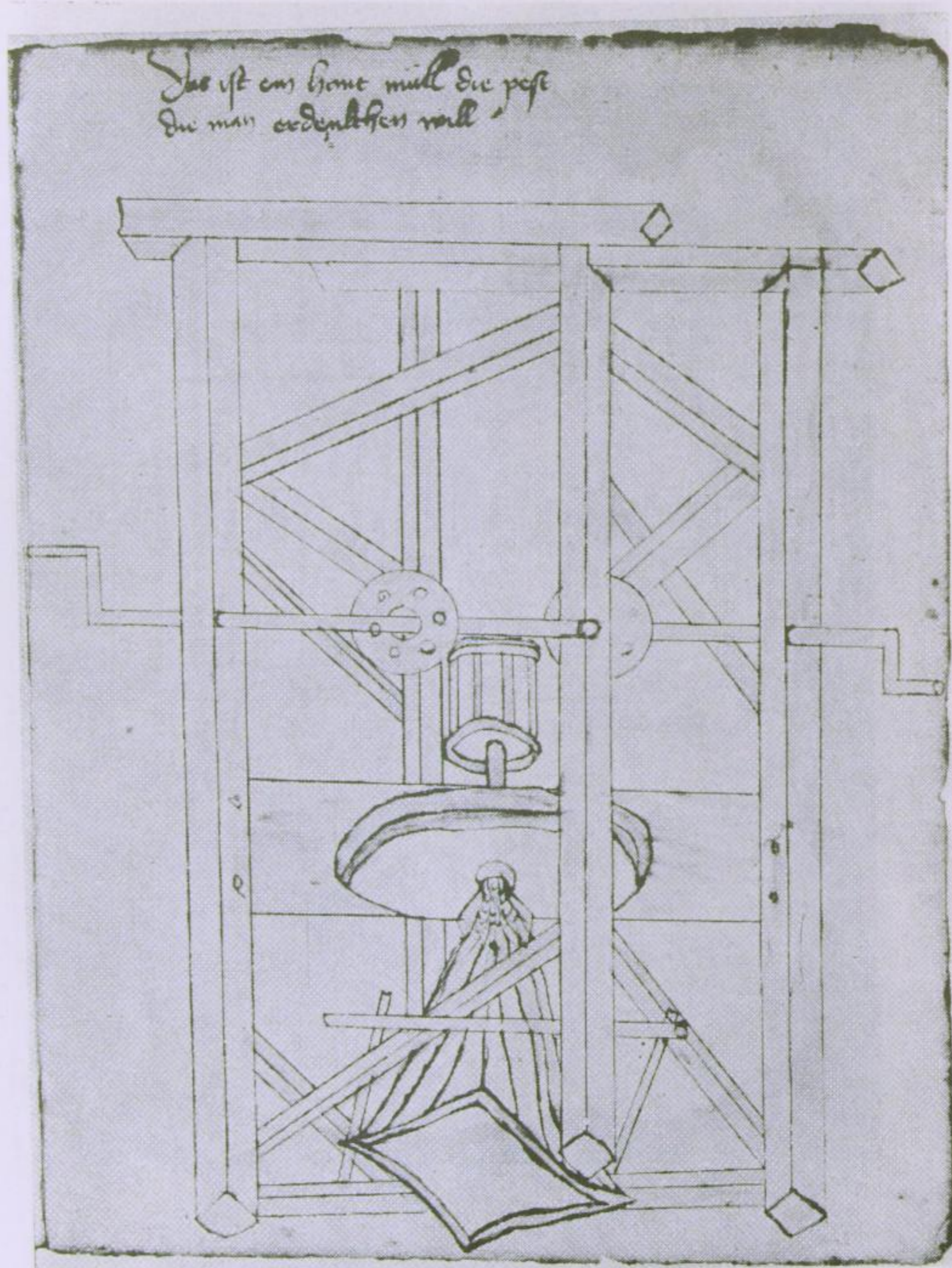


Abb.6 Mühle; aus der Handschrift L II 22 der Universitätsbibliothek Basel (um 1470-1480). Reproduktion nach Bild 4 aus Alfred Mutz, Mittelalterliche Maschinenentwürfe in einer unveröffentlichten Basler Handschrift. Humanismus und Technik 17 (1973), 57-78.

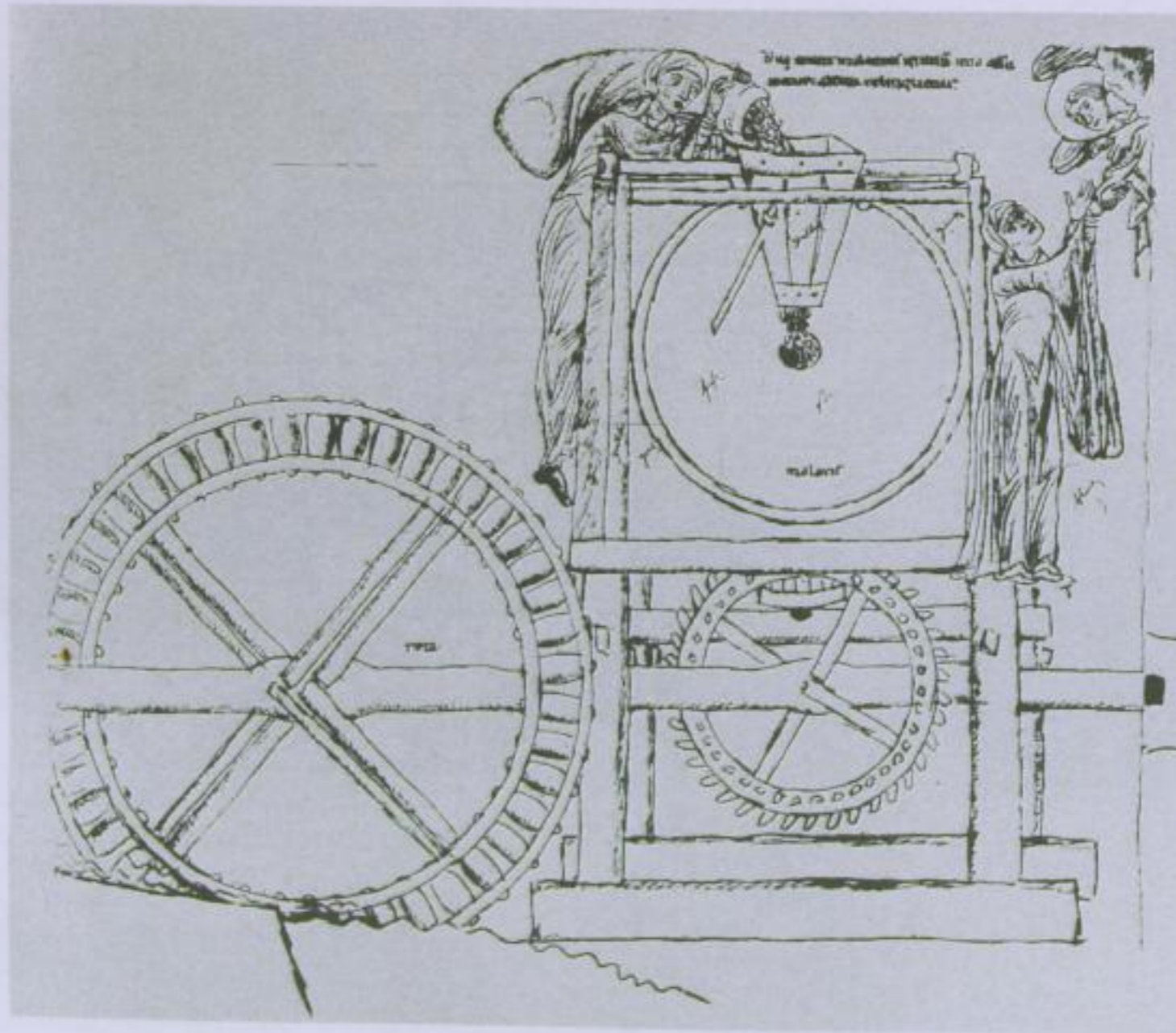


Abb.7 Getreidemühle mit unterschlächtigem Wasserrad; aus Herrad von Hohenburg, Hortus deliciarum, Hs. 239/II, armoire III, rayon 5, vol.23b (21-36, fig. 175) der Maison de l'Oeuvre Notre-Dame, Strasbourg. Reproduktion nach Herrad of Hohenbourg. Hortus deliciarum, ed. Rosalie Green u.a. Bd. 2, betr. Fol. 112r. London 1979.

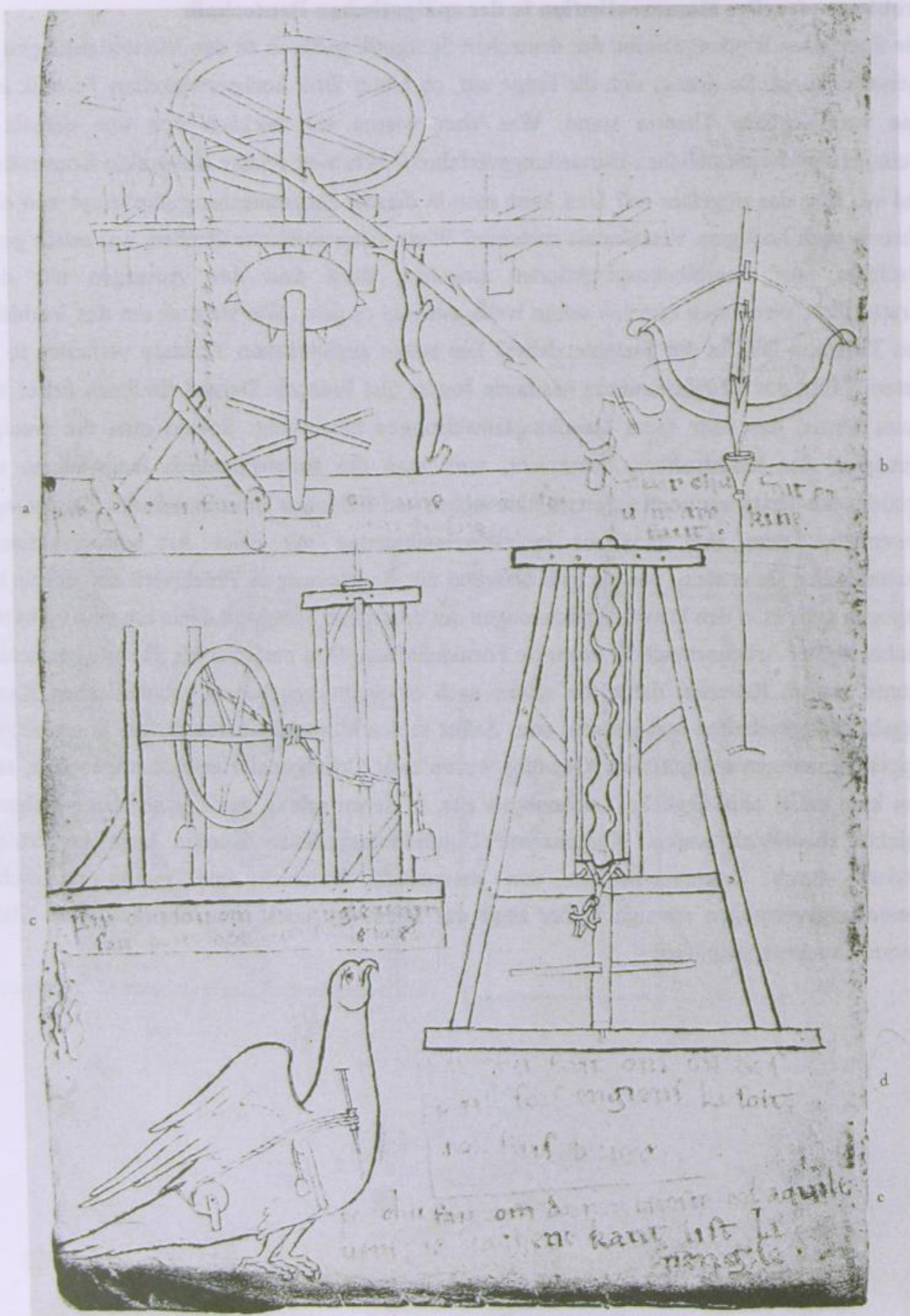


Abb.8 Sägewerk mit Selbstvortrieb; aus Villard de Honnecourts Bauhüttenbuch (um 1215-1235) (s. Abb. 3). Reproduktion nach Hahnloser 1972, Tafel 44 (oben links).

Werner Müller und Norbert Quien

Probleme visueller Kommunikation in der spätgotischen Bautechnik

Die figurierten Rippengewölbe der deutschen Spätgotik gehören zu den Meisterleistungen der Steinmetzkunst. So drängt sich die Frage auf, ob hinter ihrer hochentwickelten Technik auch eine vergleichbare Theorie stand. Was aber wissen wir wirklich von den damals im Steinmetzhandwerk üblichen Darstellungsverfahren? Wie weit reichte die exakte Konstruktion und wo fing das ungefähr an? Und kann man in diesem Zusammenhang überhaupt von einer Theorie nach heutigem Verständnis sprechen? Wenn zeitgenössische Quellen, was selten genug geschieht, auf Gewölbekonstruktionen eingehen, dann sind ihre Aussagen nur dann verständlich, wenn man ohnehin schon weiß, um was es geht. Wie steht es um das Verhältnis von Text und Bild in der Steinmetzlehre? Die ersten ausführlichen Traktate verfaßten in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts Mathurin Jousse und François Derand. In ihnen findet man kaum etwas, das über reine Handlungsanweisungen hinausgeht. Sobald man die wenigen Prinzipien der Konstruktion beherrscht, wird man die außerordentlich langweiligen und ermüdenden Texte nur noch selten zu Rate ziehen und sich ohne Umschweife den Zeichnungen zuwenden. Diese sind durchaus in Übereinstimmung mit einer Art von praktischer Darstellender Geometrie, wie sie sich während der Renaissance in Frankreich entwickelt hat. Dagegen geht es in den Entwurfszeichnungen der deutschen Spätgotik allein um eine vermittels zeichnerischer Arbeitsvorschrift bewirkte Formdefinition. Was man hier als Theorie bezeichnen könnte, waren Kriterien dafür, ob etwas nach einem vorgegebenen geometrischen Kanon "regelrecht" geschaffen und geformt war. Selbst in den Vorzeichnungen für die komplizierten Rippenkreuzungen spätgotischer Gewölbe wurde zwar Orthogonalprojektion angewandt, aber man kam dabei ohne jegliche Zeichnungen aus, in denen schräg zur Zeichenebene stehende Objekte abzubilden waren. Komplizierte Durchdringungslinien wurden nicht konstruiert, sondern durch Zusammenwirken von manuellem Geschick und gutem räumlichen Vorstellungsvermögen erzeugt. Daher zeigt das Steinwerk auch nicht die seelenlose Glätte unserer Computergraphiken.

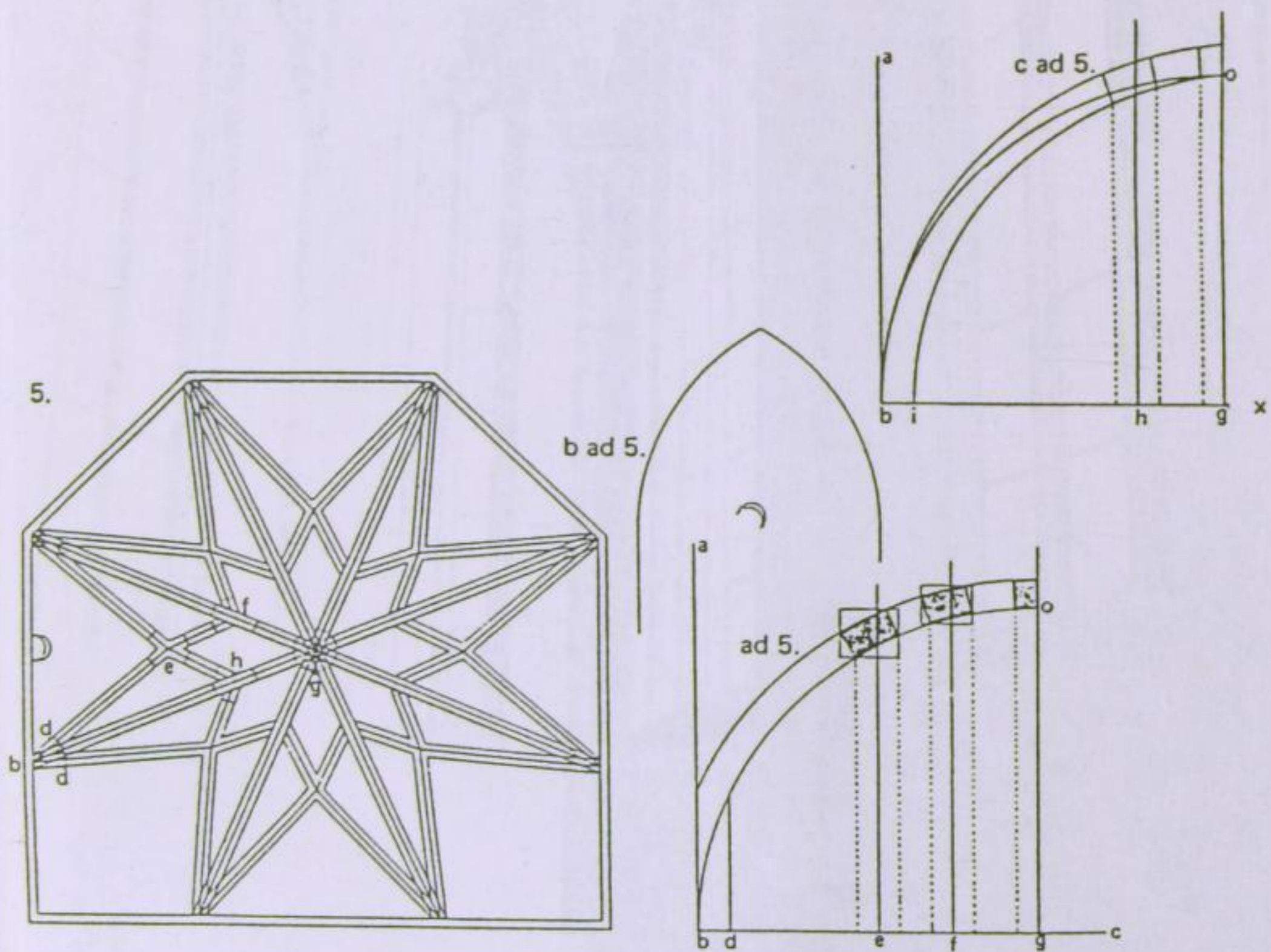


Abb.1 Prinzipalbogenkonstruktion für ein Sterngewölbe (nach F.Hoffstadt, Gothisches A.B.C.-Buch..., Frankfurt a.M. 1840-1845.

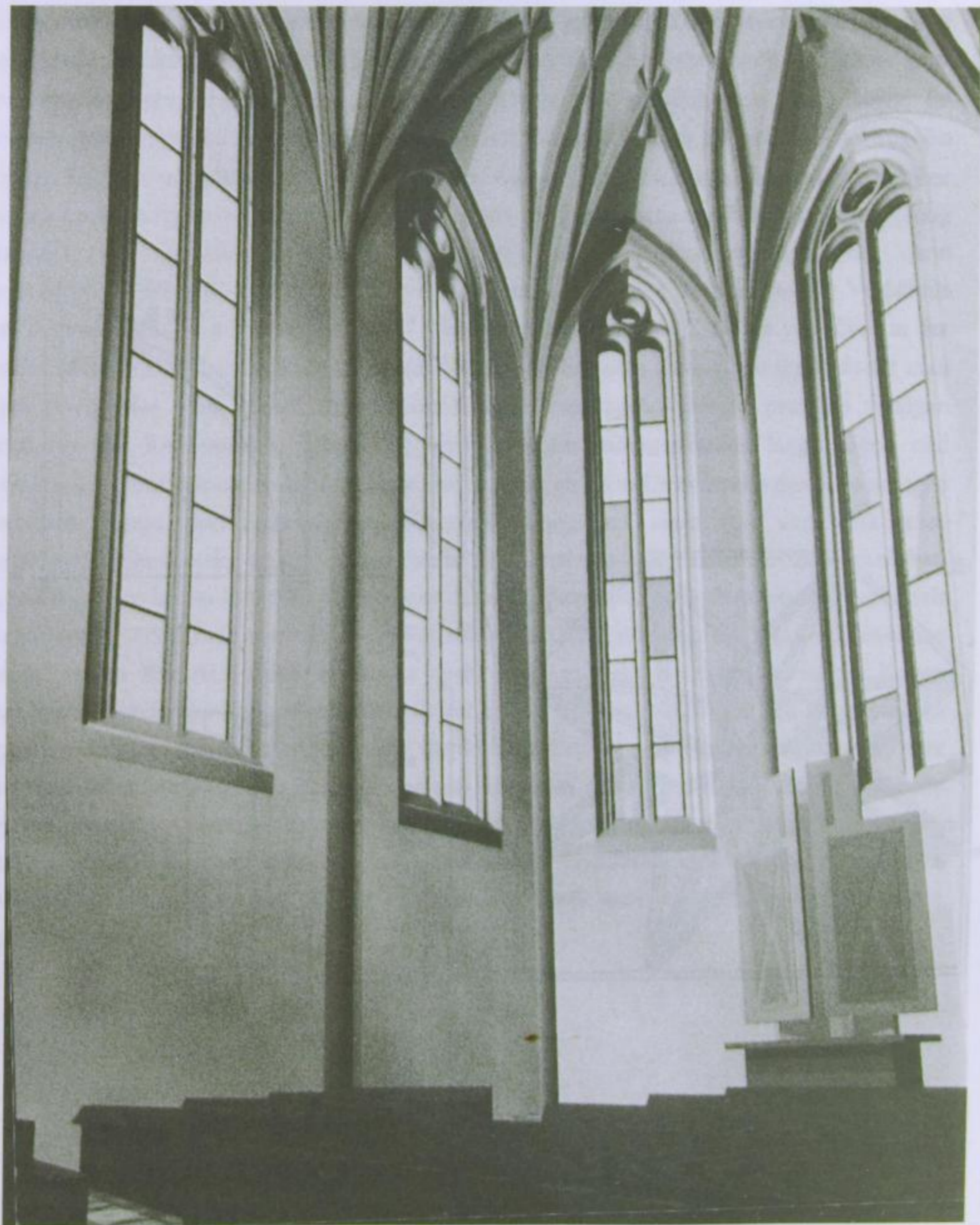


Abb.2 u. 3 siehe Farbabbildungen

Abb.4 Computergraphik des nach dem Entwurf im Stromerschen Baumeisterbuch I zu konstruierenden Kirchenchores.

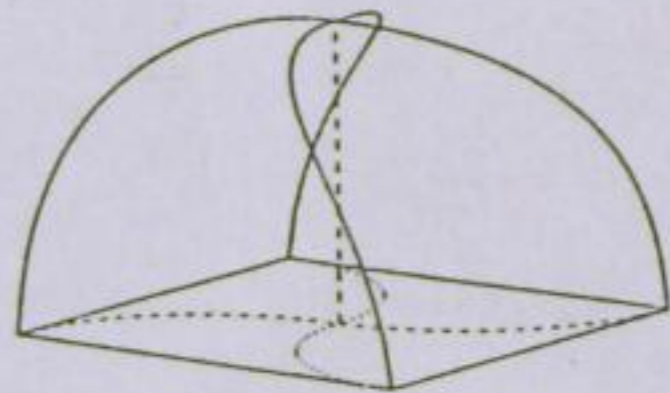
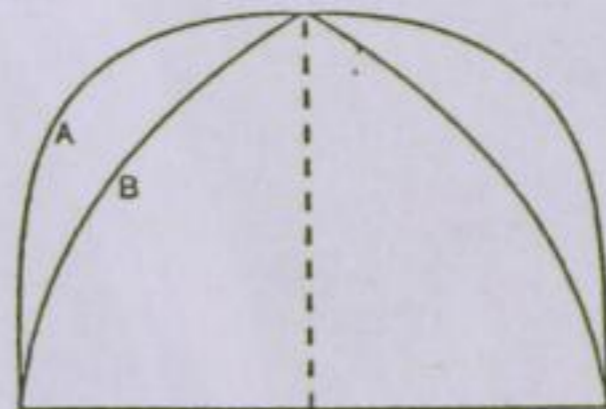
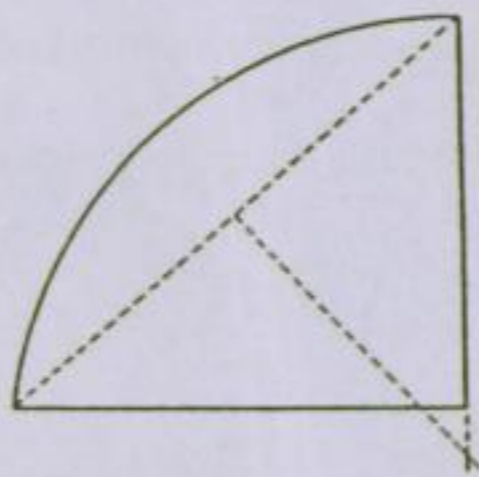
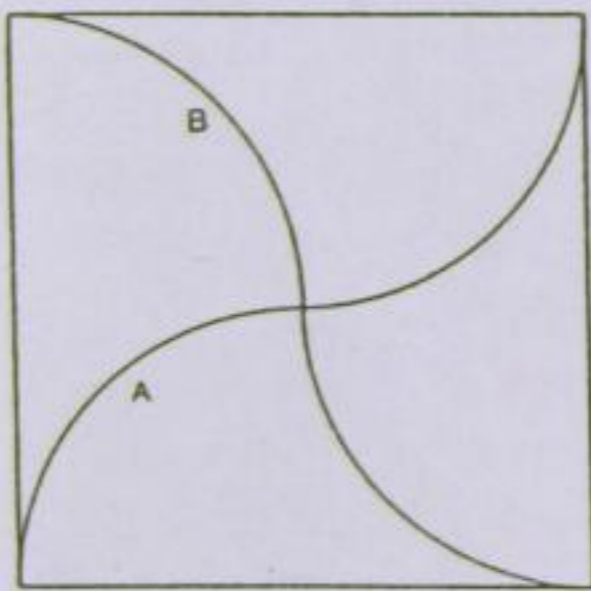
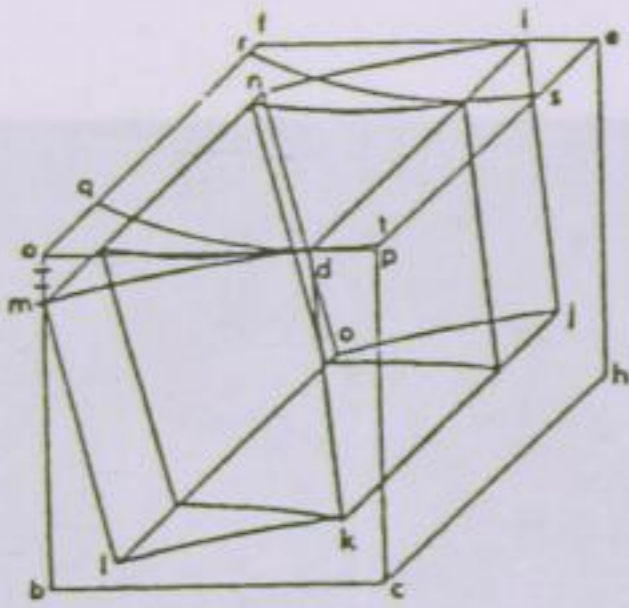


Abb.5 Keilsteinkonstruktion für einen räumlich gekrümmten Bogen (nach R. Branner, The Art Bulletin, Bd 39).

Abb.6 Prinzipalbogenkonstruktion für ein einfaches Schlingrippengewölbe durch Abwicklung.

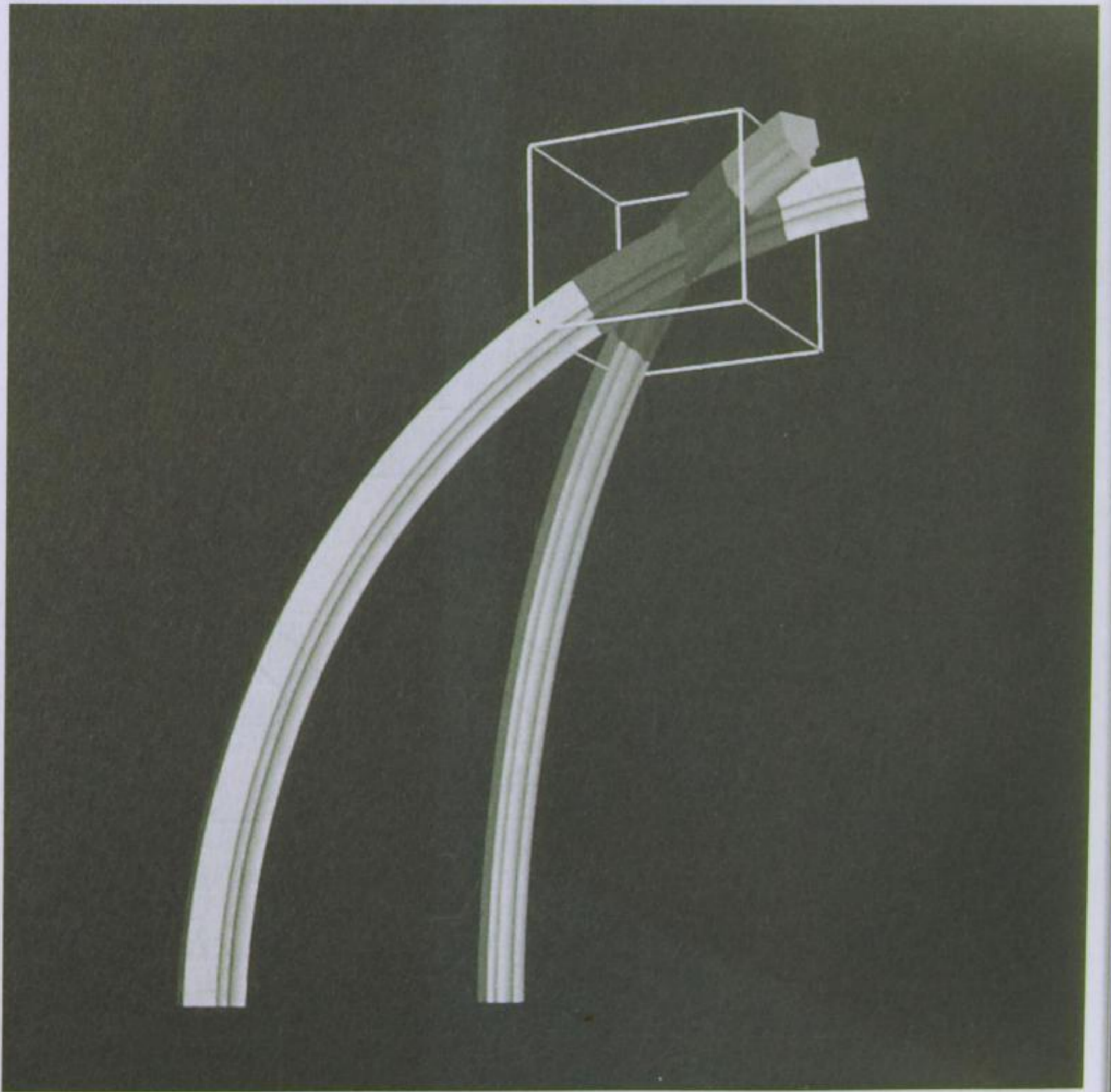


Abb.7 Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb.1.

Abb. 7 zeigt die schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1. Die beiden Rippenprofile sind so positioniert, dass sie sich an dem Punkt e kreuzen. Die Rippen sind durchgezogene Linien, während die Vertiefungen zwischen den Rippen gestrichelt dargestellt sind. Die Drahtgitterbox verdeutlicht die räumliche Anordnung der Profile und die Position des Kreuzungspunktes e.

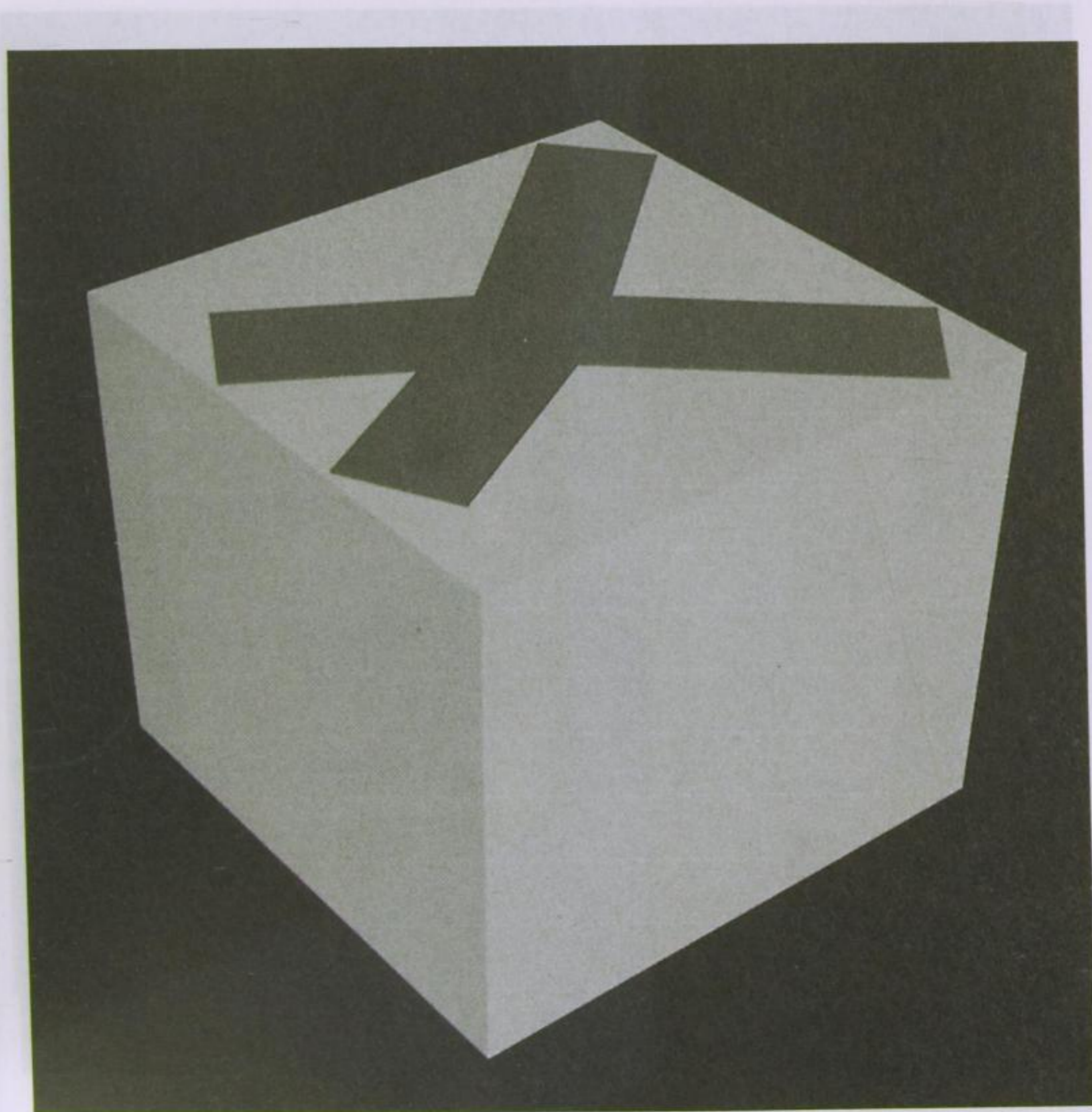


Abb.8 Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb.1.

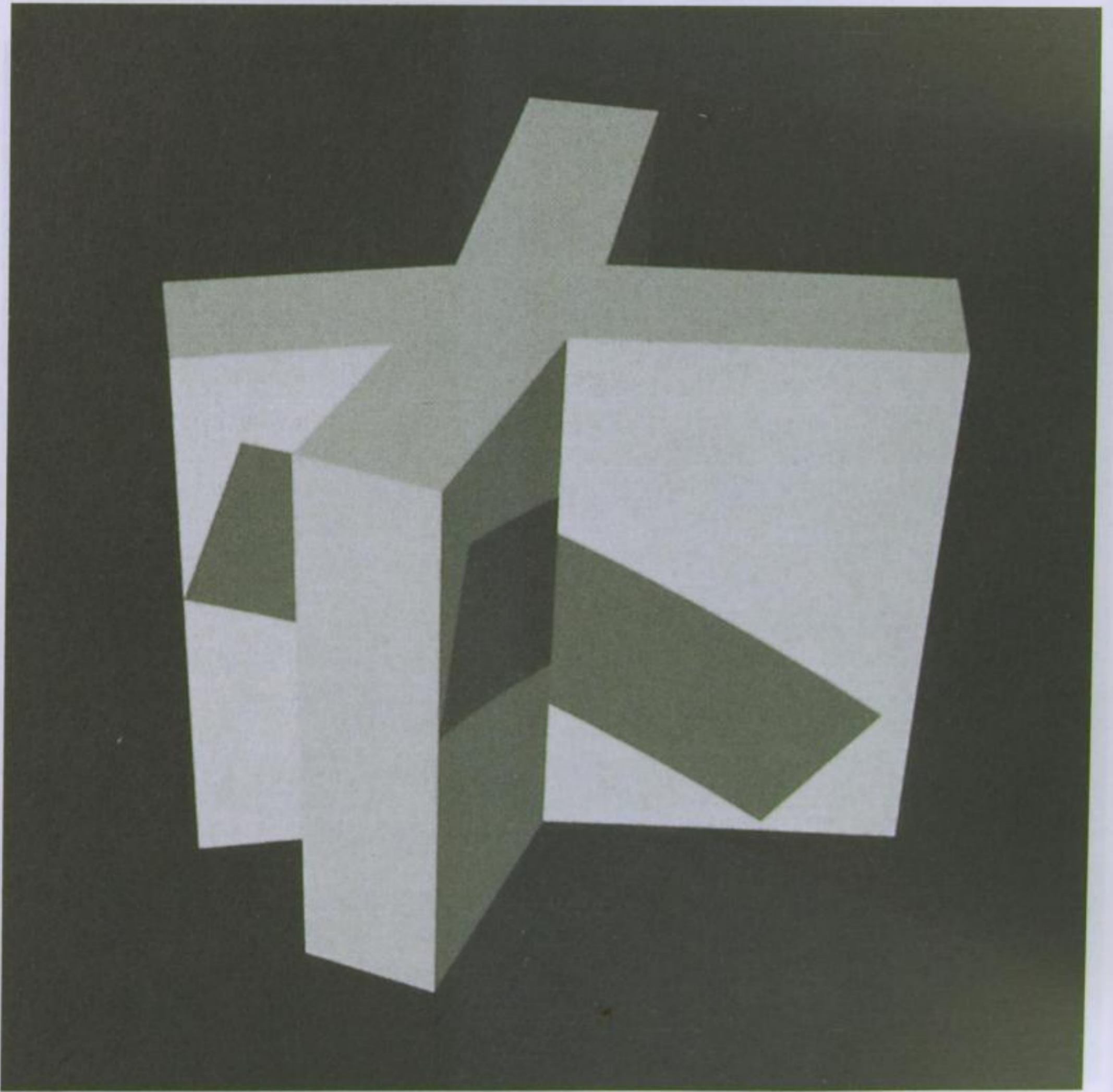


Abb.9 Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb.1.

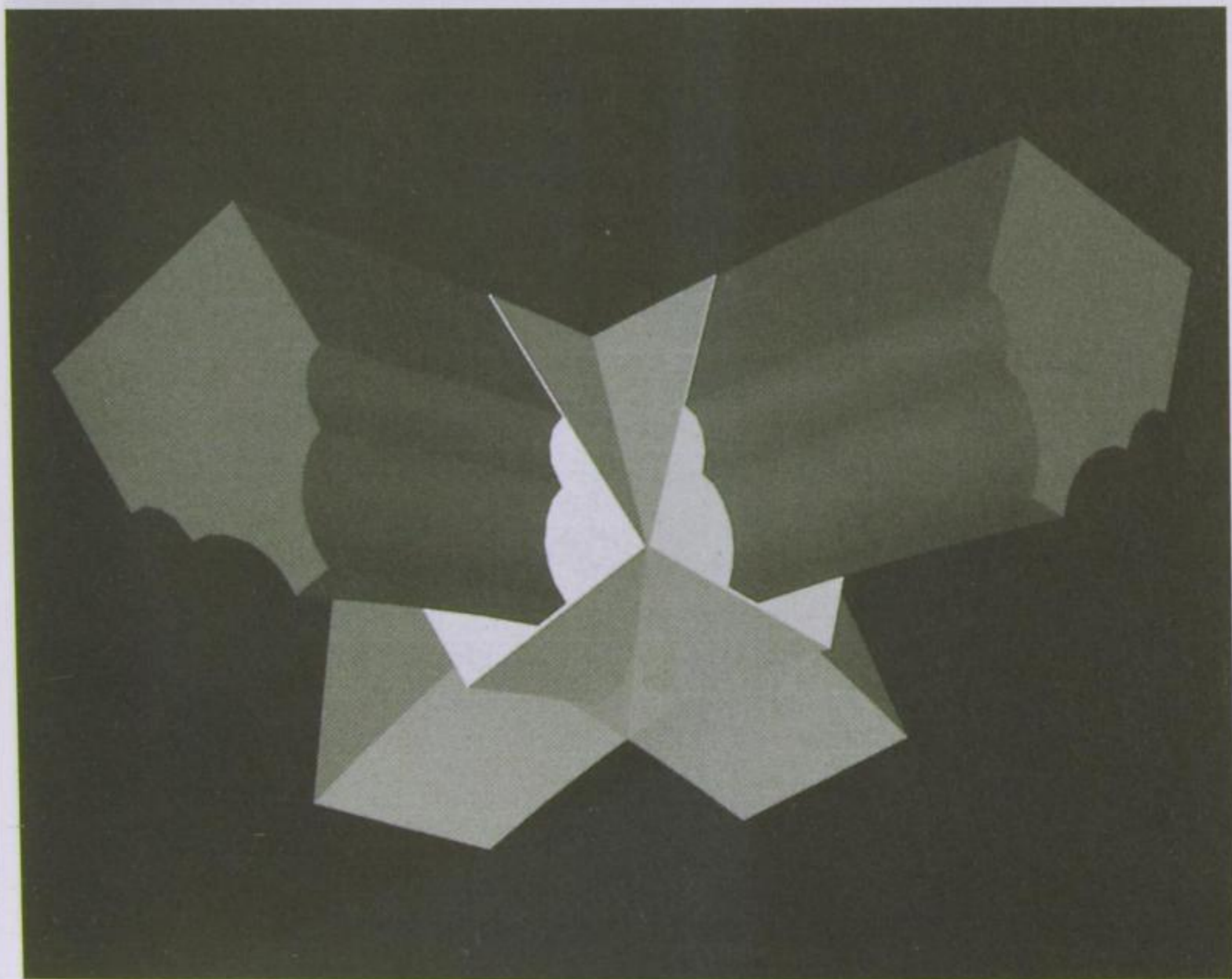


Abb.10 Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb.1.

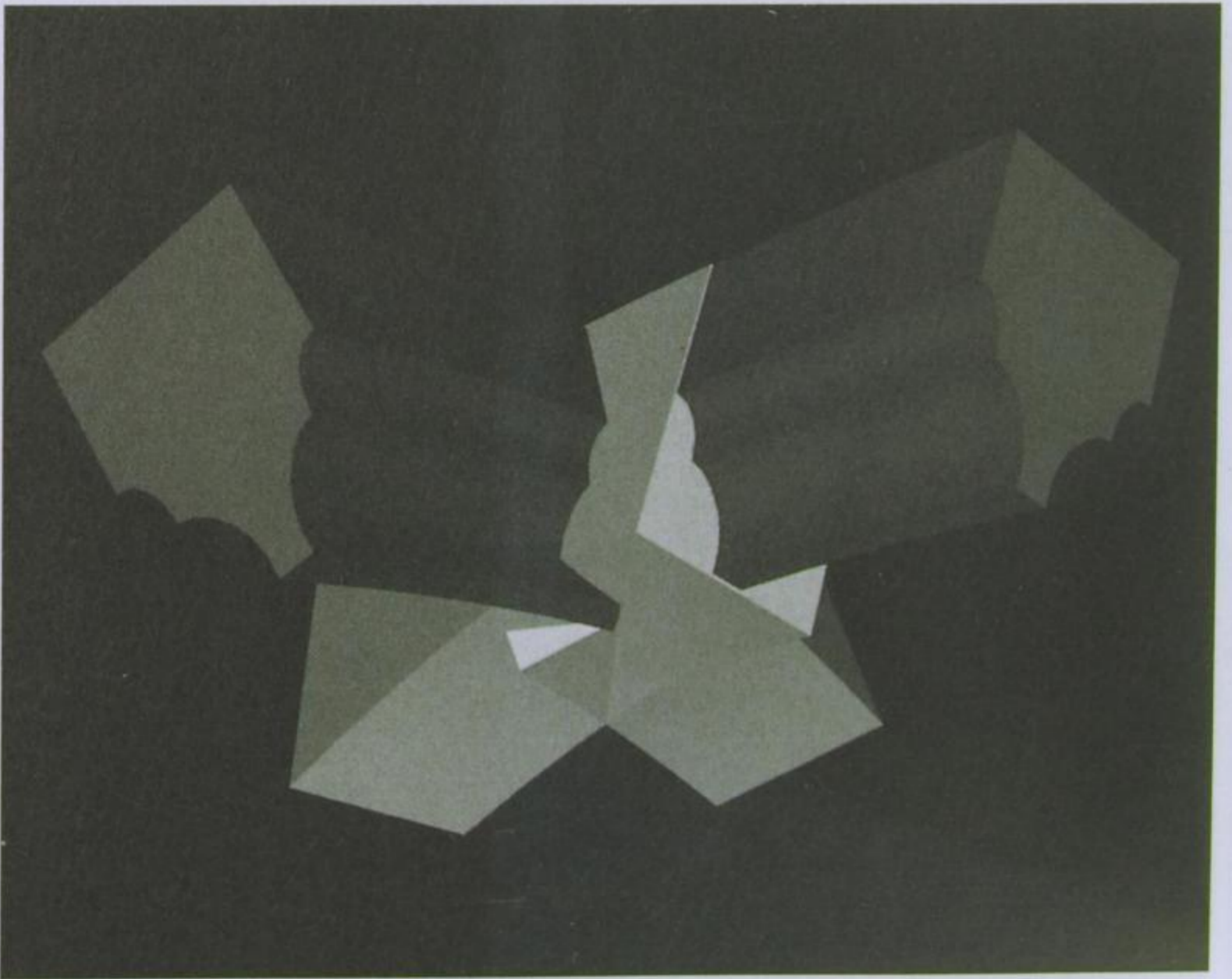


Abb.11 Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb.1.

Die Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1. Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1. Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1.

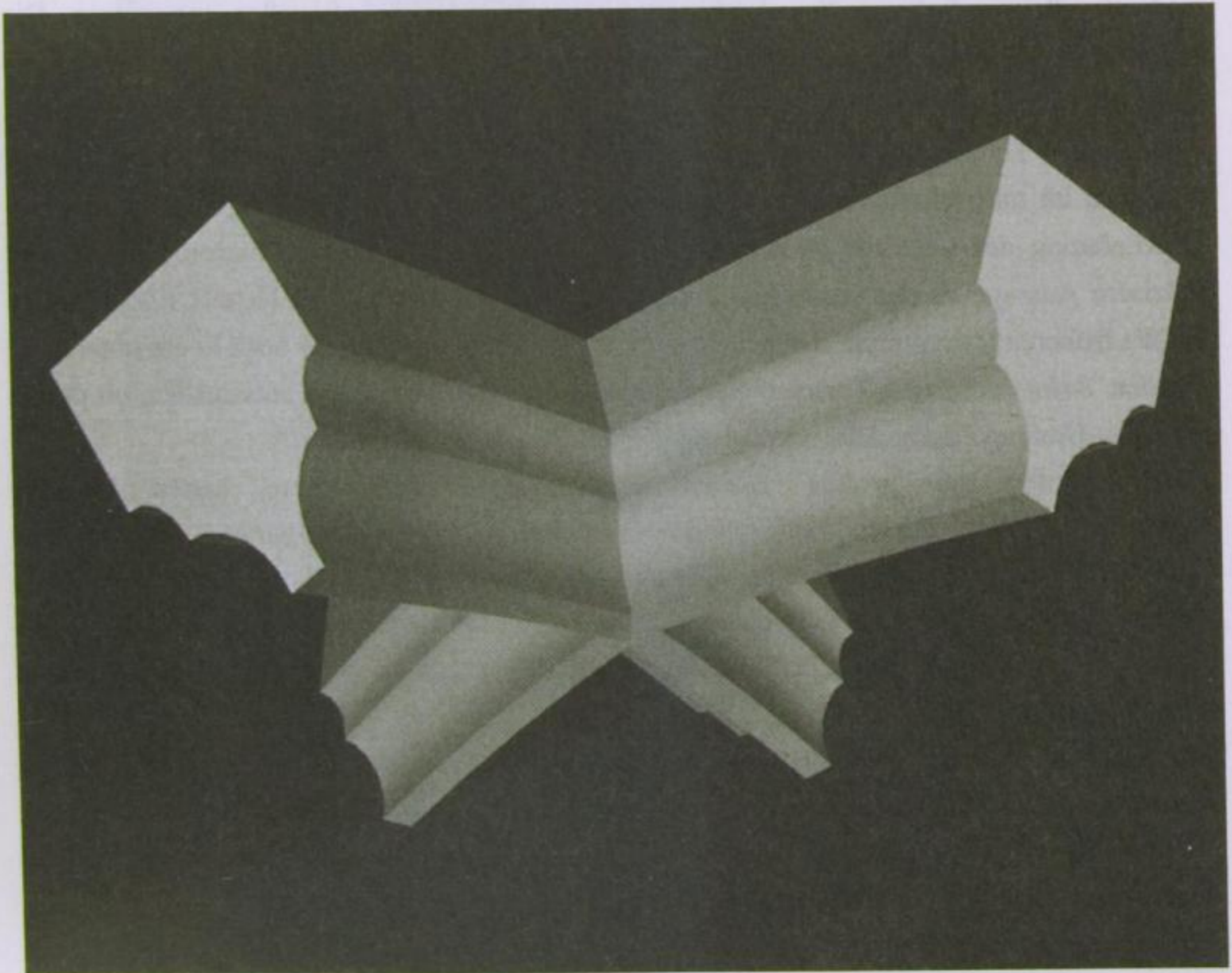


Abb.12 Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb.1.

Die Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1. Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1. Schrittweise Herstellung der Rippenkreuzung am Punkt e der Abb. 1.

Franz Bischoff

Hulczin Visierung oder Muster: quellenkritische Überlegungen zur Methode der spät- und nachmittelalterlichen Bauplanung mit Hilfe von Modellen nördlich der Alpen

Während die Verwendung von Baumodellen als Hilfsmittel der Architekturplanung in Italien aufgrund der Quellen und Sachzeugnisse von der Mitte des 14. Jahrhunderts an gesichert ist, läßt sich der Umgang mit Modellen nördlich der Alpen für diesen frühen Zeitraum wesentlich schwerer fassen. Die materielle Überlieferung setzt hier erst im frühen 16. Jahrhundert ein. So sind wir allein auf die z. T. sehr knappen Aussagen der Schriftquellen angewiesen. Die Deutung ist allerdings aufgrund der Unschärfe des darin verwendeten Begriffsinstrumentariums äußerst problematisch. Solange hier keine sichere Zuordnung der in der Bausprache verwendeten Termini wie "Visierung", "Muster" etc. möglich ist, läßt sich der Gebrauch von Modellen im mittelalterlichen Bauplanungsprozeß nur bedingt verifizieren. Erst die dichtere Überlieferung des weiteren 16. Jahrhunderts, mit ihrer z. T. gleichen Diktion, erlaubt eine präzisere Aussage zu den jeweiligen Wortbedeutungen. Inwieweit sich hieraus Rückschlüsse auf die früheren Verhältnisse ziehen ließen, ist von der Forschung bisher noch kaum untersucht worden. Beim derzeitigen Forschungsstand ist es letztlich noch nicht zu entscheiden, ob und in welchem Umfang Baumodelle nördlich der Alpen tatsächlich existierten.

Die Schöpfer der großen spätmittelalterlichen Turmbauprojekte hatten in den zweidimensionalen Rissen ein adäquates Medium zur Verfügung, die gotische Architektursprache in ihrer Komplexität darzustellen. So konnten diese Architekturzeichnungen als Grundlage für die Bauausführung ebenso dienen, wie sie als "Schaurisse" einem Auftraggeberkreis ein anschauliches Bild von der geplanten Baugestalt vermitteln konnten.

Bereits einige Quellenstellen aus dem ausgehenden 15. Jahrhundert lassen vermuten, daß bei bestimmten Bauplanungen, die keine aufwendige formalästhetische Gestaltung erforderten, Holzmodelle als Kommunikationsmittel eingesetzt wurden (vgl. z.B. Modelle von Fachwerkbauten, oder Brückenkonstruktionen).

Die frühesten erhaltenen Modelle sind Turmmodelle, die kurz nach 1500 in Augsburg entstanden sind. Ihr Auftreten steht möglicherweise in einem engen Zusammenhang mit dem dort zur gleichen Zeit einsetzenden Stilwandel. Die weitgehende Reduktion des überreichen spätgotischen Formenrepertoires und insbesondere der Übergang zur strengeren Tektonik der im Norden neuen Stilsprache der italienischen Renaissance könnte die Umsetzung der Entwurfsideen in plastische Modelle erleichtert haben. Dem Wunsch der Auftraggeber nach größerer Anschaulichkeit der Bauplanung, wie er durch die späteren Quellen des 16. und 17. Jahrhunderts belegt wird, konnte durch die Einbeziehung von Modellen in den Planungsprozeß besser entsprochen werden. Daß diese Modelle gleichzeitig zur Lösung technischer Probleme verwendet wurden, ist sowohl aufgrund ihrer materiellen Beschaffenheit wie auch hinsichtlich der archivalisch gesicherten Nutzungszusammenhänge unwahrscheinlich.



Abb.1 Augsburg, Modell des Perlachturms Entwurf durch den Goldschmied Jörg Seld, 1503
Höhe 123 cm, Augsburg, Maximilianmuseum (Inv.-Nr.3451).

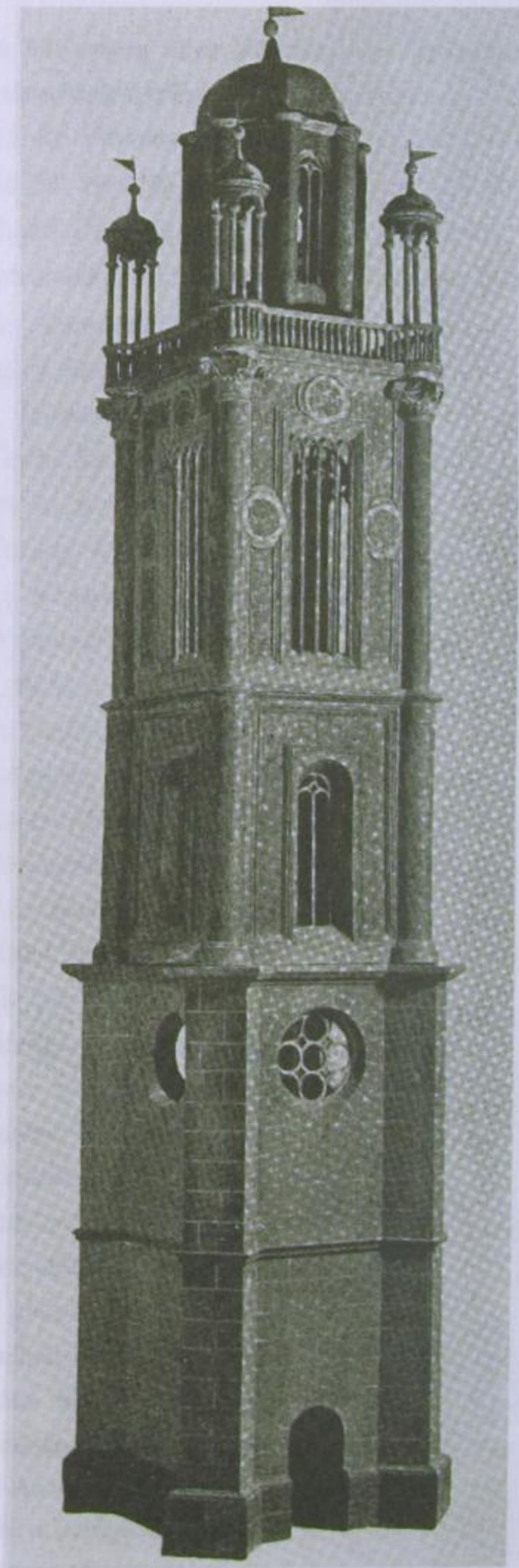


Abb.2 Augsburg, Modell des Perlachturms Entwurf durch den Steinmetzen Hans Hieber, 1519 Höhe 226 cm, zwei Untergeschosse nach Kriegsverlust rekonstruiert Augsburg, Maximilianmuseum (Inv.-Nr.3450).



Abb.3 Augsburg, Modell des Perlachturms Entwurf durch den Steinmetzen Narzis Leutner (?) Ausführung durch B. Jäger, 1522 Höhe 242 cm, oktogonaler Oberbau 1945 verloren, Augsburg, Maximilianmuseum (Inv.-Nr.3449).

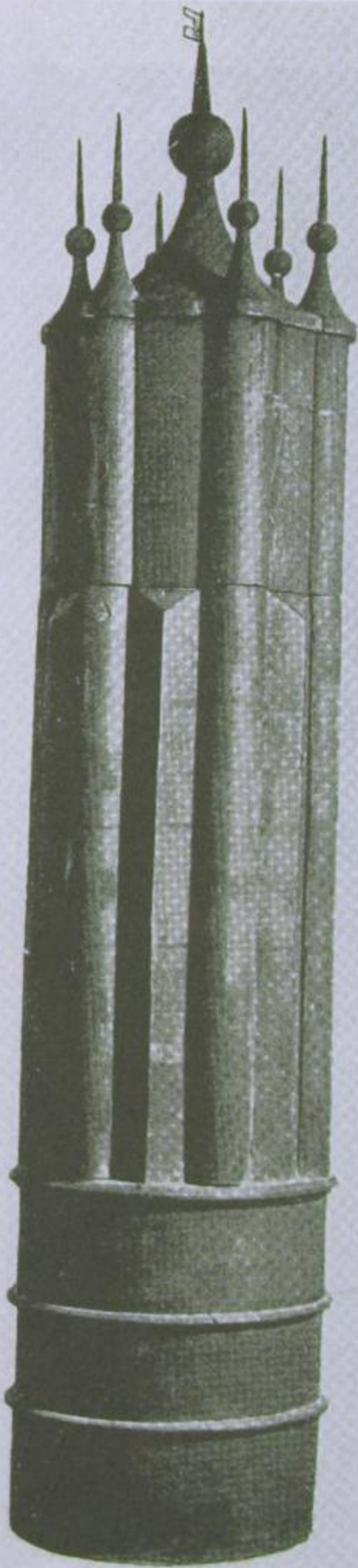


Abb.4 Augsburg, Modell des Luginsland-Turms "Vorentwurfs"-Modell des Kistlers Adolf Daucher (?) 1514 Höhe 108 cm, Oberteil 1945 verloren, Augsburg, Maximilianmuseum (Inv.-Nr.3448).

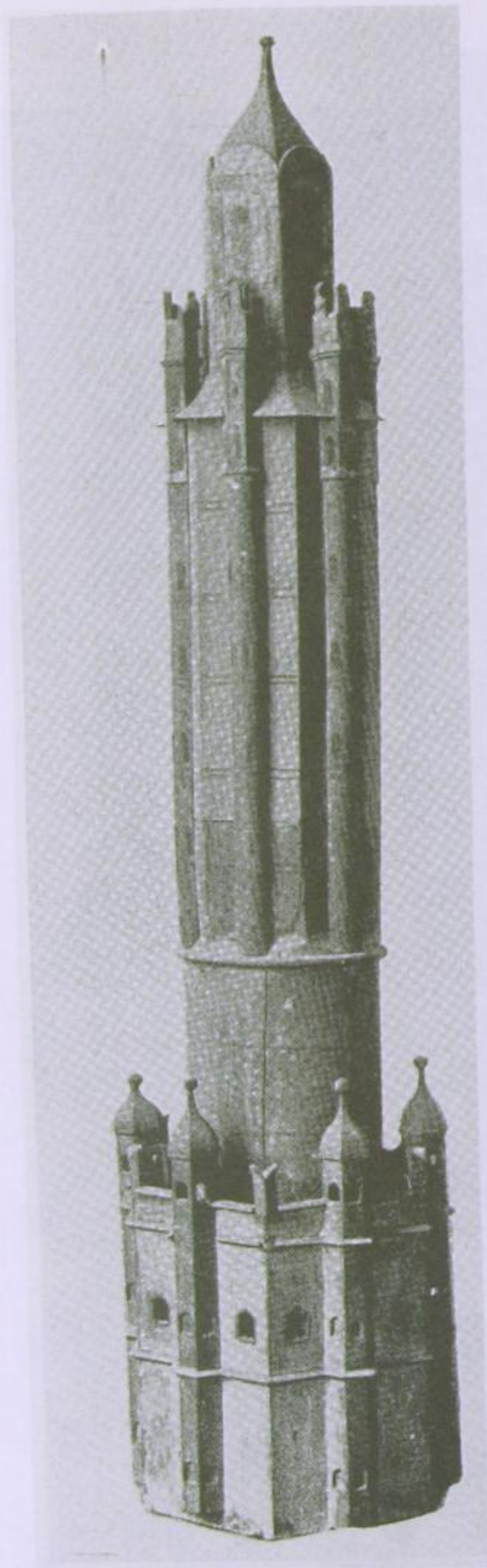


Abb.5 Augsburg, Modell des Luginsland-Turms Entwurfsmodell des Steinmetzen N. Leutner, 1514 Höhe 138 cm, Kriegsverlust.

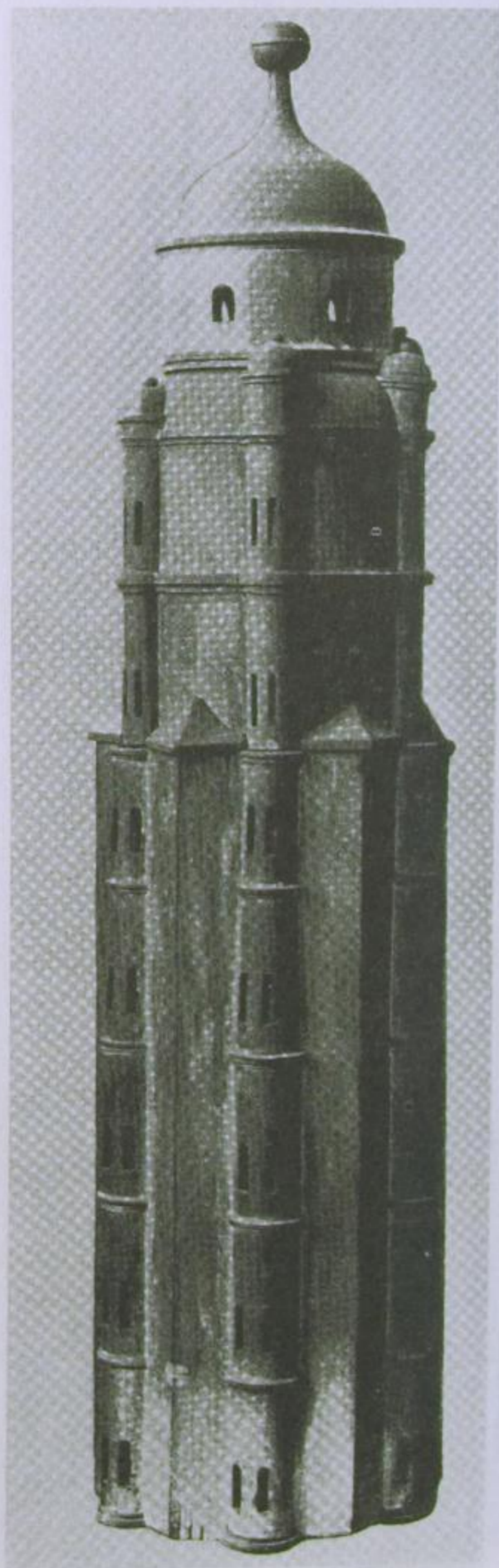


Abb.6 Augsburg, Modell des Luginsland-Turms "Ausführungsmodell" v. H. Daucher, 1514/15 Höhe 126 cm, Kriegsverlust.



Abb.7 Regensburg, Modell der Wallfahrtskirche "Zur Schönen Maria" Entwurf Hans Hieber, vor oder um 1523 Höhe 185 cm, Regensburg, Museum der Stadt (Inv.-Nr. AB217).

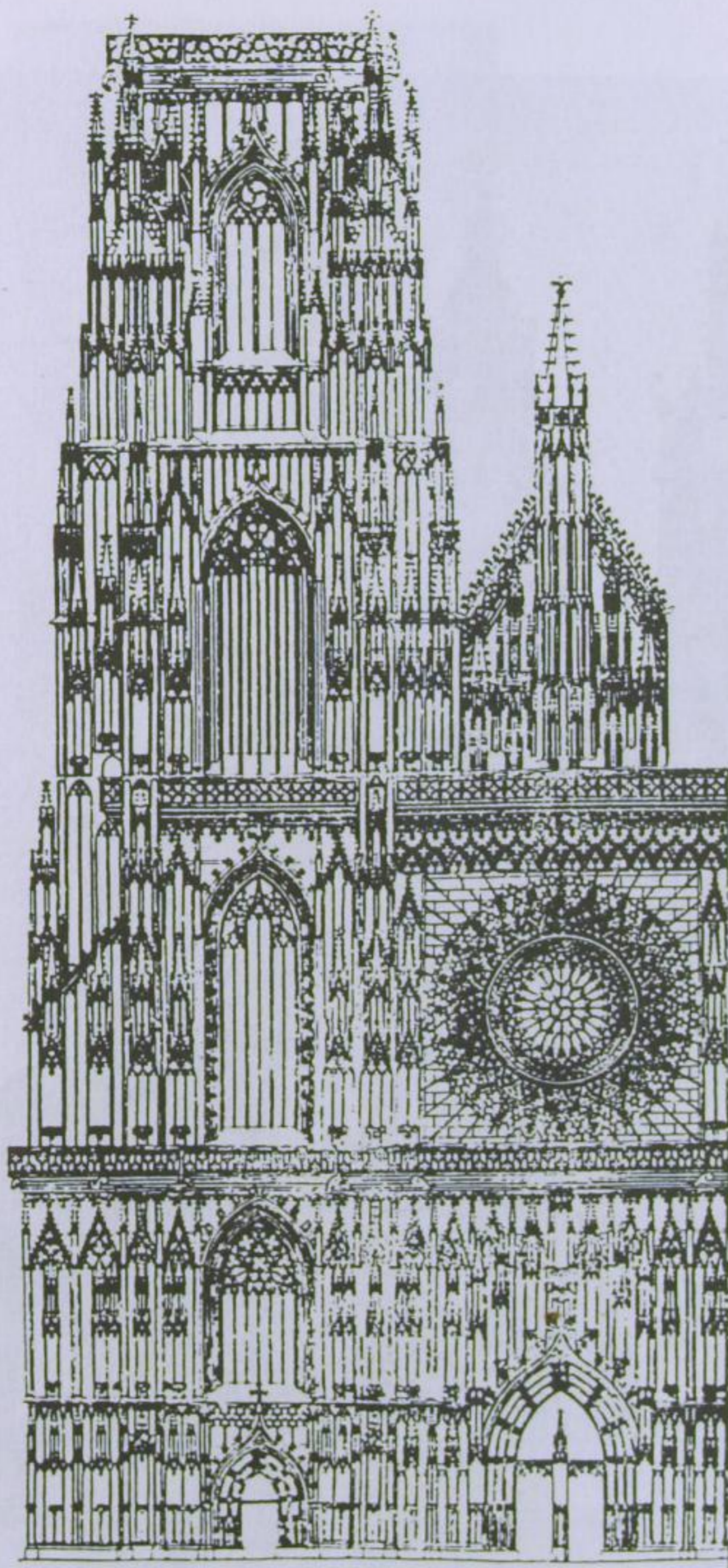


Abb.8 Regensburg, Dom sogn. Zweiturmplan in einer Nachzeichnung v. H. Rosemann 1924
Originalhöhe 278,5 cm, Regensburg, Domschatz.

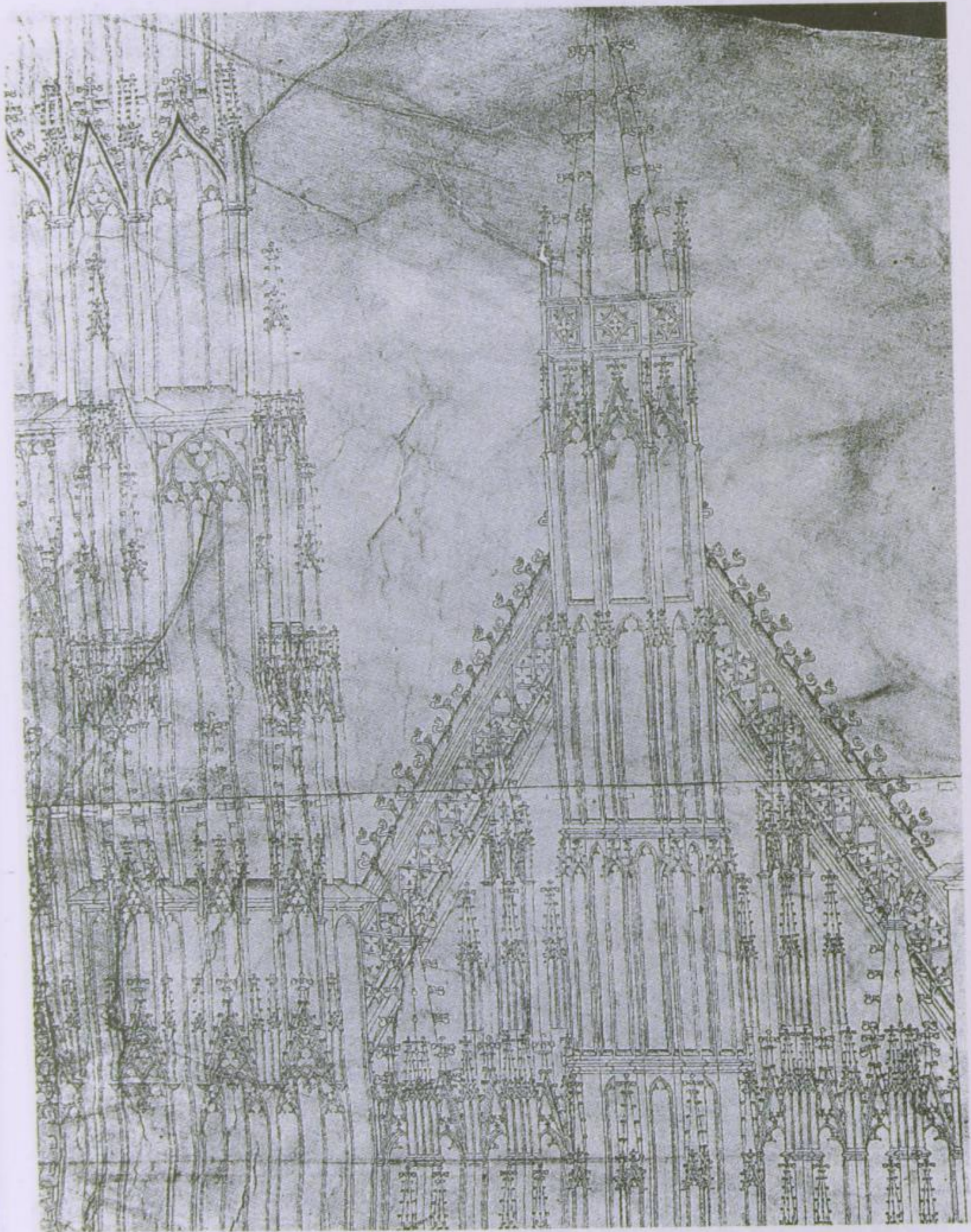


Abb.9 Regensburg, Dom sogn. Zweiturmplan, Ausschnitt des Mittelgiebels aus dem Originalriß.

Werner Lorenz

Der Blick des Produzenten - Zur Genealogie bautechnischen Zeichnens

In der Baukunst heißt Industrialisierung auch Verlust des Baumeisters, heißt Aufspaltung der Praxis in Praktiken, heißt Architekt und Ingenieur. Der Ingenieur beginnt, sich über seine eigene Zeichnungskultur zu definieren. Nur solange der Eisenbau noch den Mustern des Holz- oder Massivbaus verhaftet ist, bleibt der Architekt in der Lage, den Produzenten seine visualisierten Handlungsanweisungen zu geben. Mit zunehmender Differenzierung einer eigenen eisernen Grammatik aber verliert er diese Kompetenz. Der Produzent beginnt zu zeichnen- die traditionelle Hierarchie Architekt-Produzent zerbricht. Das hat mit Macht und Machtverlust zu tun, und eben davon läßt sich lesen in den neuen Konstruktionszeichnungen und ihrer Rezeptionsgeschichte.

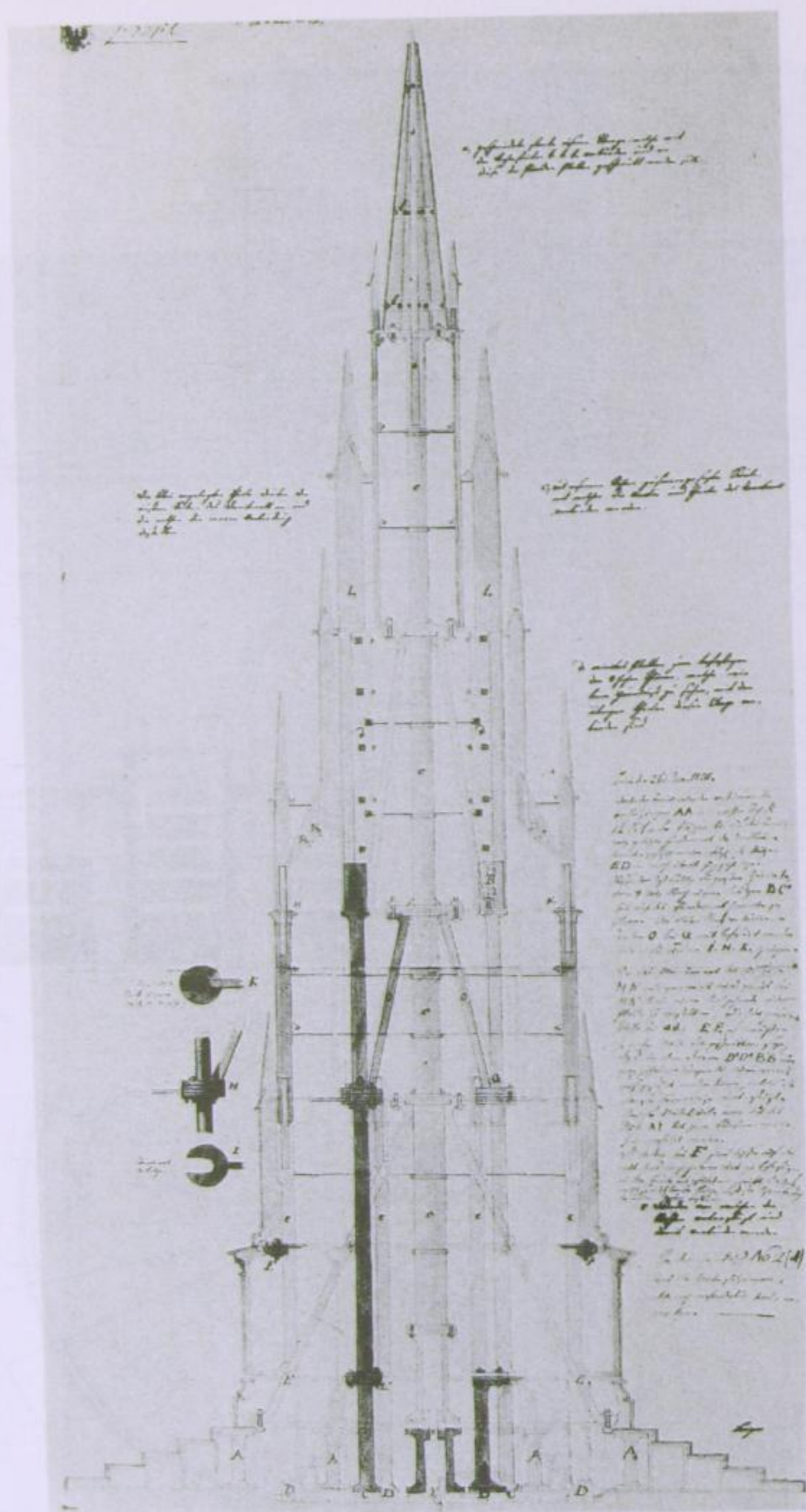


Abb.1 siehe Farbabbildungen

Abb.2 Schnitt durch das Kreuzbergdenkmal - Berlin (1819/20, gezeichnet und erläutert von Krigar mit zusätzlichen Anmerkungen Schinkels, Feder, getuscht, Kupferstich-kabinett Berlin, Inv.Nr. SM XLIV.d 321).

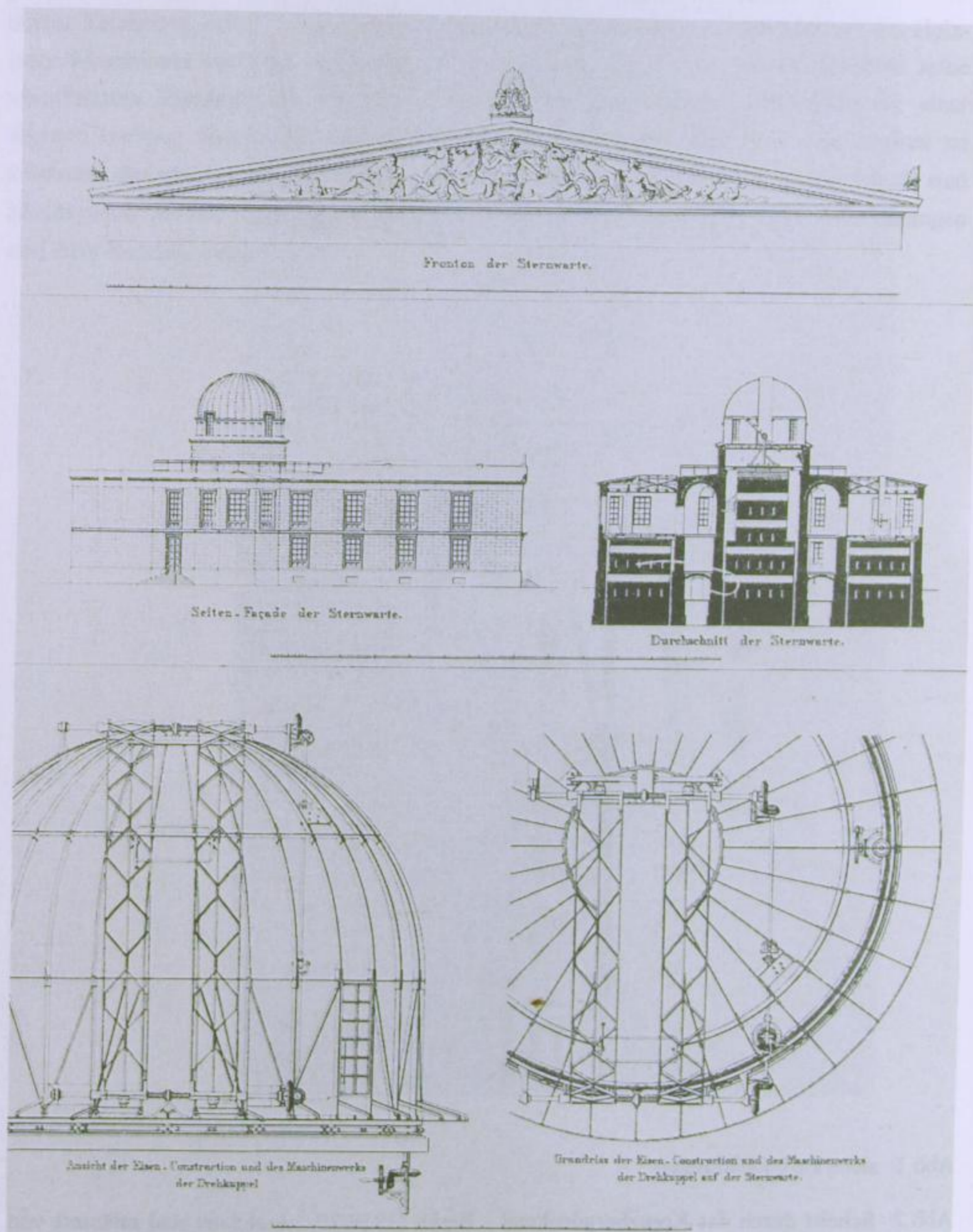


Abb.3 Darstellung der Königlich Sternwarte in der Sammlung Architektonischer Entwürfe (Schinkel, Sammlung Architektonischer Entwürfe (1866), Tfl. 142).

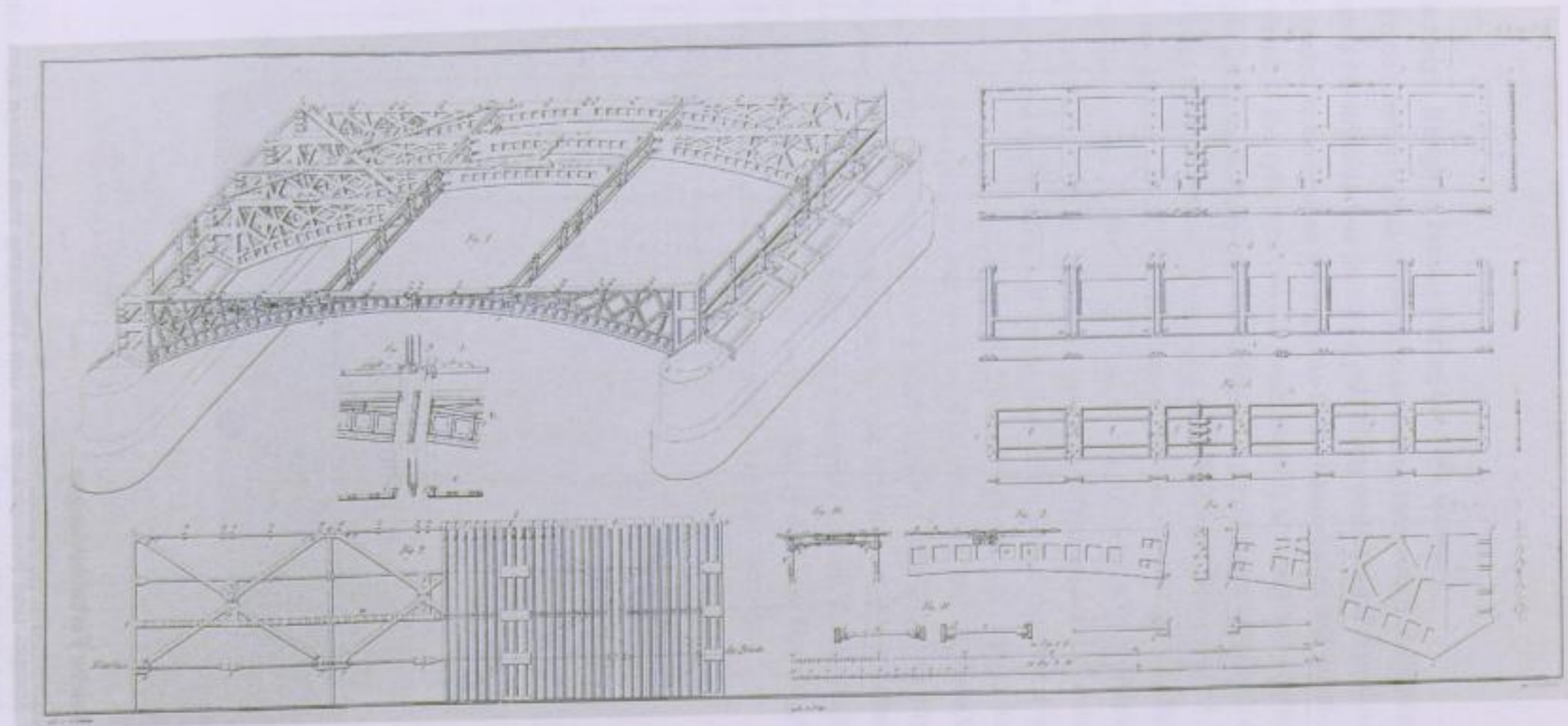


Abb.4 Eisenkonstruktion eines Joches der Langen Brücke bei Potsdam (erbaut 1822/25, Bauausführungen des Preußischen Staates (1842), Bd. 1).

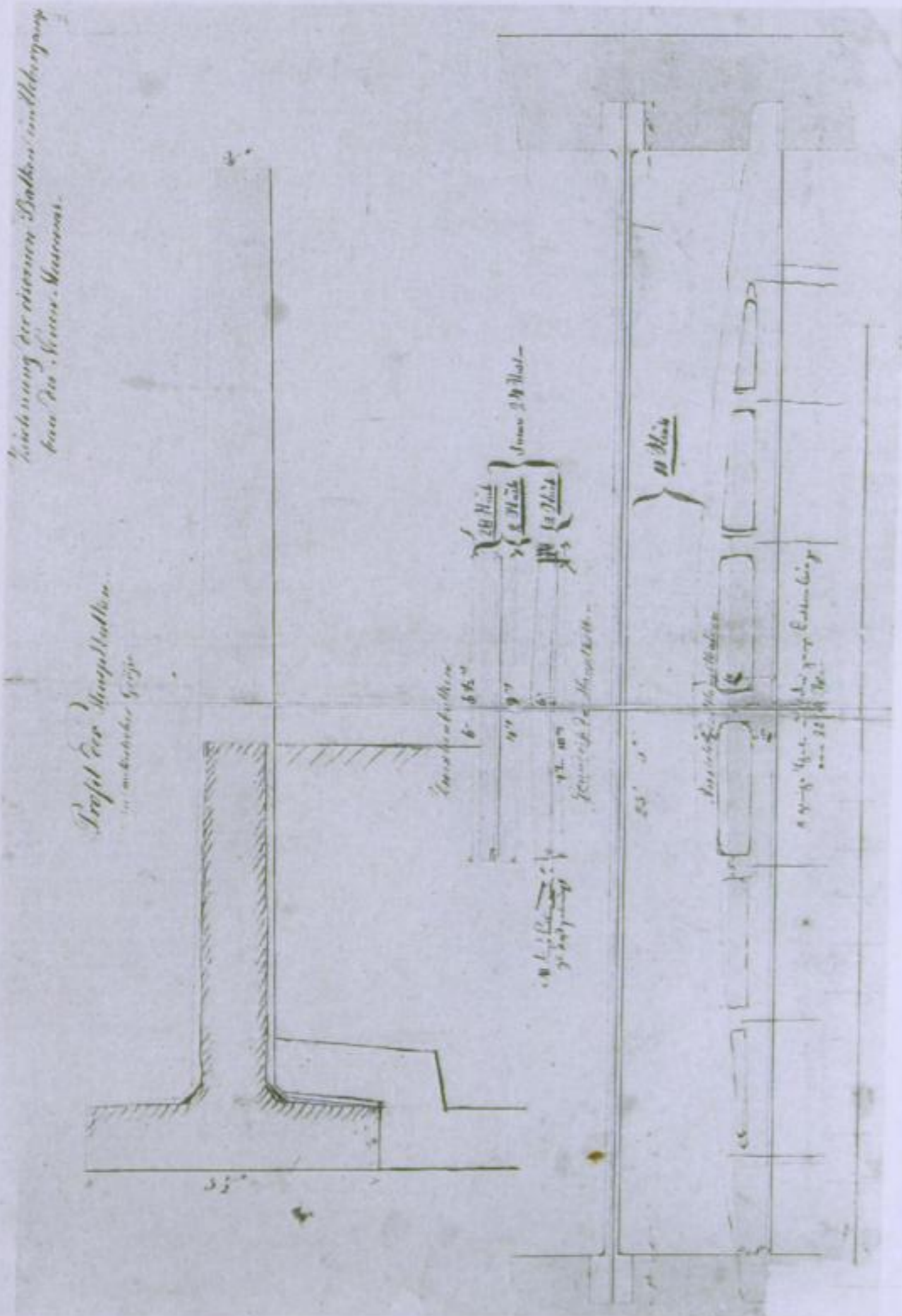


Abb.5 siehe Farbabbildungen

Abb.6 Haupt- und Nebenträger für den Übergang vom Neuen zum Alten Museum - Berlin (um 1845, Feder, farbig aquarelliert, mit Anmerkungen Borsigs, Museum für Verkehr und Technik Berlin, Borsig Archiv, Akte Neues Museum Bl. 146R).

Antoine Picon

Architectural and Technical Design in France during the 18th Century

In eighteenth century France, technological problems were getting increasingly important in the field of building. Whereas construction was seen as a part of the architectural discipline in the vitruvian Tradition, it tended to become an autonomous field of knowledge and practice. This evolution is closely related to the split between the professions of architect and engineer that was taking place at the same time. Since the Renaissance, architects and engineers used to share the same knowledge and know-how. They began to differentiate themselves¹. In this context, new themes, new interests arose. These themes and interests are inseparable from their visual expression, from design and engraving, as I would like to show in this article. More precisely, I shall deal with three of these themes and interests. The emergence of a structural conception of architecture and engineering will be the first theme I shall develop. I will then focus on the importance of a dynamic approach of building and planning problems. Engineers especially consider building as a process that must be fully mastered just as manufacturing processes. Lastly, one observes the appearance of a whole range of new questions concerning the stability of constructions. Through this appearance, what is at stake is the abandonment of the old vitruvian principles. During the first half of the nineteenth century, these principles will give way to a science of building founded on the intensive use of calculus. The enlightenment period prepared this substitution by criticising the rules inherited from the past.

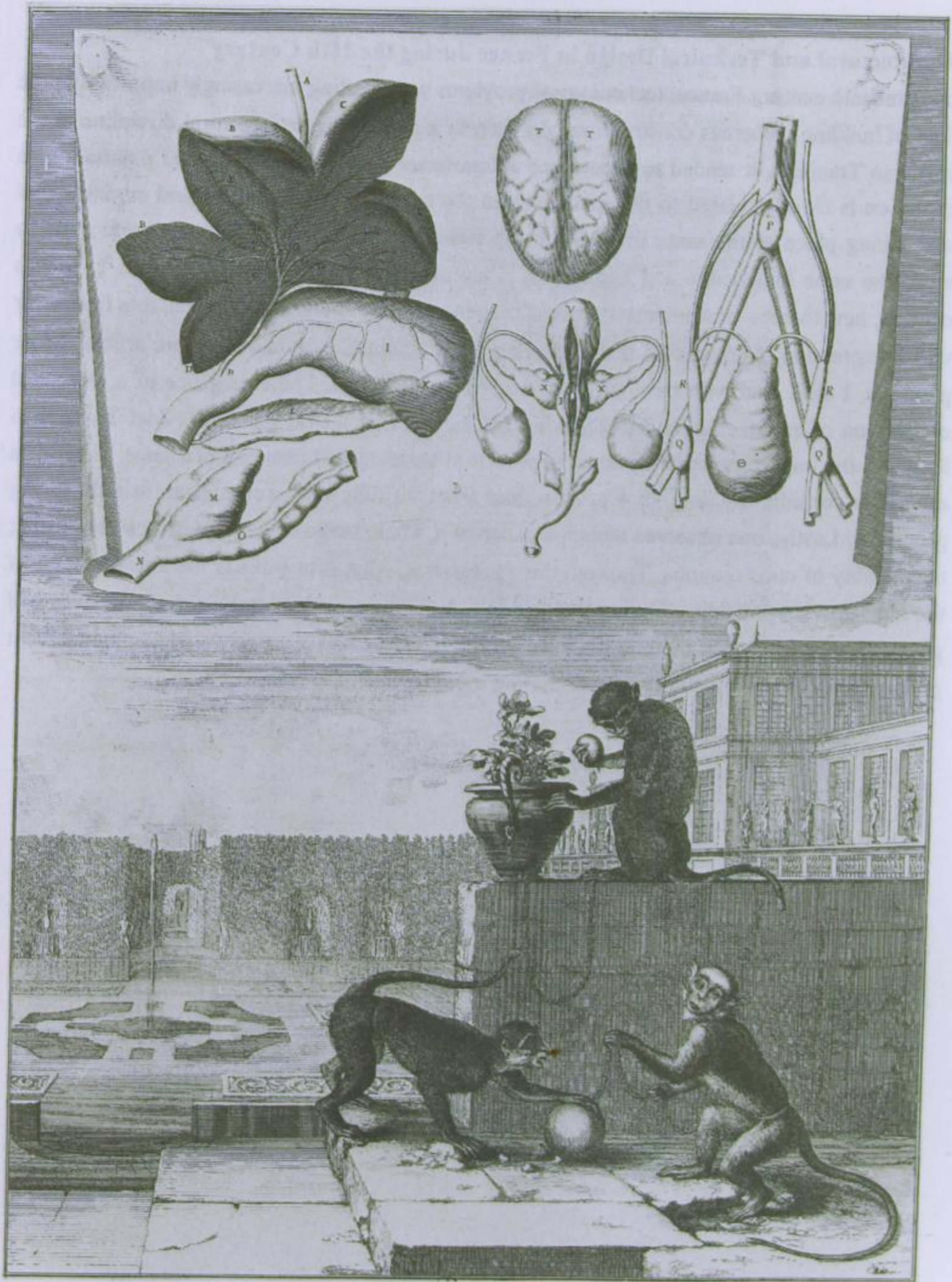


Abb.1 Monkeys. Cl. Perrault. *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des animaux*. 1676. The upper part of the plate shows the internal structure of the organs while the lower part is dedicated to the living animals.

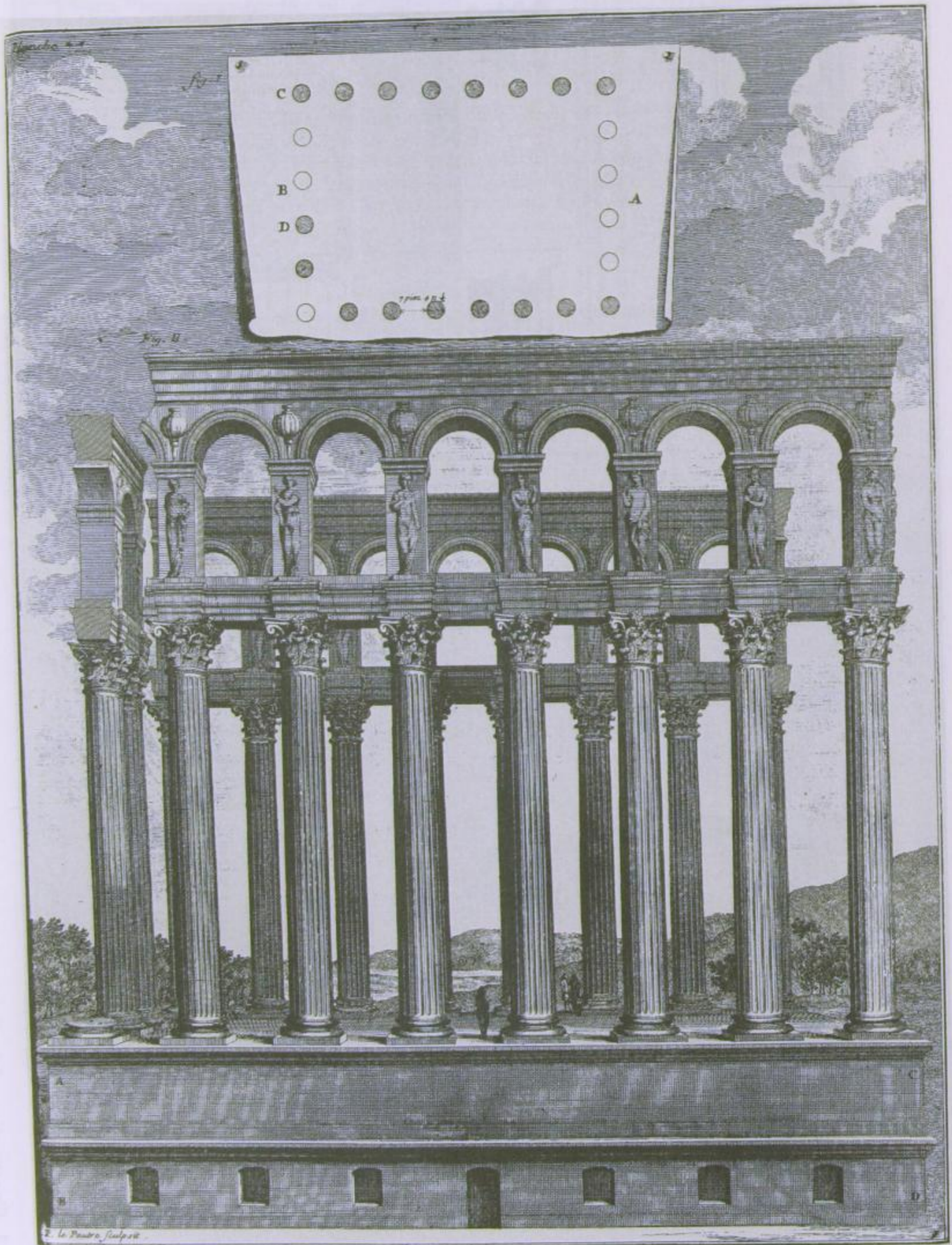


Abb.2 Roman temple known as "Les Piliers de Tuteles" in Bordeaux. Cl. Perrault. *Les dix livres de l'architecture*. 1684. This plate shows a division very similar to the one used in Perrault's anatomical treatise.

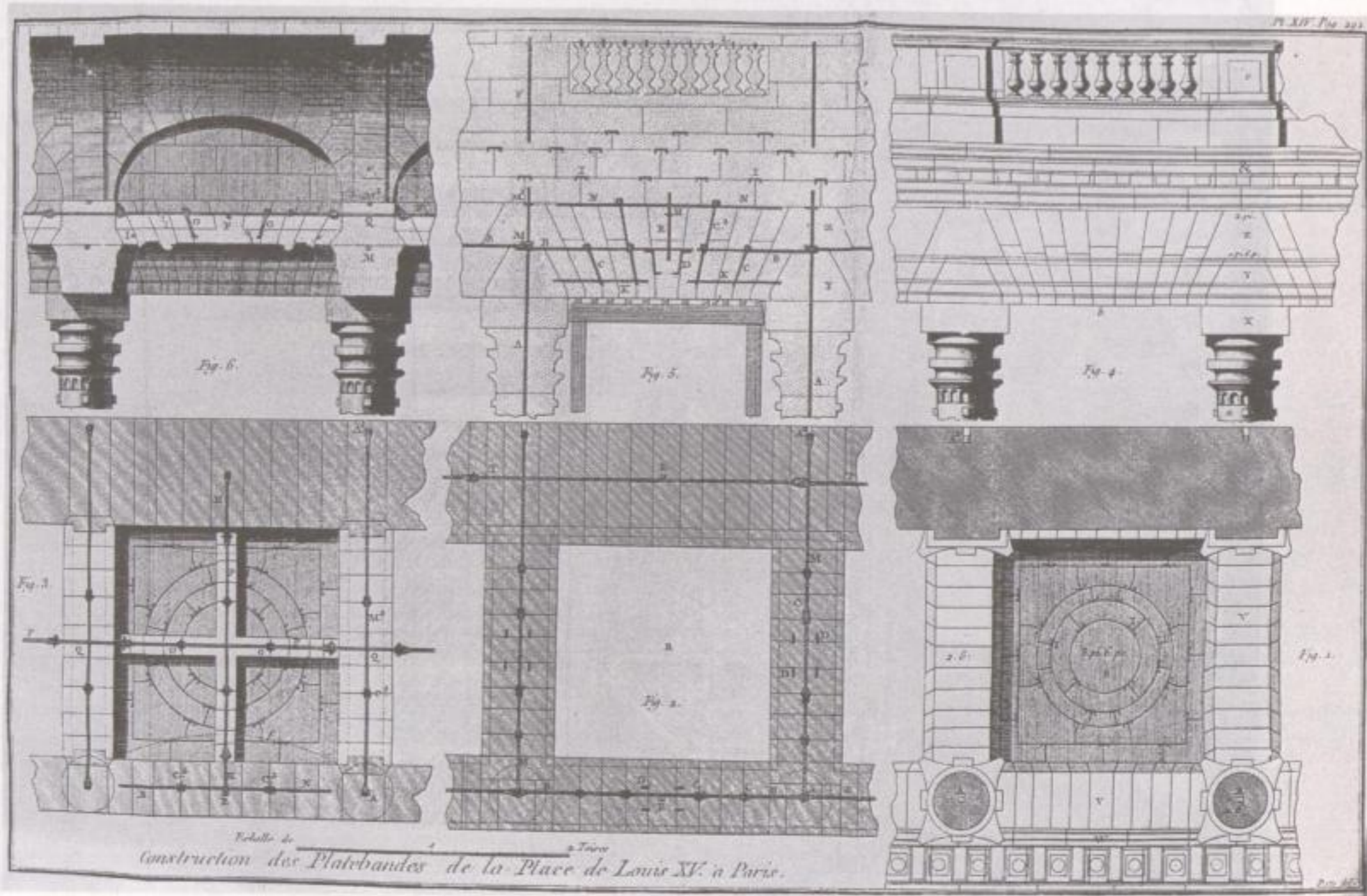


Abb.3 Construction of the lintels of Gabriel's buildings on the place Louis XV, now place de la Concorde. P. Patte. *Mémoires sur les objets les plus importants de l'architecture*. 1769. In an anatomical fashion, Patte represents the details of the iron reinforcement of the structure.

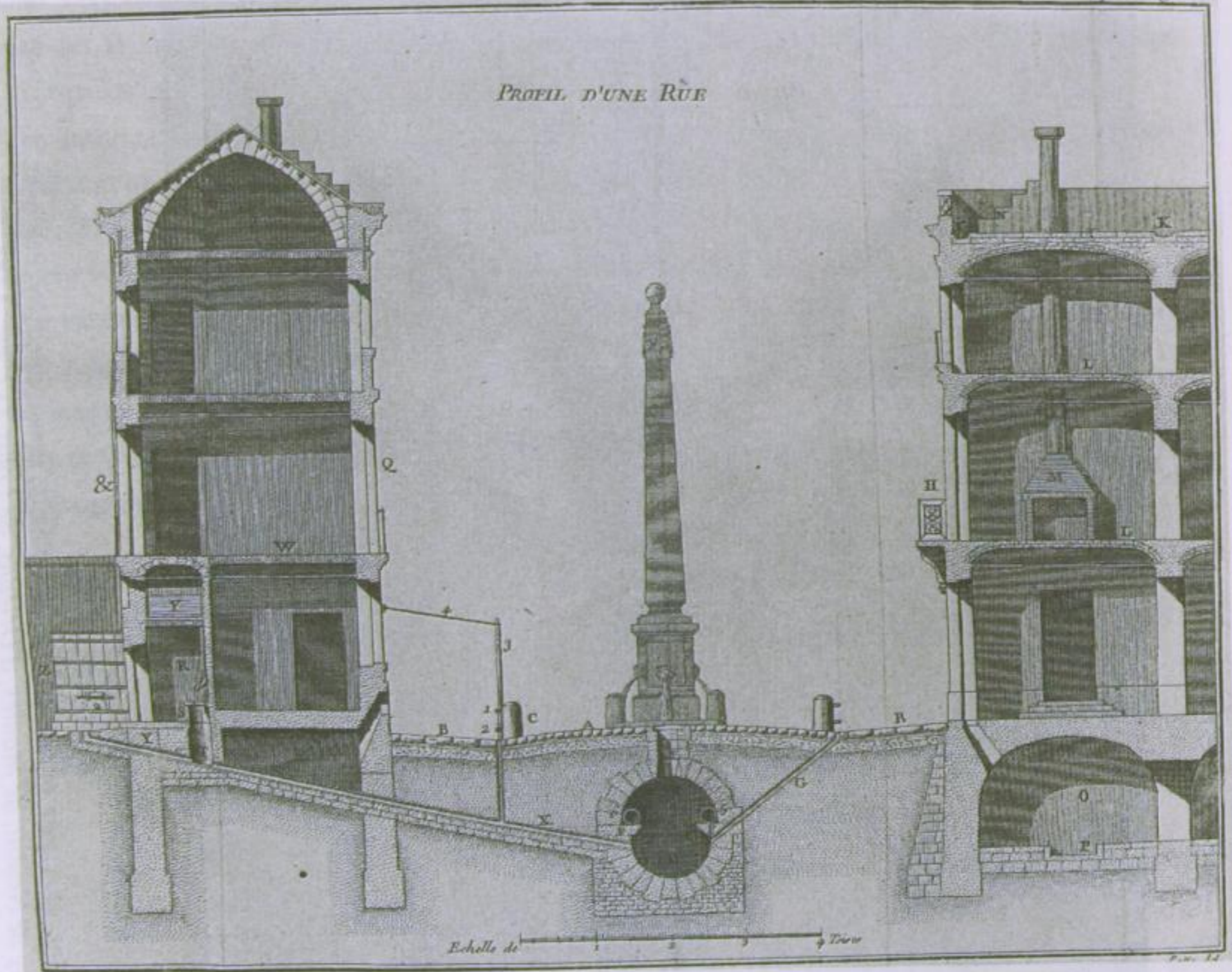


Abb.4 Cross section of a street. P. Patte. *Mémoires*. A well conceived street is nothing but a technical equipment meant for the circulation of air and water, pedestrians and vehicles.

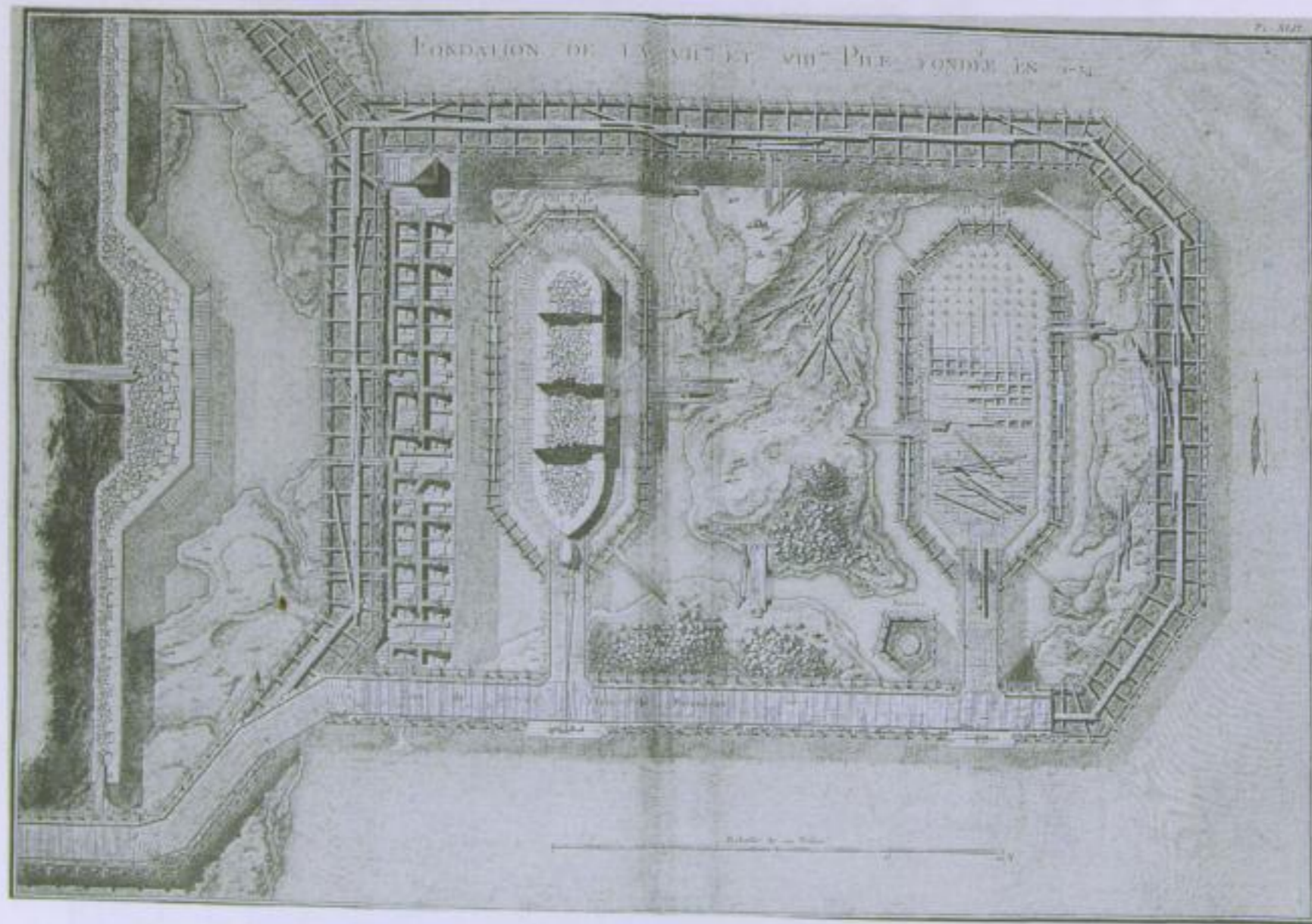


Abb.5 siehe Farbabbildungen

Abb.6 Detail of the foundation of a pier of the bridge of Orléans, constructed by Perronet. J.-R.Perronet. *Description des projets et de la construction des ponts de Neuilli, de Mantes, d'Orléans, de Louis XVI, etc.* 1788. Each stage of the construction process is represented in detail.

Holger Falter

Die Sicherheit im bautechnischen Gestaltungsprozeß, eine Frage des Erkennens und der Darstellung

Der Beitrag befaßt sich mit dem Einfluß der Standsicherheit auf die Ausbildung historischer Wölbkonstruktionen des Mittelalters und der Renaissance. An einigen Beispielen wird der Vorgang des Erkennens von Standsicherheit aufgezeigt und deren Darstellung in einer Entwicklung von Erfahrung in Wort, Bild, Zeichnung und Modellversuch beschrieben.

Beim Bau der gotischen Kathedralen konnten die Baumeister über das Beobachten von Rissen und Verformungen erkennen, daß das mechanische Verhalten des Spitzbogens günstiger ist als das des Halbkreisbogens. Dieses Wissen beeinflusste die Wahl der Gewölbegeometrie und die Konstruktion.

Die Interpretation der Darstellungen im Bauhüttenbuch des Villard de Honnecourt geben Auskunft über den Bauprozeß in der Gotik und deren Umgang mit der Technik.

Beim Bau der Domkuppel in Florenz nutzte Brunelleschi die Erkenntnisse über das Tragverhalten von Spitzbögen und übertrug diese auf den Kuppelbau.

Die verschiedenen Entwürfe für die Kuppel von St. Peter in Rom zeigen, wie die Standsicherheit zunehmend die Entwürfe prägte.

Leonardo da Vinci erkannte die Ursachen für die aufgetretenen Risse in Kuppeln und stellte dies in Wort und Bild dar. Poleni ist der erste, der an Hand eines Modellversuches qualitative Aussagen über die Standsicherheit machte.

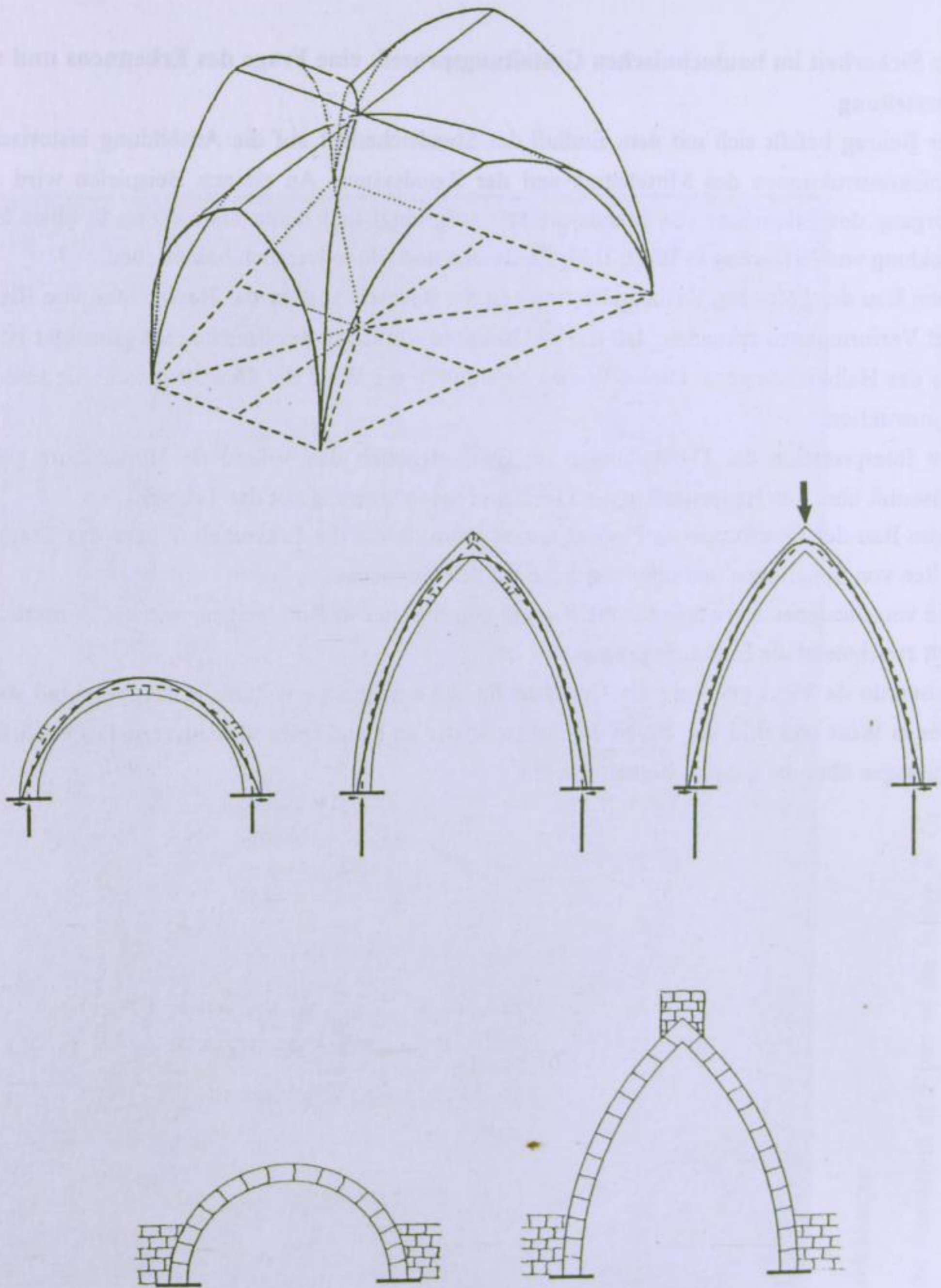


Abb.1 Kreuzgewölbe mit Spitzbögen und horizontalen Scheiteln über trapezförmiger Fläche
171.

Abb.2 Stützlinienverläufe in einem Halbkreisbogen und einem Spitzbogen.

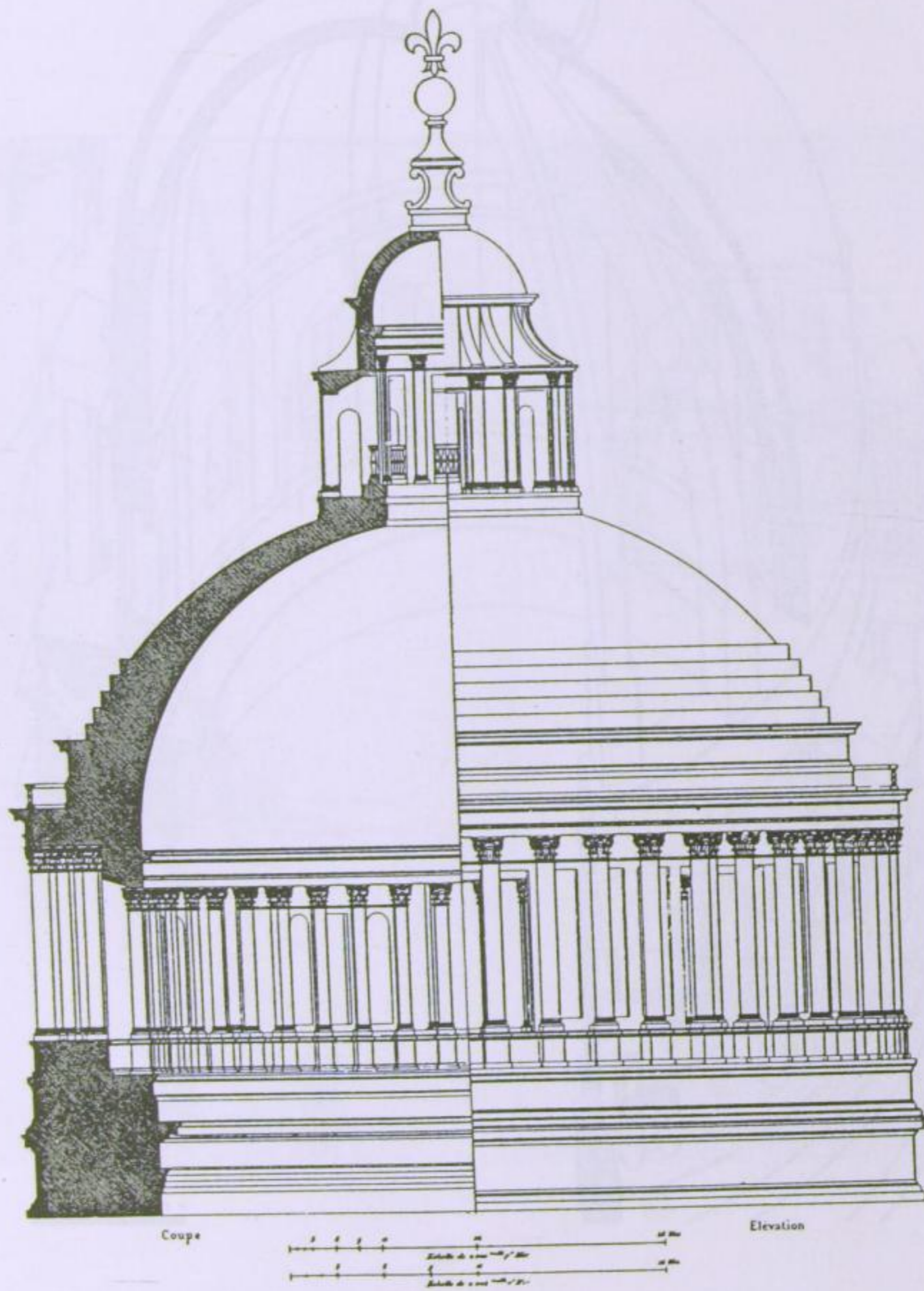


Abb. 3 Bramantes Entwurf für die Kuppel von St. Peter in Rom /4/.

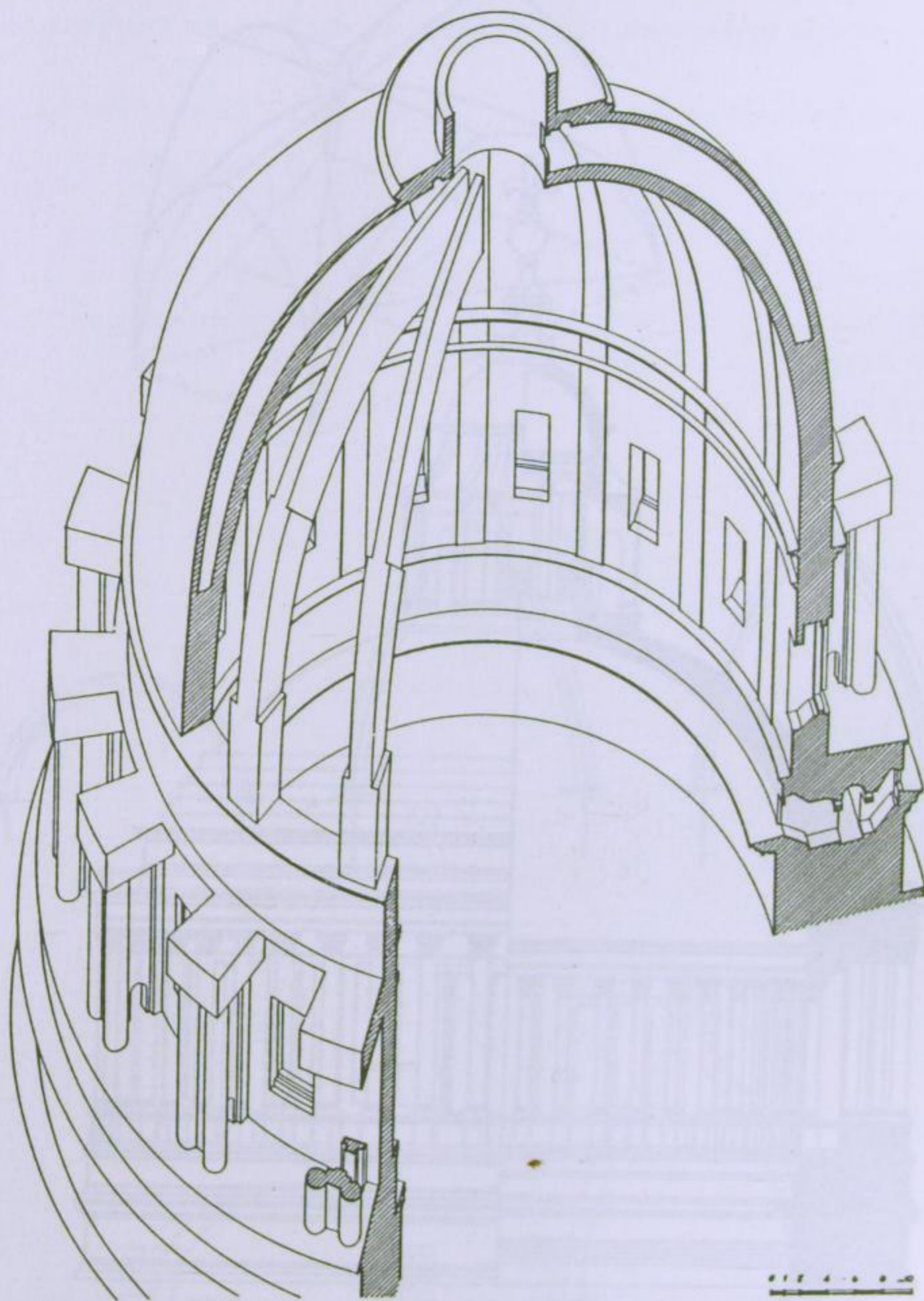


Abb.4 Schematisierte Zeichnung der ausgeführten Kuppel von St. Peter /4/.

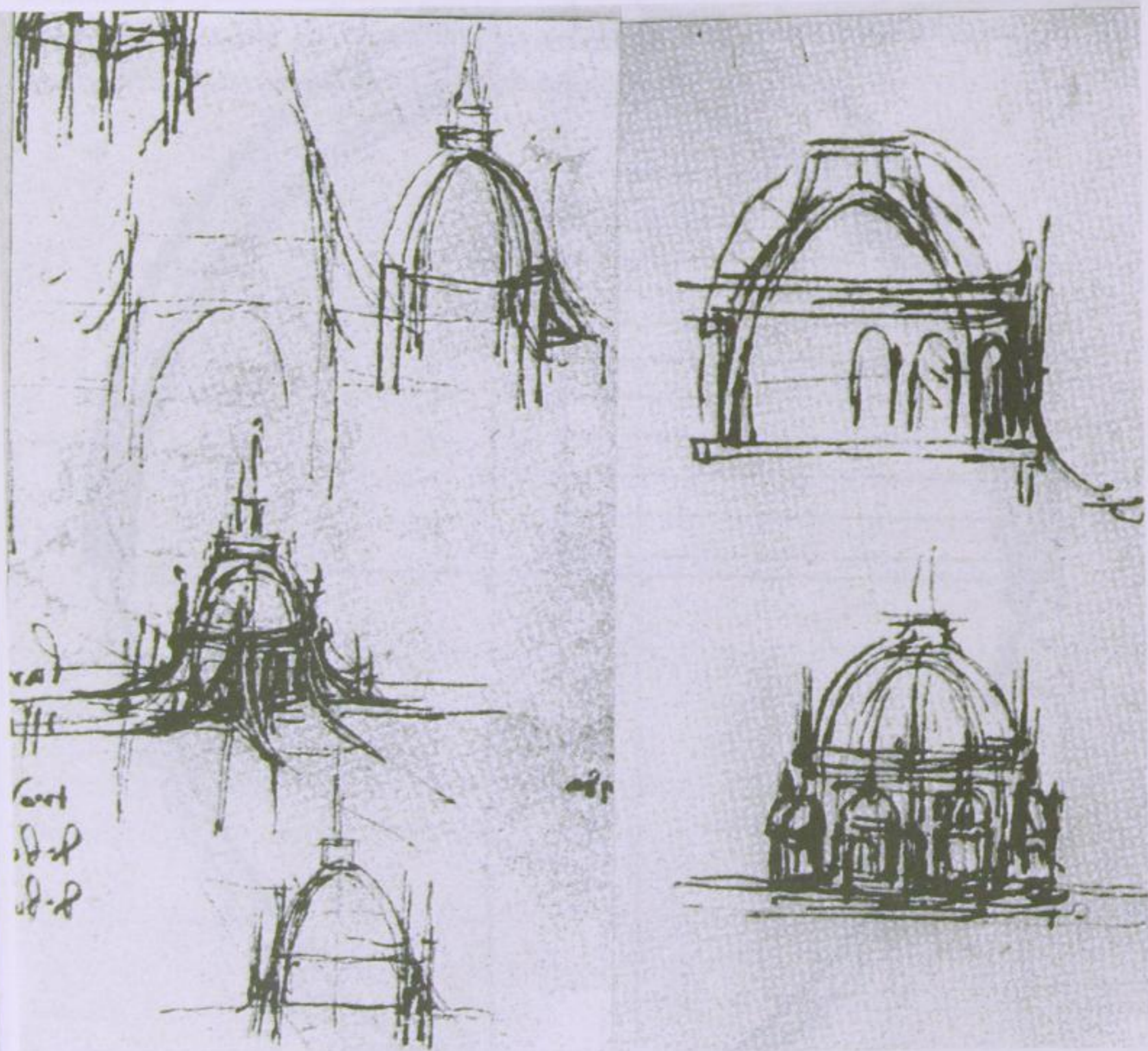


Abb.5 Prinzip der Abstützung einer Kuppel mittels umgedrehter Bögen nach Leonardo da Vinci /11/.

Abb.6 Prinzip der Abstützung einer Kuppel mittels seitlich angrenzender Halbkuppeln /11/.

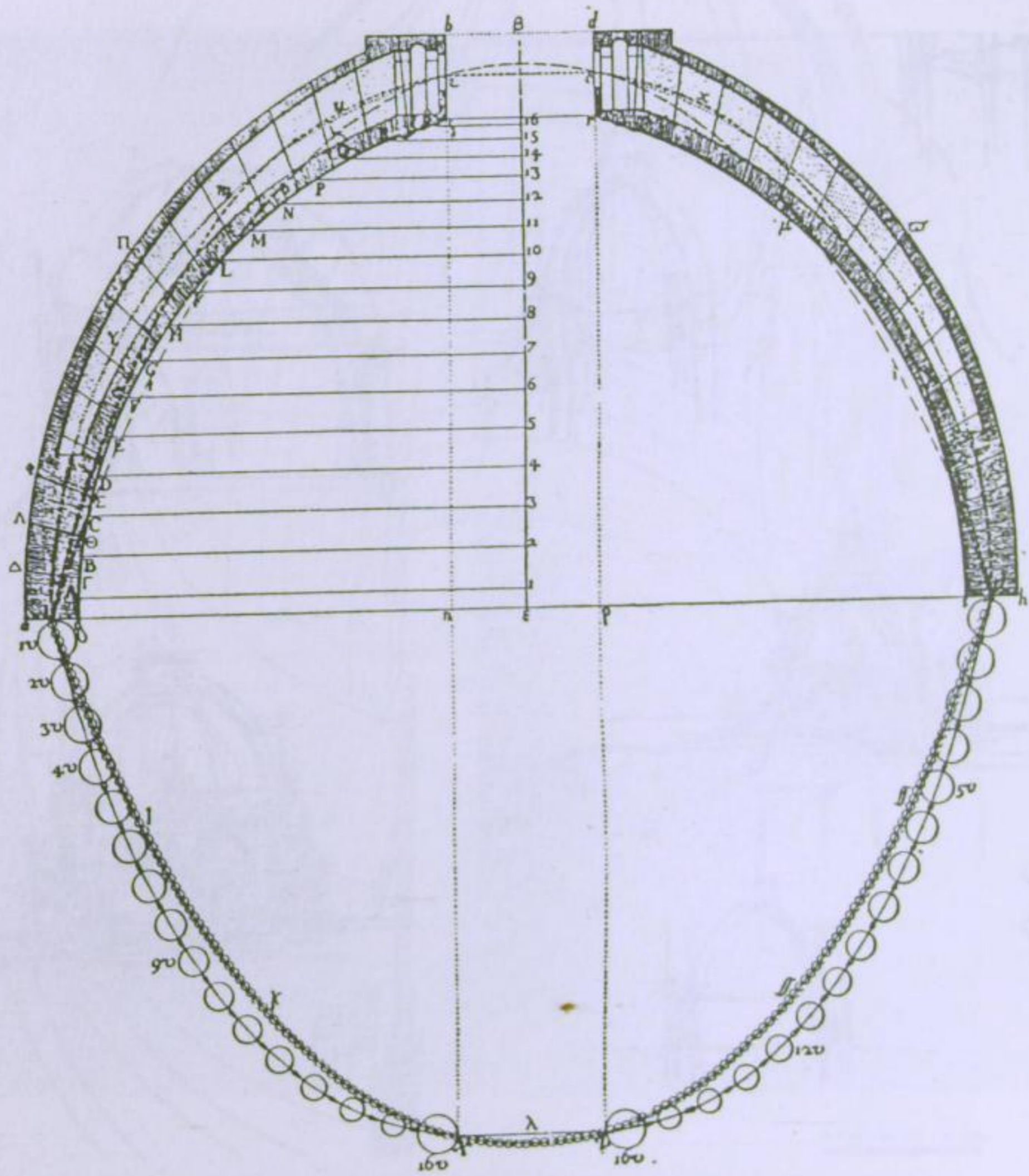


Abb.7 Modellversuch von Giovanni Poleni zur Ermittlung der Ursachen für die Risse in der Kuppel des Petersdoms /4/.

Edoardo Benvenuto

Ursprung und Entwicklung der graphischen Berechnung von Konstruktionen

Dieser Beitrag analysiert in philosophischer Akzentuierung die Entwicklung graphostatischer Methoden im Ingenieurwesen, die in der Renaissance mit Proportionslehren anhoben, dann zur Entstehung von analytischen Verfahren führten und schließlich in der Graphostatik des ausgehenden 19. Jahrhunderts als eine "Proportionslehre der Bauingenieure" in eine Rückgewinnung der Anschaulichkeit mündeten. Das geometrische Modell wird als "semantisches System" aufgefaßt, das sich der Kraft der Anschaulichkeit bedient. In der Tat erfolgte die Entfaltung der Mechanik lange Zeit in der Form von Proportionslehren, die ihre Gesetze oft in einem geometrisch deutbaren Analogon formulierten.

Andreas Kahlow

Jean Victor Poncelet und die Schwierigkeiten des visuellen Denkens in den klassischen Technikwissenschaften

Poncelet gilt zugleich als der Begründer der Projektiven Geometrie wie auch als einer der Väter der technischen, insbesondere der "industriellen" Mechanik. Seine für die Ingenieurwissenschaften wichtigen Leistungen werden oft von seiner Arbeit in der Geometrie abgekoppelt. Die von ihm kultivierten Techniken des Projizierens und Schneidens waren jedoch für beide Gebiete gleichermaßen bestimmend, die Verbindung von Kräfte- und Seilpolygon wurde später zum Kern der Graphostatik.

Die Grundlegung einer Verwissenschaftlichung der Technik lag für ihn - wie auch für Coriolis und Poincaré - ganz im Gegensatz zur "vornehmen" reibungsfreien Mechanik eines Lagrange in der Verbindung zum technischen Objekt über die Veranschaulichung.

An der "Ecole d'Application de l'Artillerie et du Génie" in Metz wurde die Tradition der geometrieorientierten Mongeschen Ausbildung von Mézière weitergepflegt, als sie in ihrer zwischenzeitlichen Heimstätte, der Ecole polytechnique, schon durch den Einfluß von Laplace und Cauchy zurückgedrängt worden war.

Die Ecole d'application in Metz war dank Jean Victor Poncelet zwischen 1820 und 1840 für das Gebiet der technischen Mechanik zu einer der modernsten technischen Lehranstalten Europas geworden. Experimentelle Arbeiten waren ein Bestandteil der Forschung an dieser Schule und wurden in diesem Zeitraum relativ großzügig finanziert. An systematischen Versuchen zum Wasserausfluß (mit Lesbros), zur Reibung (Morin) als auch zur Materialfestigkeit war Poncelet maßgeblich beteiligt.

Mit dem "Mémorial de l'Officier du Génie" und mit seinen lithographierten Vorlesungsskripten übte er eine starke Wirkung auch auf Deutschland aus.

Über Carl Culmann, der kurze Zeit an der Militärschule in Metz studierte, gelangte die so vorbereitete Methode der "Graphostatik" in den praktischen Anwendungsbereich des Ingenieurwesens und bildete eine neue Berechnungsgrundlage zunächst für Stabtragwerke, aber befruchtete ebenso die Erddrucktheorie.

Die wissenschaftliche Position der "synthetischen" Geometrie, deren Mitbegründer Poncelet war, jedoch war innerhalb der Mathematik ungleich schwächer, als die späteren Erfolge der Graphostatik glauben lassen. Die große Zeit der Analysis hatte begonnen. Die Konflikte und Schwierigkeiten auf diesem Gebiet der Mathematik hatten Poncelet auf einen Lebensweg geführt, der zur Anwendung der Möglichkeiten Projektiven Geometrie auf Probleme des Ingenieurwesens führte.

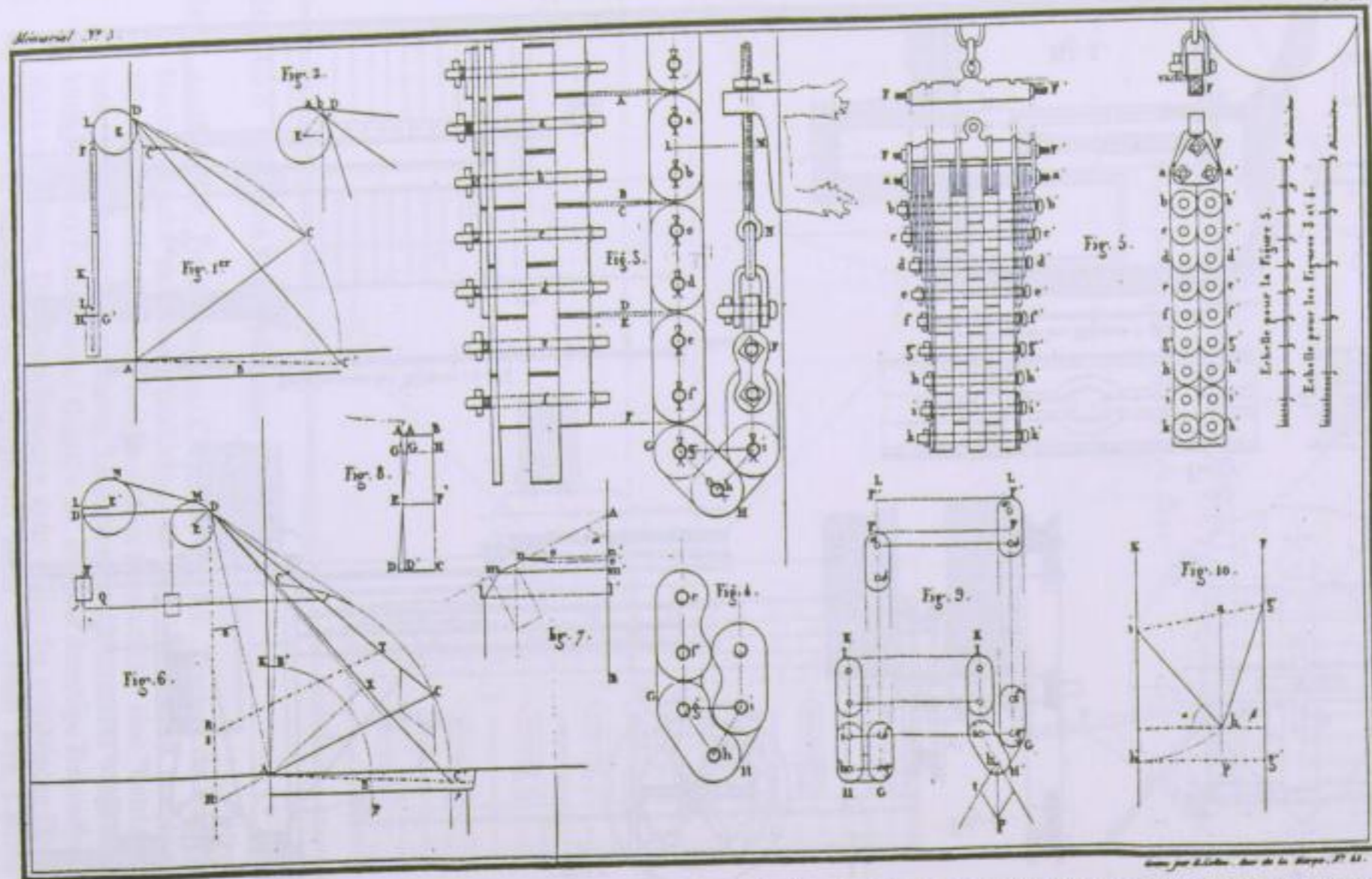


Abb.1 Mémoire sur une pont-levis à contre-poids variables, par M. le Capitaine du Génie PONCELET Aus: Mémorial de l'officier du Génie 5(1822), 51-123 Den zahllosen Veröffentlichungen zum Thema "Zugbrücke" im "Mémorial" lag eine handfeste Ingenieurfragestellung zugrunde, die das mechanische Problem des Gleichbleibens der Handkraft beim Hochkurbeln der Brücke beinhaltete: Poncelet löste es mit einem lageveränderlichem Gegengewicht in Form einer sich verjüngenden Kette. Die Brücke war für die Sicherung des Osteingangs, der "Port d'Allemagne" der Befestigungsanlagen von Metz gedacht. In der Abbildung (pl.III) wird das Gegengewicht in Form einer sich verjüngenden Kette dargestellt.

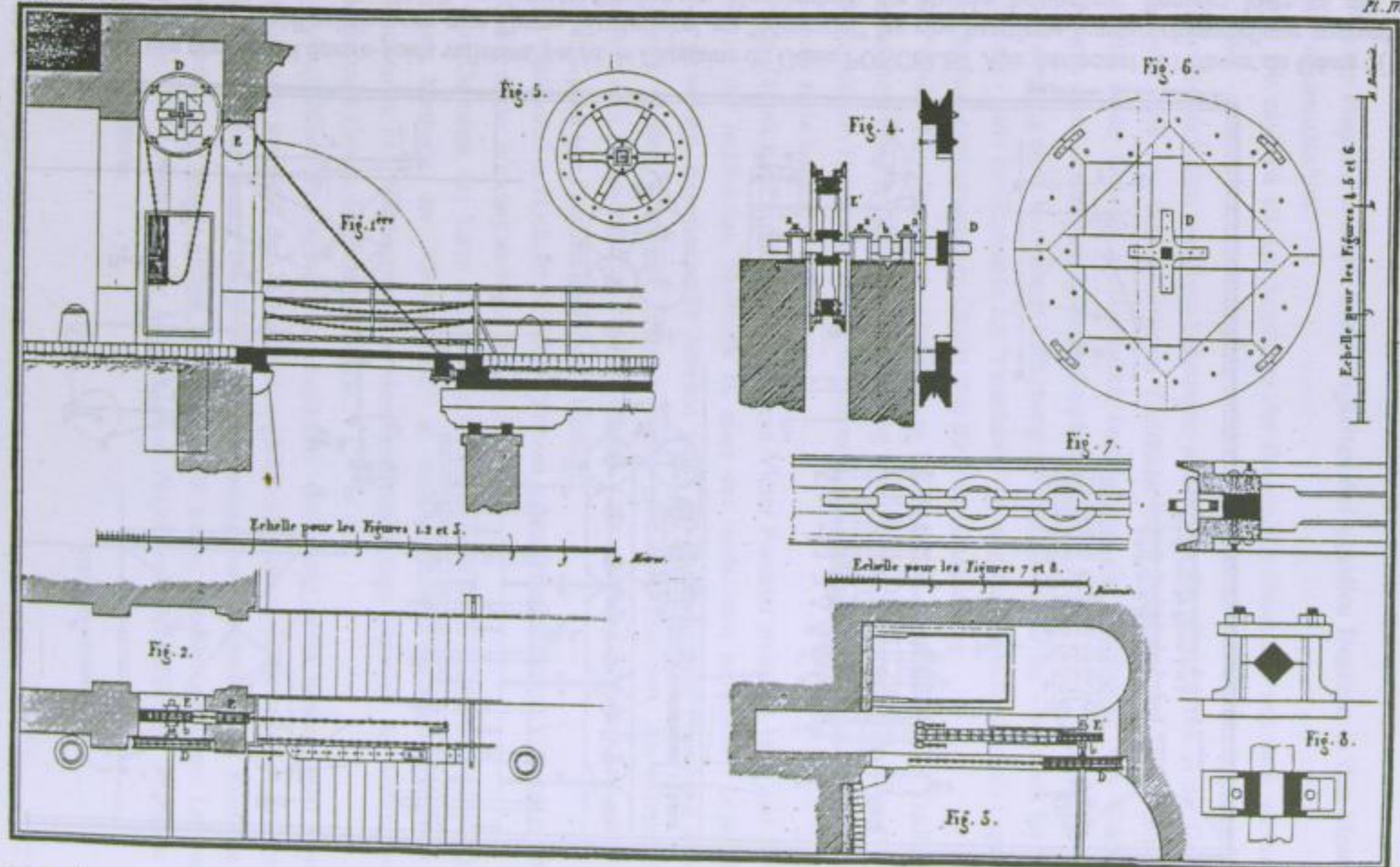


Abb.2 Mémoire sur une pont-levis à contre-poids variables, par M. le Capitaine du Génie PONCELET Aus: Mémorial de l'officier du Génie 5(1822), 51-123. Die Abbildung (pl.IV) zeigt die Klappbrücke im Schnitt (vergl. Abb.1).

21-153 Die Abbildung (pl.IV) zeigt die Klappbrücke im Schnitt (vergl. Abb.1)

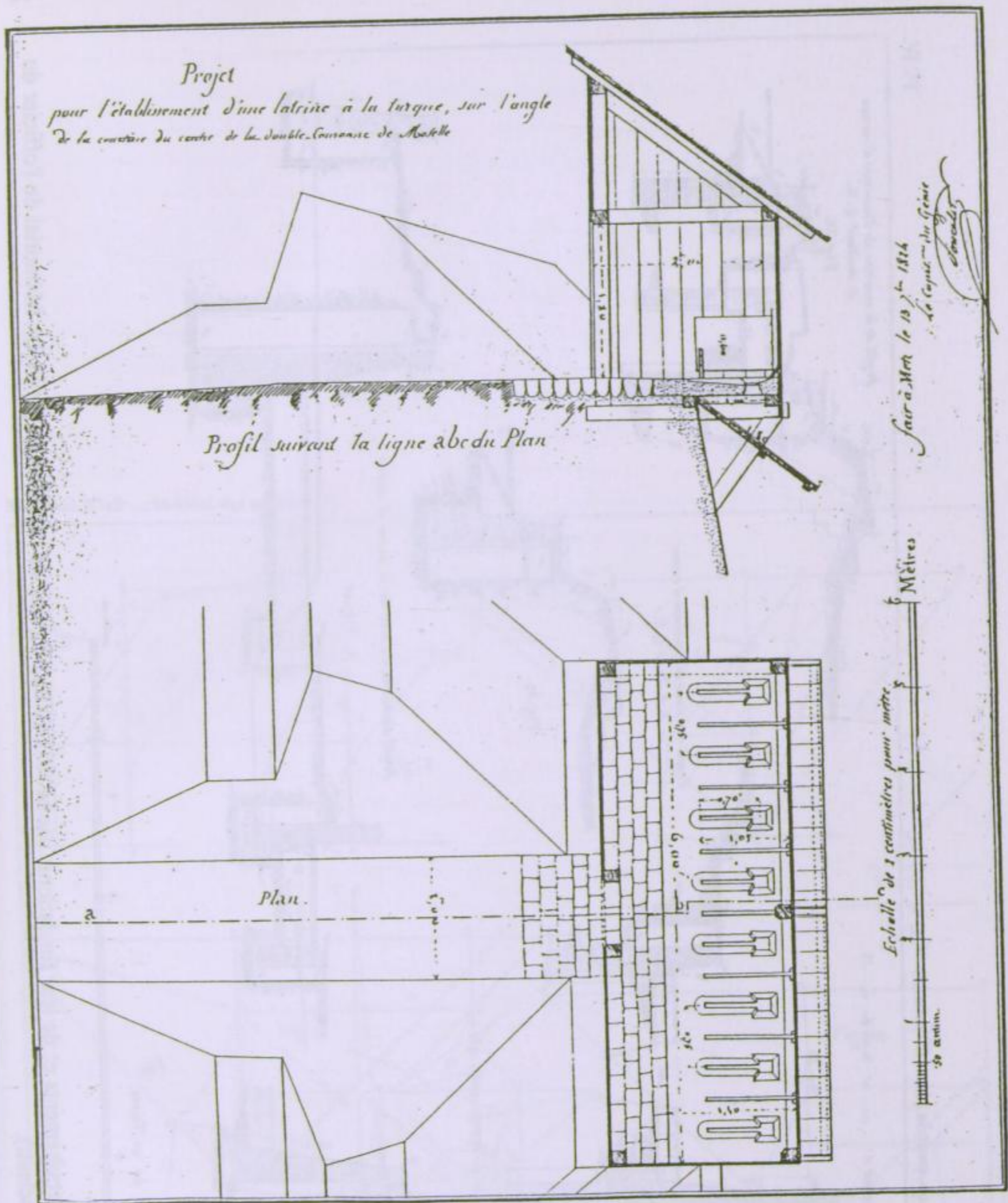


Abb.3 bis 6 siehe Farbabbildungen

Abb.7 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 1, doc 10: Travaux de Poncelet. Im Poncelet-Nachlaß findet sich eine Abbildung, die den Unterschied der Ingenieurarbeit zum Wissenschaftsideal in jener Zeit besonders verdeutlicht: eine "Latrine à la turque". Hier wendet ein theoretisch versierter Techniker mit Akkuratess wissenschaftliche (und fast künstlerische) Praktiken auf Objekte an, die eine derartige Behandlung offenbar bisher nicht verdienten. Die Rechtfertigung dafür bildet der militärische Hintergrund. Wer die Rolle von Epidemien in Kriegszeiten kennt, beurteilt eine Latrine anders als ein Mathematiker oder ein Architekt. Die Latrine wurde von Capitain Poncelet am 13. Juli 1824 in Metz gezeichnet. Im gleichen Jahr folgte er einem Ruf als Professor für "Angewandte Mechanik" an diese Militärschule.

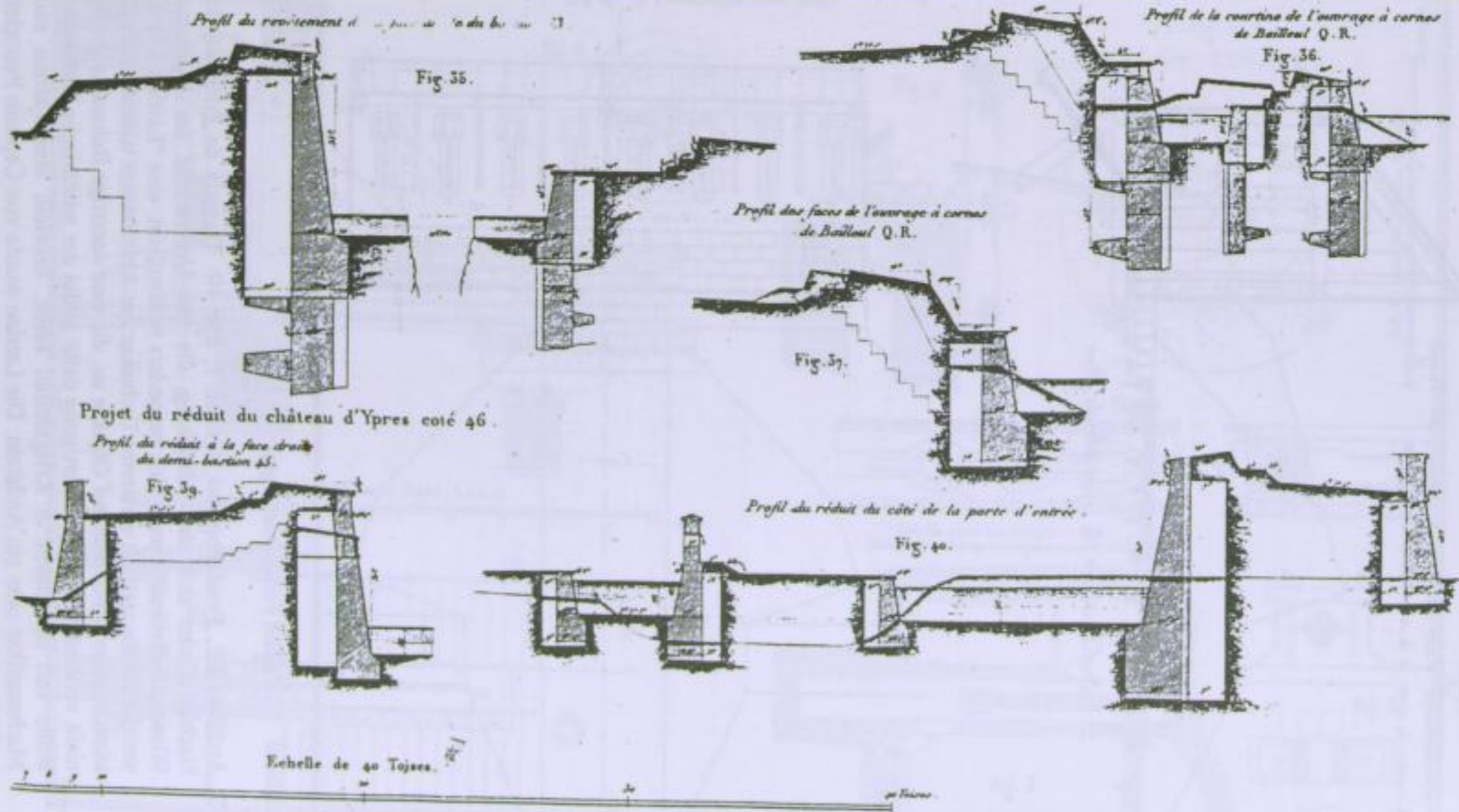


Abb.8 Mémoire sur la stabilité des revêtements et de leur fondations; par M. PONCELET, chef de bataillon du génie. In: Mémorial de l'officier du Génie 13(1840) pl. III (Ausschnitt).

Mémorial N° 13 — Stabilité des revêtements.

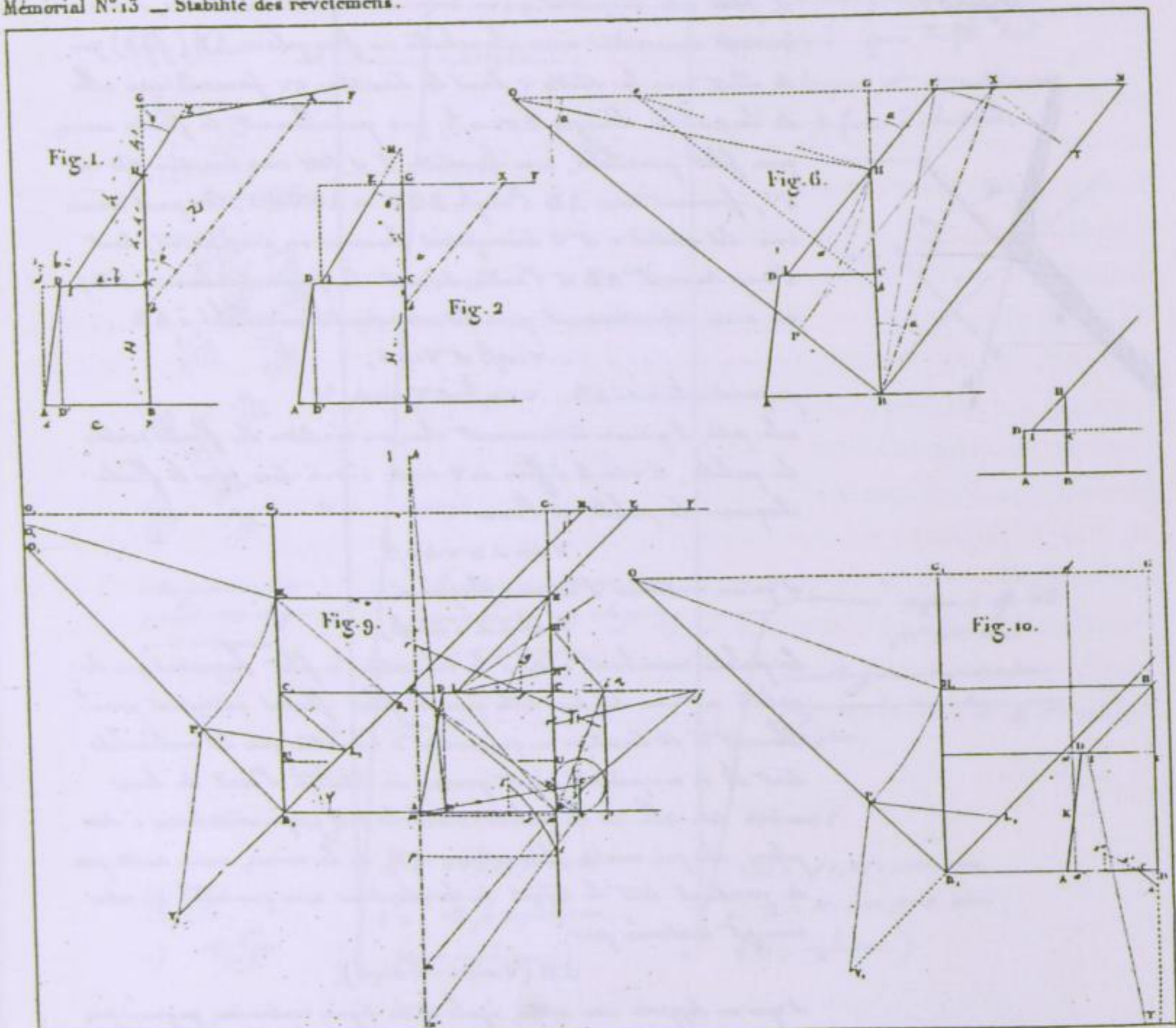
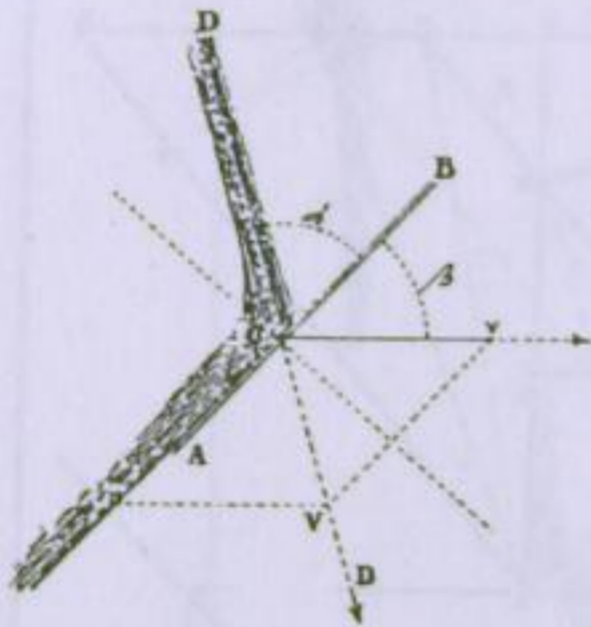


Abb.9 Mémoire sur la stabilité des revêtements et de leur fondations; par M. PONCELET, chef de bataillon du génie. In: Mémorial de l'officier du Génie 13(1840) pl.IV (Ausschnitt).

il sera évidemment impossible d'éviter les pertes de force vive: or, ce but est parfaitement rempli par les roues hydrauliques à mouvement de rotation continu, et par conséquent leur supériorité sur les balanciers hydrauliques et autres machines à mouvement alternatif se trouve à l'avance démontrée, pour tout cas où la machine doit posséder une certaine vitesse. Mais si la vitesse est indifférente, on arrivera encore à des résultats très-approchés du maximum d'effet absolu, en diminuant les vitesses V , v et w simultanément, puisque la réaction deviendra sensiblement nulle. Cette diminution de toutes les vitesses est donc la condition générale de l'établissement des moteurs à mouvement alternatif.

Expressions de la perte de force vive qui se fait à l'instant où le fluide atteint le récepteur

Figure 2.



10). Examinons en particulier la condition de

$$u = 0;$$

et, pour cela, supposons qu'en arrivant sur la machine, l'eau vienne rencontrer une planchette ou face plane AB (fig 2) qui se meut avec la vitesse v dans la direction cv formant avec celle de la palette l'angle $BCv = \beta$; que parallèlement, le fluide arrive, par filets parallèles, avec la vitesse V et sous une direction cd ou cV , formant avec AB l'angle BCD ou $ACV = \alpha$. On peut concevoir les vitesses v et V décomposées chacune en deux autres, dont l'une suivant AB et l'autre suivant la perpendiculaire à AB; on aura respectivement pour les composantes parallèles à AB ...

$$\dots \dots \dots v \cos \beta \text{ et } V \cos \alpha,$$

$$\text{perpendiculaires à AB} \dots v \sin \beta \text{ et } V \sin \alpha;$$

cela posé, il y aura évidemment choc, ou réaction du fluide contre la palette, si $v \sin \beta$ diffère de $V \sin \alpha$; c'est-à-dire, que le fluide choquera la palette si l'on a

$$V \sin \alpha > v \sin \beta,$$

et qu'au contraire il en sera choqué si

$$V \sin \alpha < v \sin \beta,$$

la palette marchant alors à la rencontre du filet. Supposons que la palette ait une étendue telle que les filets fluides en sortent parallèlement à sa direction ce qui revient à admettre que les molécules dont ils se composent aient perdu ou totalement l'excès de leur vitesse sur celle de la palette, dans le sens perpendiculaire à son plan, chaque masse élémentaire dM de la veine, aura autre part pendant tout le temps de la réaction une quantité de mouvement mesurée par

$$dM (V \sin \alpha - v \sin \beta),$$

et qui en suppose une autre, égale et de signe contraire, gagnée par

Abb. 10 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 2, Cours de Mécanique appliquée aux Machines. 7^{ème} Section. Metz 1832, S.5. Die Lithographie erlaubte, die Abbildungen in den Text zu integrieren. Für komplizierte graphostatische Verfahren war dies von weitreichender Bedeutung. Die Herstellung von Lithographien war im Vergleich zum Holzschnitt oder Kupferstich unaufwendig. Die Auflage der in Metz gedruckten Hefte lag um 500 Exemplare. Die Abbildung demonstriert die Arbeit der "lebendigen Kräfte" an einem Wasserrad

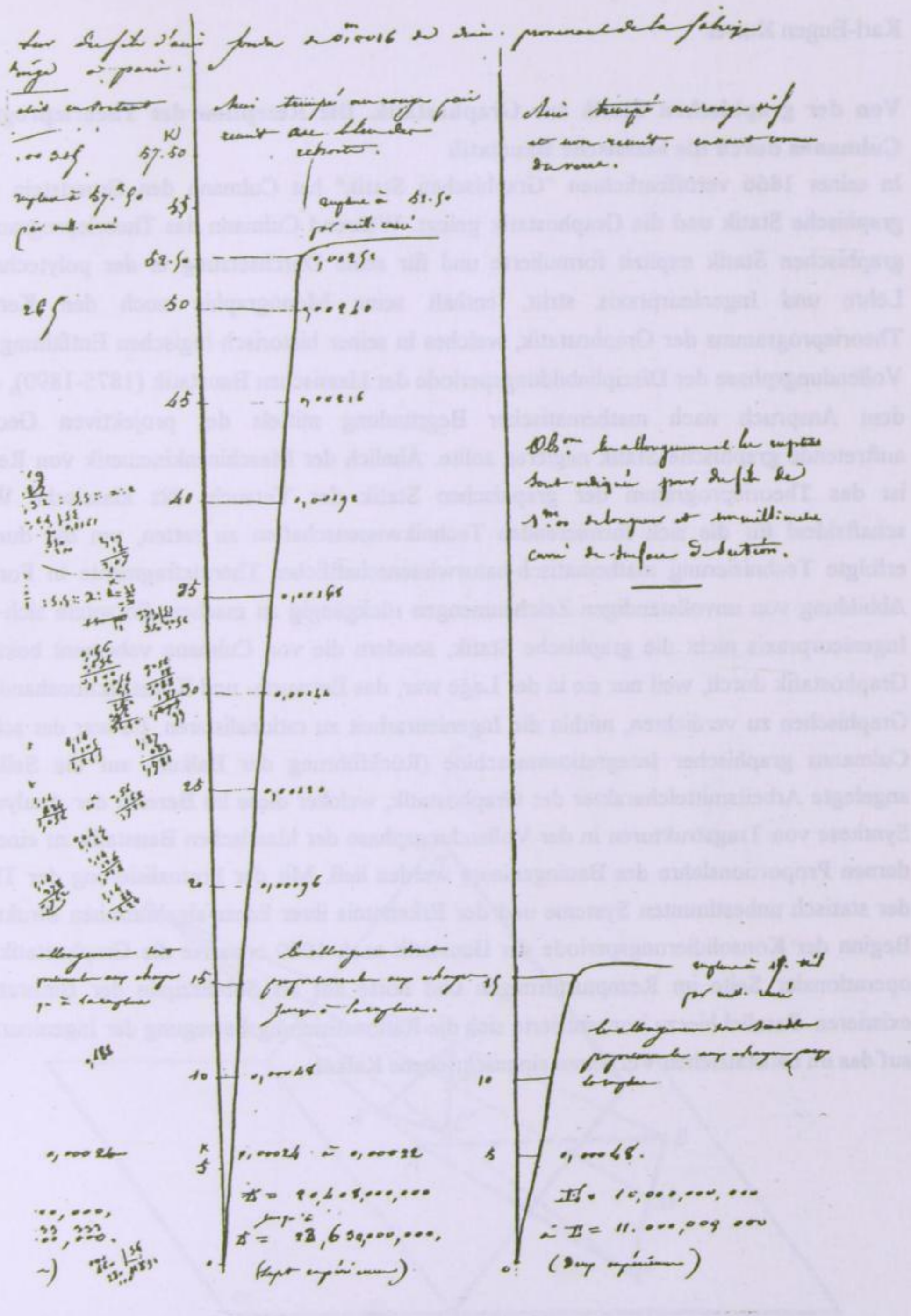


Abb.11 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 7, doc 149. Note sur les Expériences à Metz pour étudier la résistance de l'extension dans le fils métalliques. Der Berichterstatter fertigte diesen Bericht für Poncelet an; wie er schreibt, hat er mit dieser Art von Experimenten noch keinerlei Erfahrung. Die Linearität des ersten Abschnitts ist deutlich zu erkennen; die Fließgrenze ebenso. Der Elastizitätsmodul ist in der Zeichnung ohne Einheit angegeben.

Karl-Eugen Kurrer

Von der graphischen Statik zur Graphostatik. Die Rezeption des Theorieprogramms Culmanns durch die klassische Baustatik

In seiner 1866 veröffentlichten "Graphischen Statik" hat Culmann den Grundstein für die graphische Statik und die Graphostatik gelegt. Während Culmann das Theorieprogramm der graphischen Statik explizit formulierte und für seine Durchsetzung in der polytechnischen Lehre und Ingenieurpraxis stritt, enthält seine Monographie noch den Kern des Theorieprogramms der Graphostatik, welches in seiner historisch-logischen Entfaltung in der Vollendungsphase der Disziplinbildungsperiode der klassischen Baustatik (1875-1890), die mit dem Anspruch nach mathematischer Begründung mittels der projektiven Geometrie auftretende graphische Statik negieren sollte. Ähnlich der Maschinenkinematik von Reuleaux ist das Theorieprogramm der graphischen Statik der Versuch, das klassische Wissenschaftsideal für die sich formierenden Technikwissenschaften zu retten, um die durch sie erfolgte Technisierung mathematisch-naturwissenschaftlicher Theoriefragmente in Form der Abbildung von unvollständigen Zeichenmengen rückgängig zu machen. So setzte sich in der Ingenieurpraxis nicht die graphische Statik, sondern die von Culmann vehement bekämpfte Graphostatik durch, weil nur sie in der Lage war, das Entwurfs- und Konstruktionshandeln im Graphischen zu verdichten, mithin die Ingenieurarbeit zu rationalisieren. Es war der schon in Culmanns graphischer Integrationsmaschine (Rückführung der Balken- auf die Seilstatik) angelegte Arbeitsmittelcharakter der Graphostatik, welcher diese im Bereich der Analyse und Synthese von Tragstrukturen in der Vollendungsphase der klassischen Baustatik zu einer modernen Proportionslehre des Bauingenieurs werden ließ. Mit der Formalisierung der Theorie der statisch unbestimmten Systeme und der Erkenntnis ihrer linear-algebraischen Struktur zu Beginn der Konsolidierungsperiode der Baustatik nach 1900 erstarrte die Graphostatik nach operationaler Seite im Rezepturförmigen und hörte auf als Subdisziplin der Baustatik zu existieren. Parallel hierzu konzentrierte sich die Rationalisierungsbewegung der Ingenieurarbeit auf das im baustatischen Verfahren eingeschriebene Kalkül.

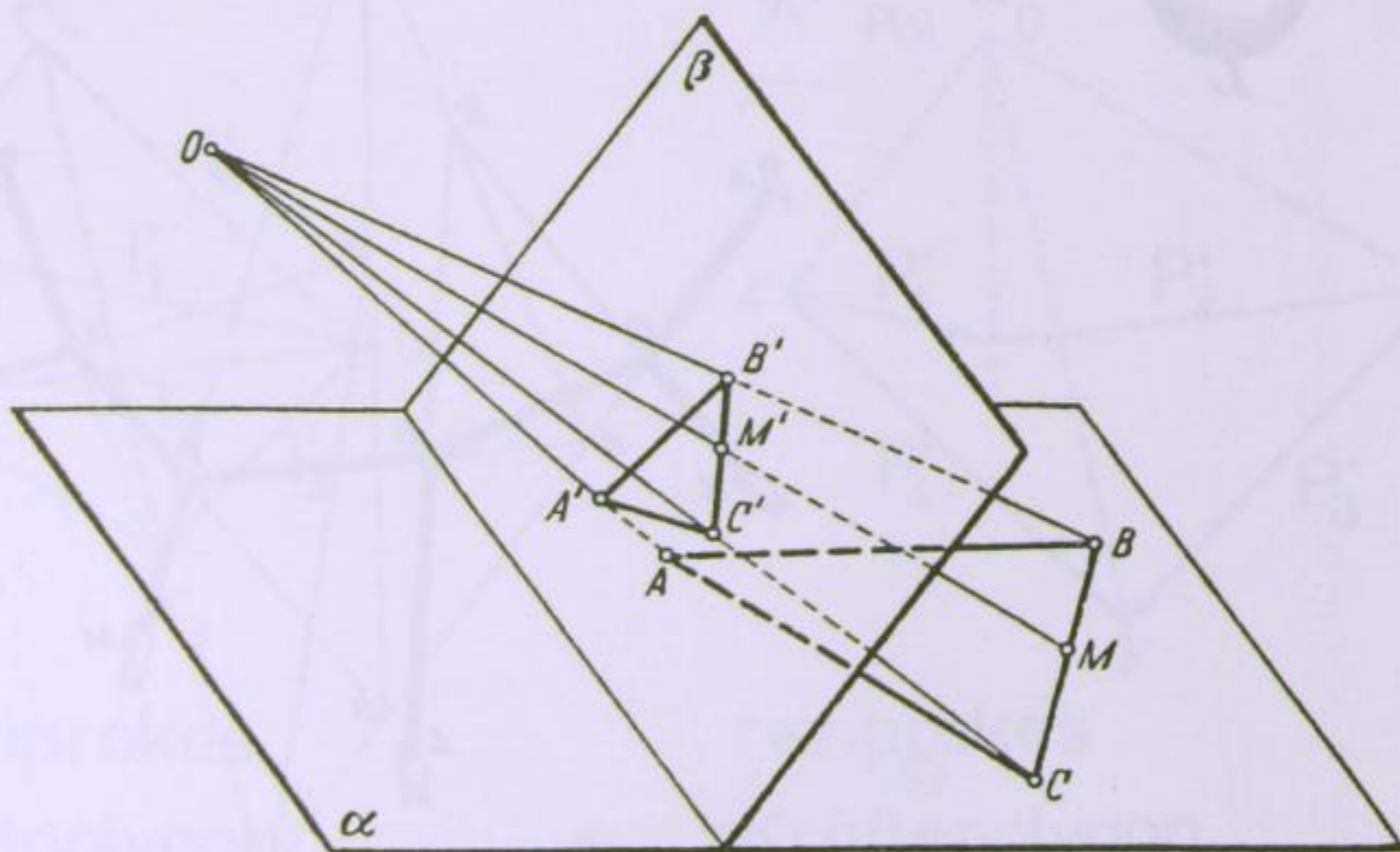


Abb.1 Zentralprojektion des Dreiecks $A'B'C'$ vom Projektionszentrum O auf die Ebene α .

Kraftigen Kette

Von der graphischen Methode der Statik, die im 17ten Jahrhundert durch Simon Stevin, im 18ten durch Leonhard Euler und im 19ten durch Augustin-Louis Cauchy entwickelt wurde, ist die Methode der Kräftepolygone ein wesentlicher Bestandteil. Diese Methode ist eine graphische Darstellung der Kräftegleichgewichte in einem System von Massen und Seilen. Sie wird durch die Konstruktion eines Kräftepolygons erreicht, das die Kräfte in einem System darstellt. Die Kräfte sind durch die Punkte A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z dargestellt. Die Kräfte sind durch die Linien A-C, B-Q, C-D, D-P, P-Q, C-K, D-L, P-M, Q-N dargestellt. Die Kräfte sind durch die Punkte E, F, G, H, I, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z dargestellt. Die Kräfte sind durch die Linien E-F, F-G, G-H, H-I, I-R, R-S, S-T, T-U, U-V, V-W, W-X, X-Y, Y-Z dargestellt. Die Kräfte sind durch die Punkte A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z dargestellt. Die Kräfte sind durch die Linien A-C, B-Q, C-D, D-P, P-Q, C-K, D-L, P-M, Q-N dargestellt. Die Kräfte sind durch die Punkte E, F, G, H, I, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z dargestellt. Die Kräfte sind durch die Linien E-F, F-G, G-H, H-I, I-R, R-S, S-T, T-U, U-V, V-W, W-X, X-Y, Y-Z dargestellt.

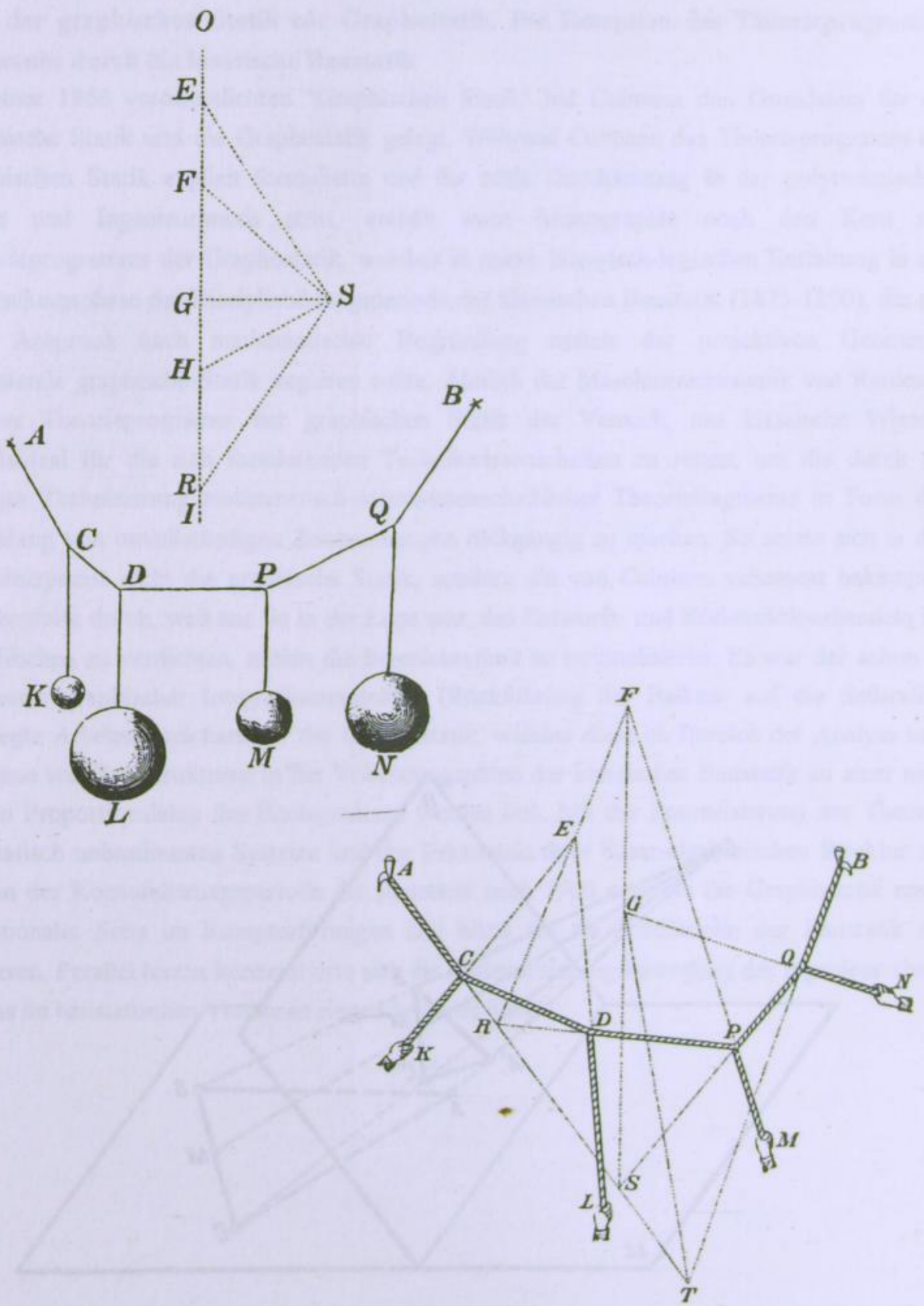
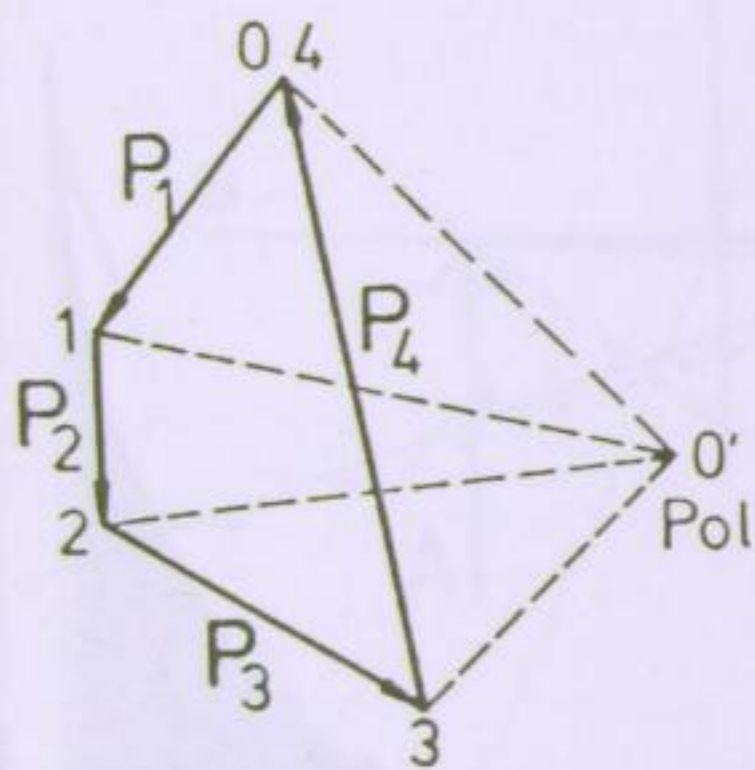


Abb.2 Seil- und Kräftepolygon nach Varignon.

Kräftepolygon



Seilpolygon

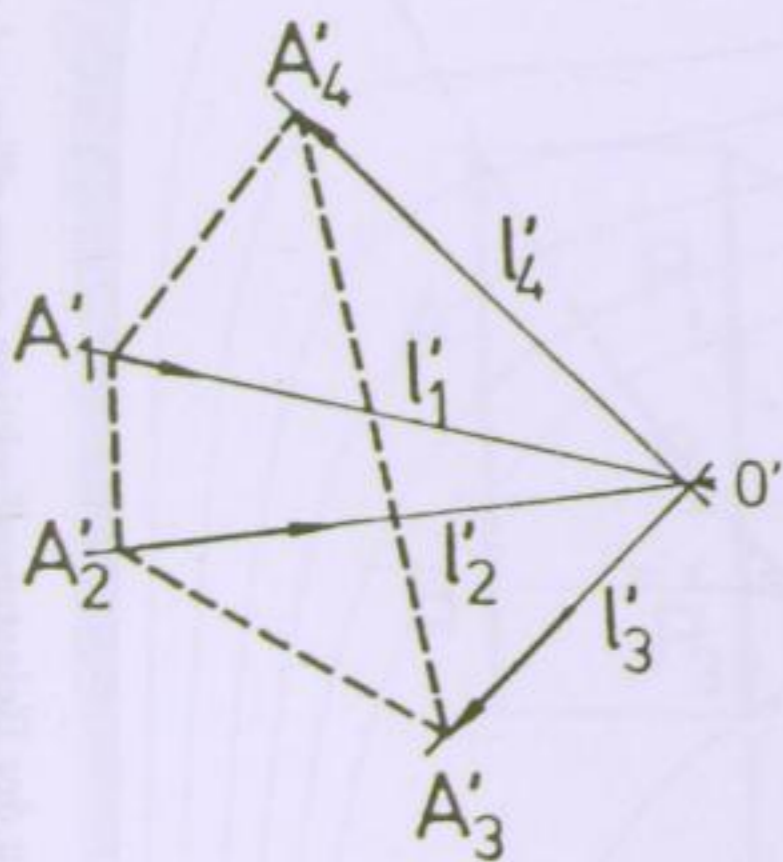
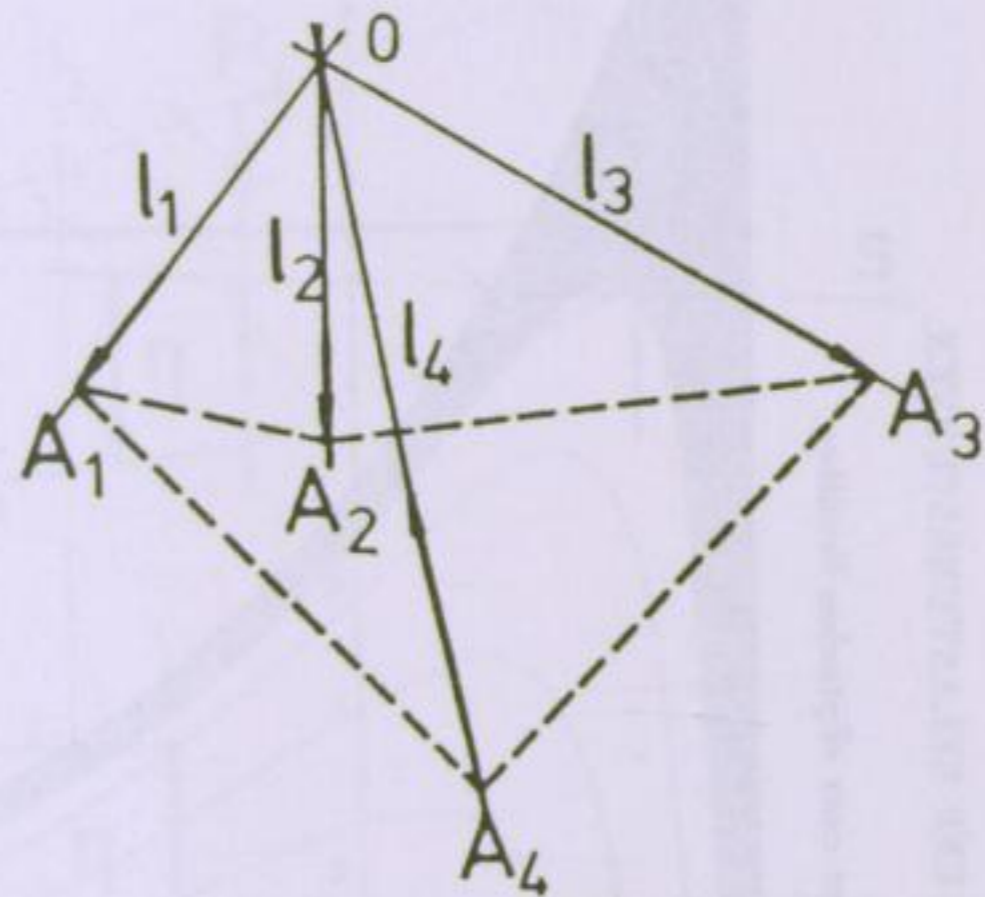
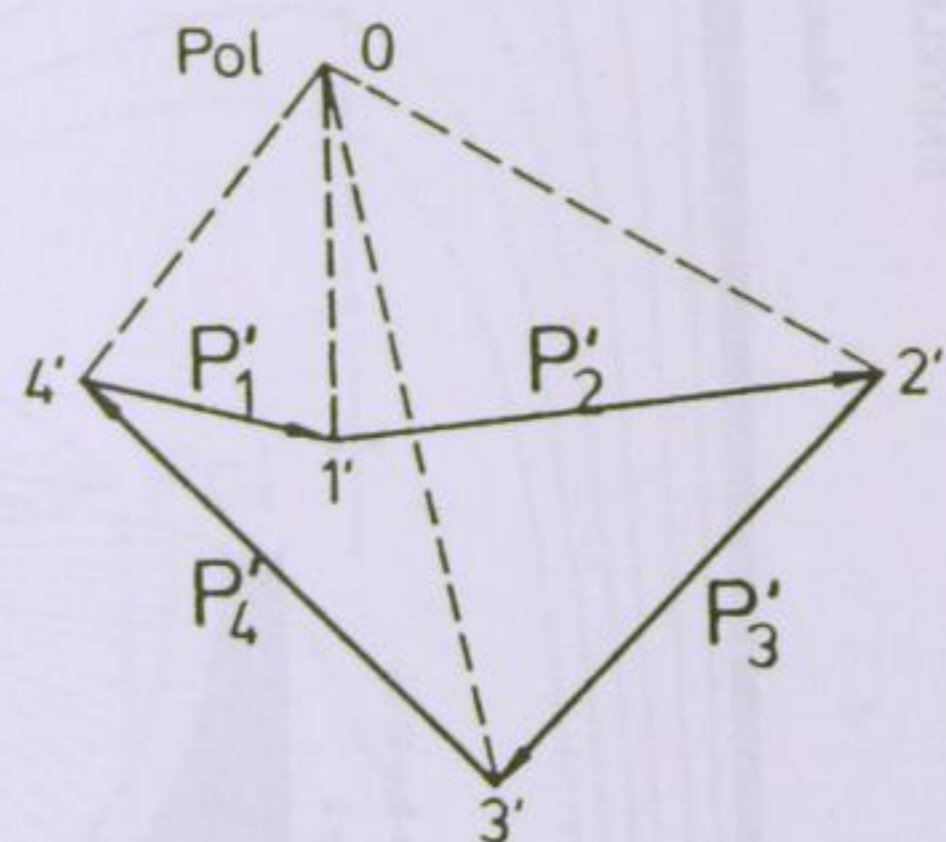
reziprokes
Seilpolygonreziprokes
Kräftepolygon

Abb.3 Zur Dualität des Seil- und Kräftepolygons für ebene Kräftesysteme nach Culmann.

DRUCKLINIEN UND BELASTUNGSCURVEN.

Belastungscurven eines elliptischen Gewölbes.

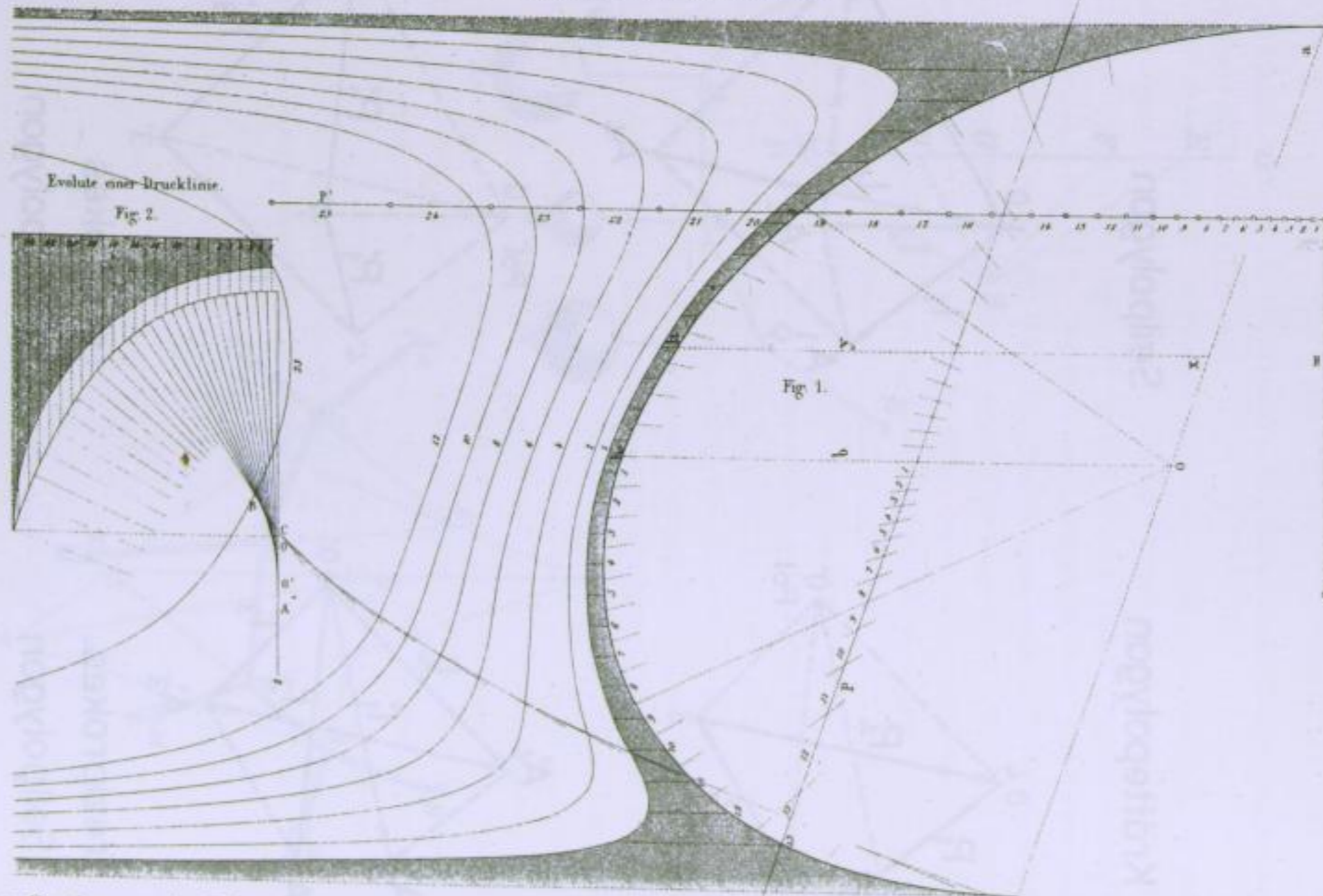
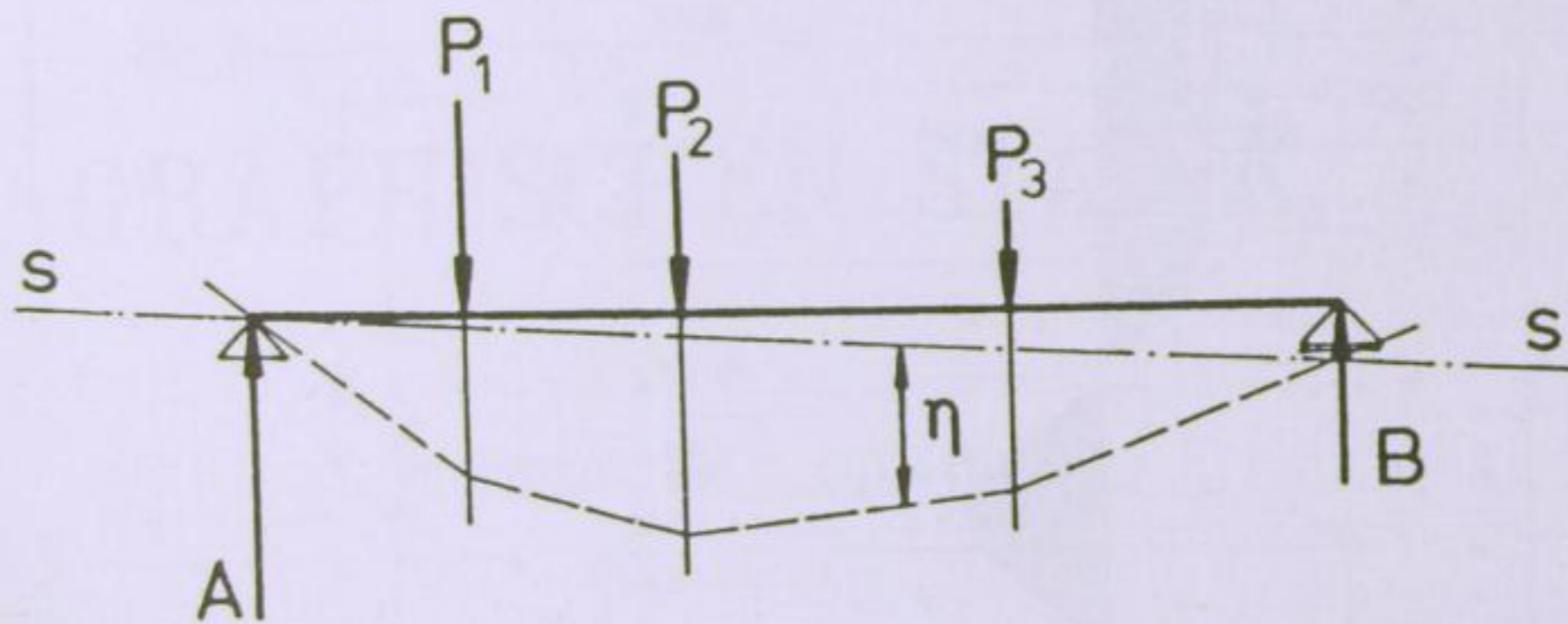


Abb. 4 Culmanns Bestimmung der Belastungsfunktion eines elliptischen Gewölbes.

Abb. 4 Culmanns Bestimmung der Belastungsfunktion eines elliptischen Gewölbes



$$M = H \cdot \eta$$

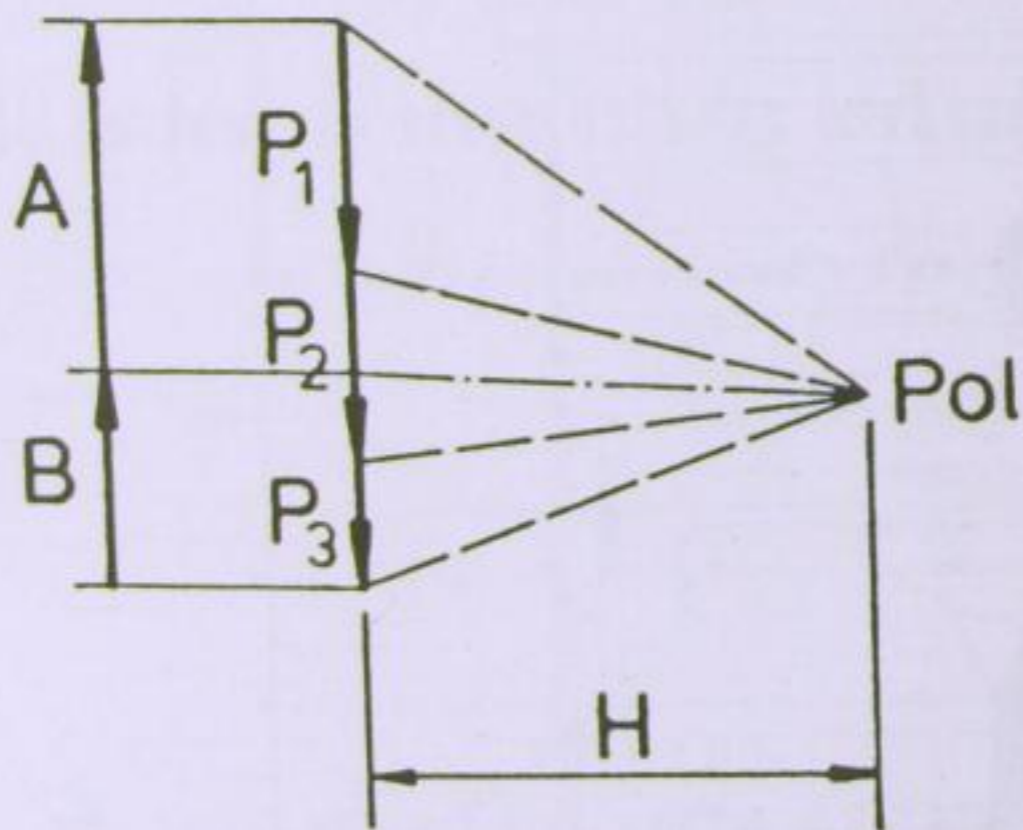


Abb.5 Culmanns Lösung des Balkenproblems mit Hilfe des Seilpolygons.

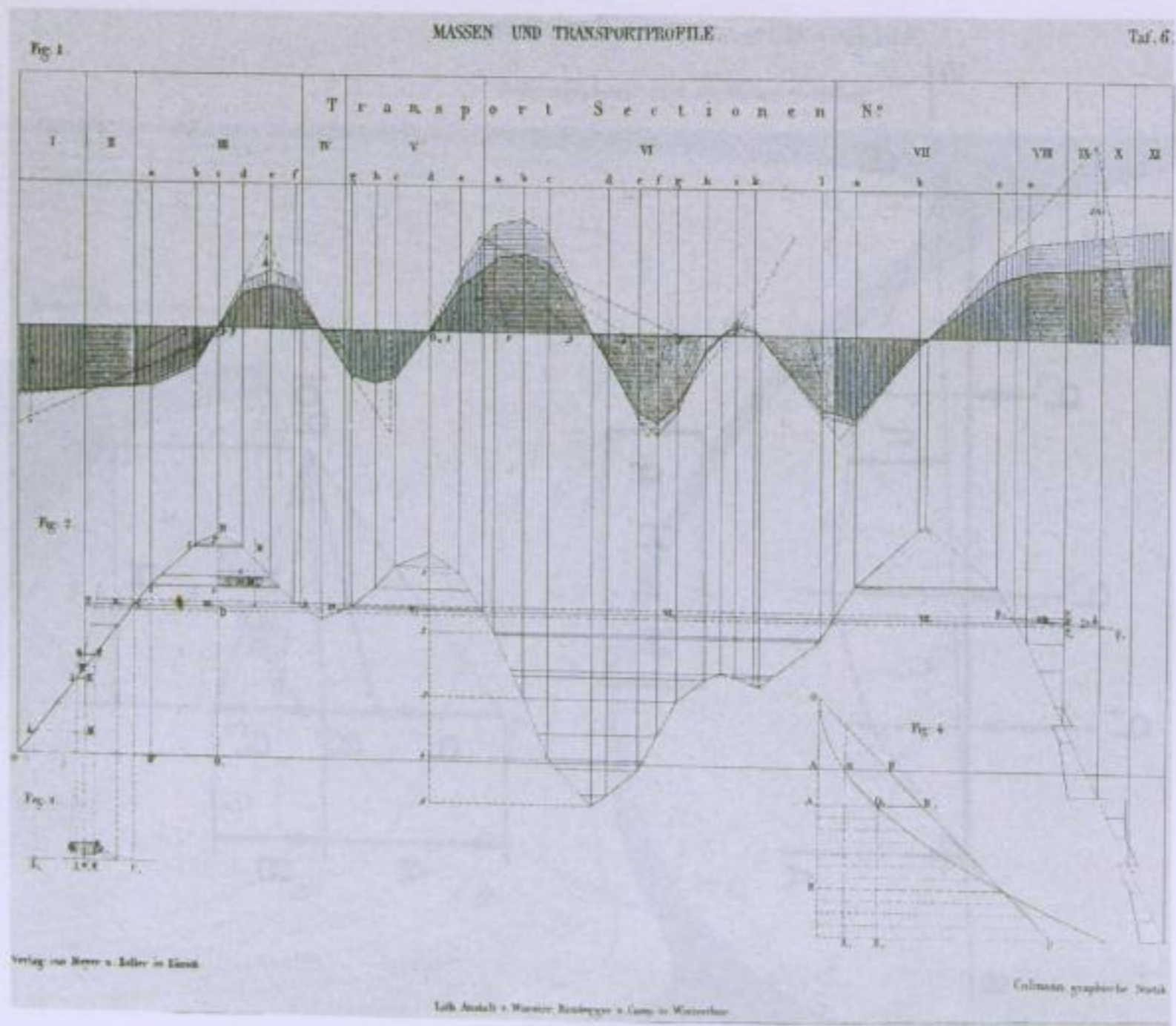


Abb. 6 Graphisches Massennivellement zur Minimierung der Transportkosten der Erdmassen beim Bau von Eisenbahnlagen nach Culmann.

Abb. 6 Graphisches Massennivellement zur Minimierung der Transportkosten der Erdmassen beim Bau von Eisenbahnlagen nach Culmann.

ANWENDUNGEN
 DER
 GRAPHISCHEN STATIK.

NACH
 PROFESSOR DR. C. CULMANN

BEARBEITET
 VON
W. RITTER,
 PROFESSOR AM EIDGENÖSSISCHEN POLYTECHNIKUM ZU ZÜRICH.

—
 Erster Teil.

Die im Inneren eines Balkens wirkenden Kräfte.

Mit 65 Textfiguren und 6 Tafeln.



—
 ZÜRICH
 VERLAG VON MEYER & ZELLER
 (Reimann'sche Buchhandlung).
 1888.

Abb.7 Titelseite von Ritters "Anwendungen der graphischen Statik".

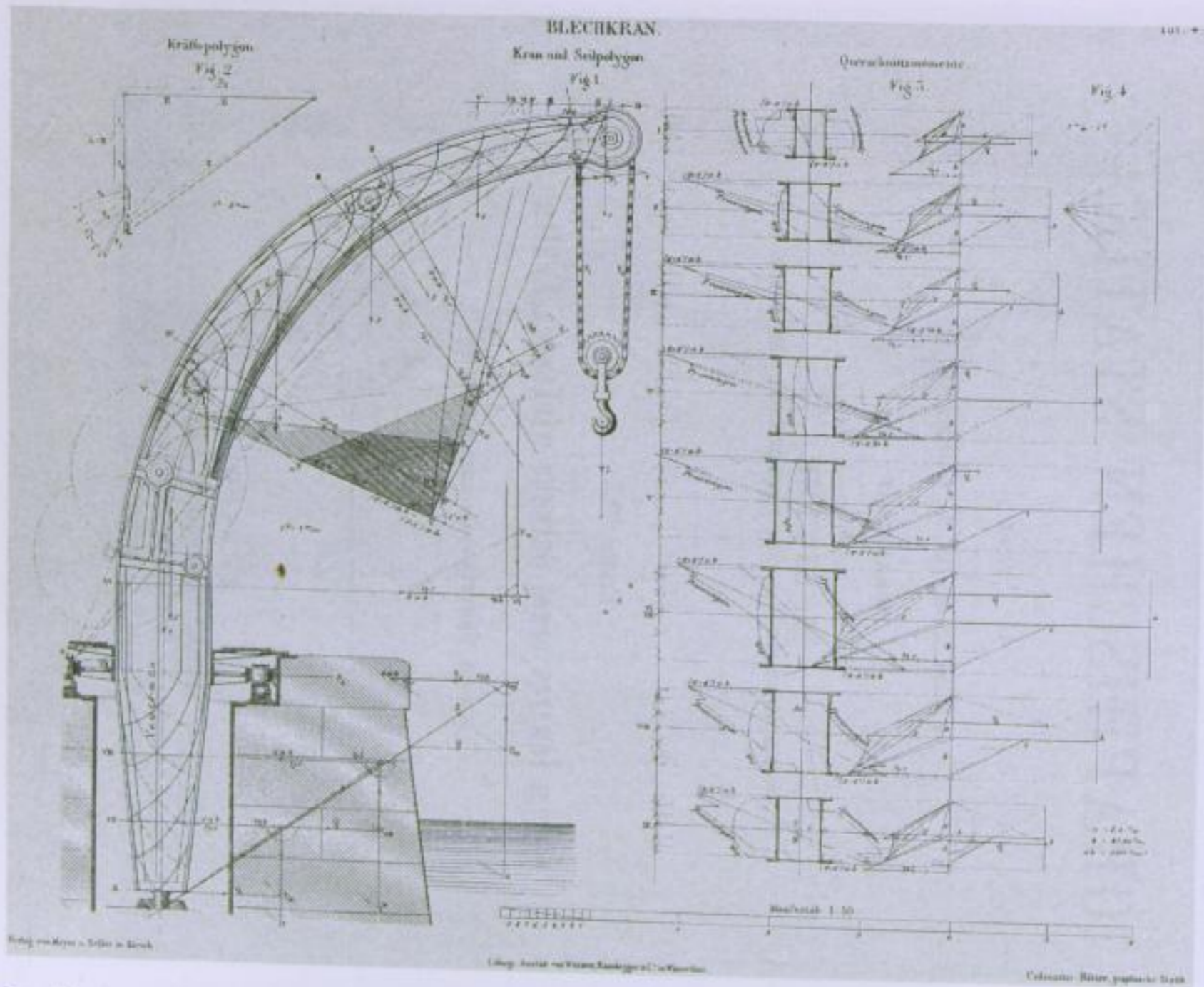


Abb. 8 Graphische Behandlung eines Blechkranes nach Ritter.

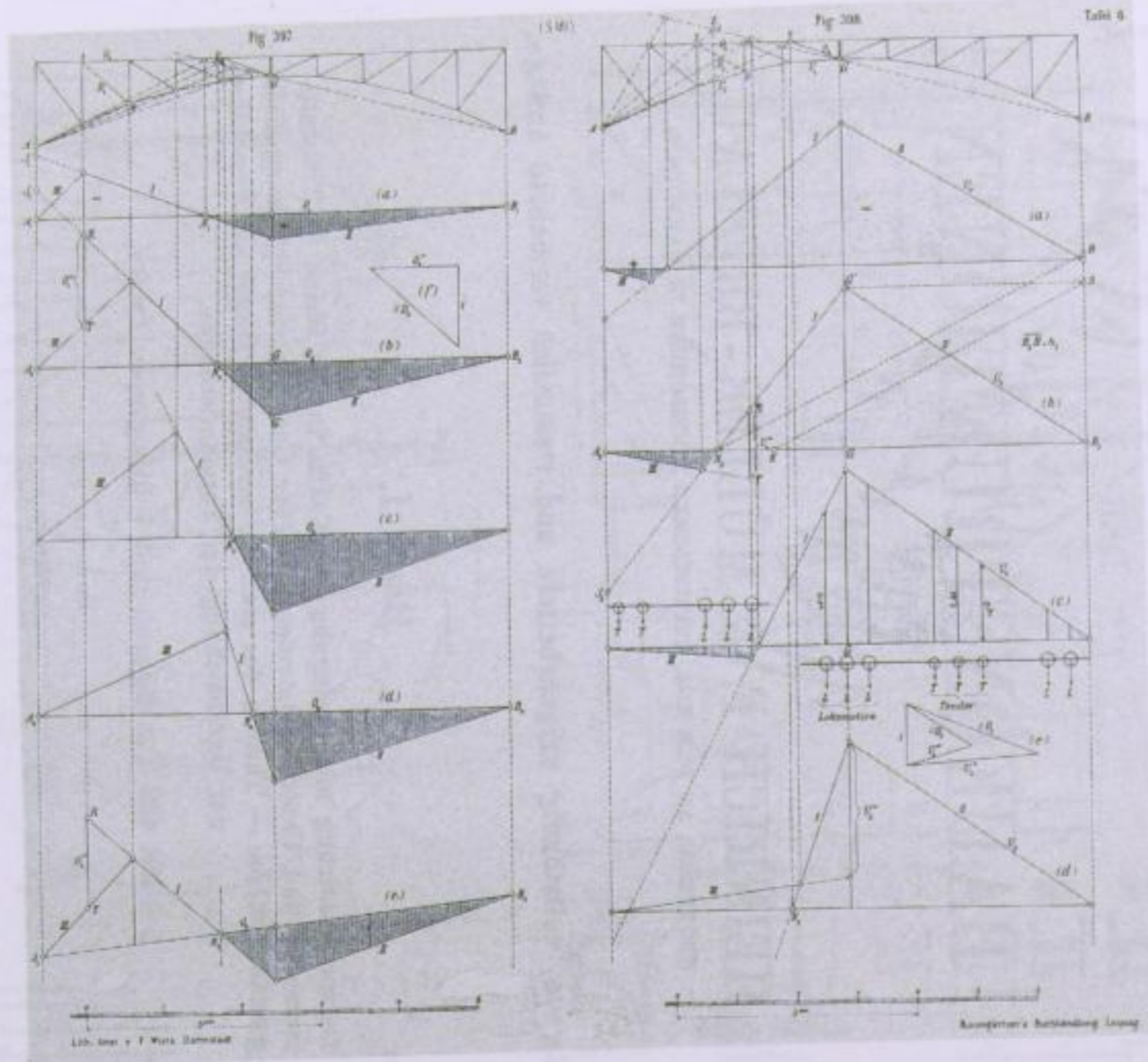


Abb.9 Müller-Breslaus graphische Bestimmung des Einflusses wandernder Lasten auf Stabkräfte in statisch bestimmten Fachwerken mit Hilfe kinematischer Methoden.

DIE
GRAPHISCHE STATIK
 DER
BAUKONSTRUKTIONEN

HEINRICH F. B. MÜLLER-BRESLAU,

PROFESSOR AN DER KGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN HANNOVER.

Zweite, vollständig umgearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage.

Band I.

Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte in der Ebene. — Trägheitsmomente und Centrifugalmomente ebener Querschnitte; Spannungen in geraden Stäben. — Theorie der statisch bestimmten Träger mit Ausschluss der Untersuchung der Formänderungen.

Mit 422 Textfiguren und 7 lithograph. Tafeln.

LEIPZIG,

Baumgärtner's Buchhandlung.

1887.

Abb.10 Titelseite von Müller-Breslaus "Graphische Statik der Baukonstruktionen".

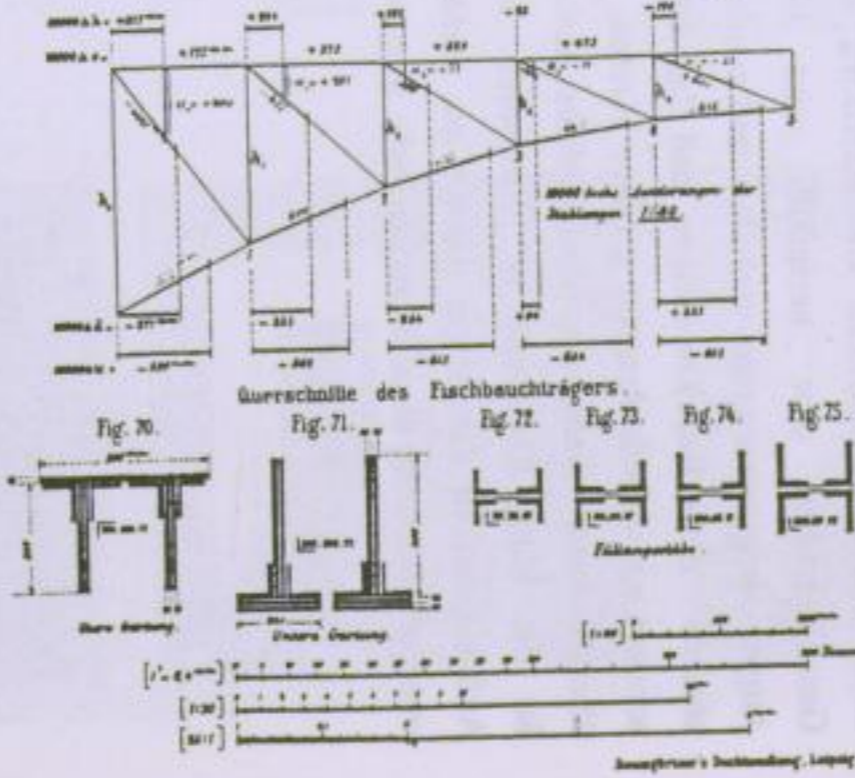
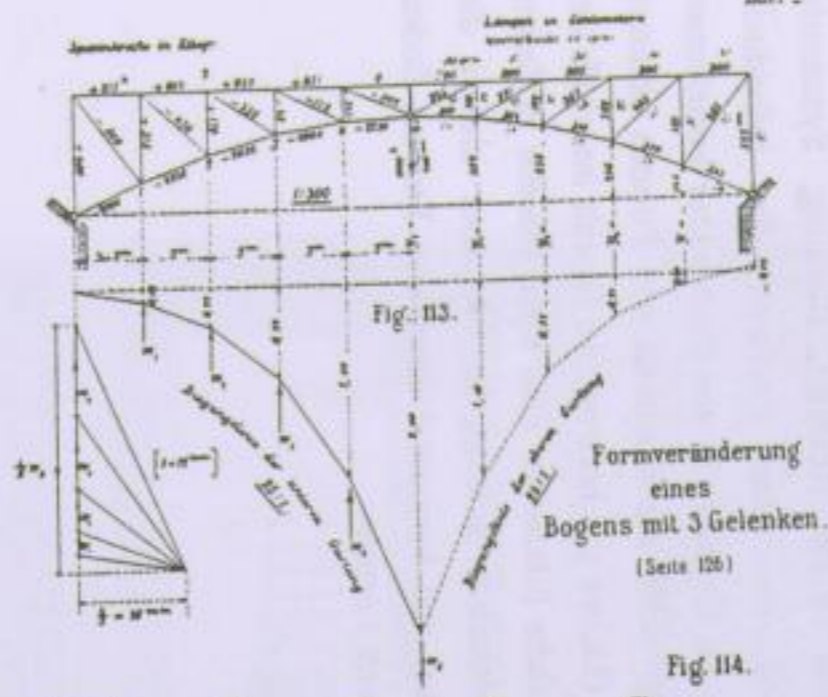
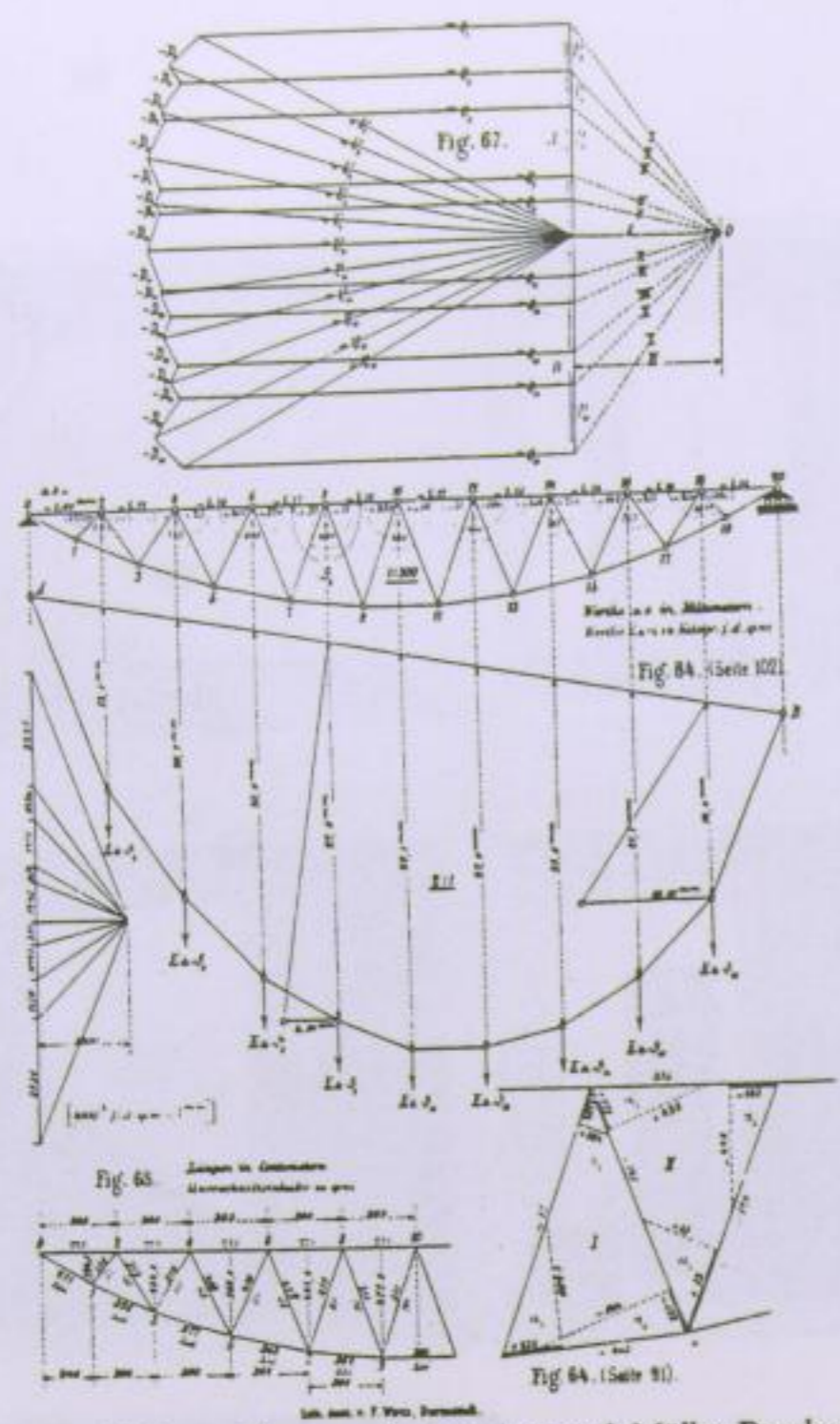


Abb.11 Verschiebungspläne von Fachwerken nach Müller-Breslau.

Ralf Weber

Experimentelle Studien zur räumlichen Wahrnehmung

Ein Zwischenbericht zu Anwendung okulometrischer Methoden in der Architekturforschung

Dieses Projekt untersucht mit Hilfe der Okulometrie, ob das visuelle Erlebnis von Architektur durch formal-geometrische Charakteristika wie Größe, Kontrast, Richtung, Symmetrie, Geschlossenheit usw. beeinflusst wird und ob diese Faktoren die individuelle Augenbewegungssequenz verändern und somit das Bewußtsein von Architektur beeinflussen können. Erste Resultate zeigen, daß das Auge nicht die Konturen von Formen abtastet, sondern auf visuelle Zentren, größere Massen, Gebiete mit heterogener Gestalt innerhalb des übergeordneten Ganzen, sowie räumliche Ausblicke fokussiert. Eine klare visuelle Präferenz für die linke Raumseite ist vorhanden. Mehrfach auftretende Elemente ziehen die Aufmerksamkeit des Auges weniger an; vertikal und horizontal orientierte Formen finden weniger Beachtung als nicht rechtwinklig orientierte Formen.



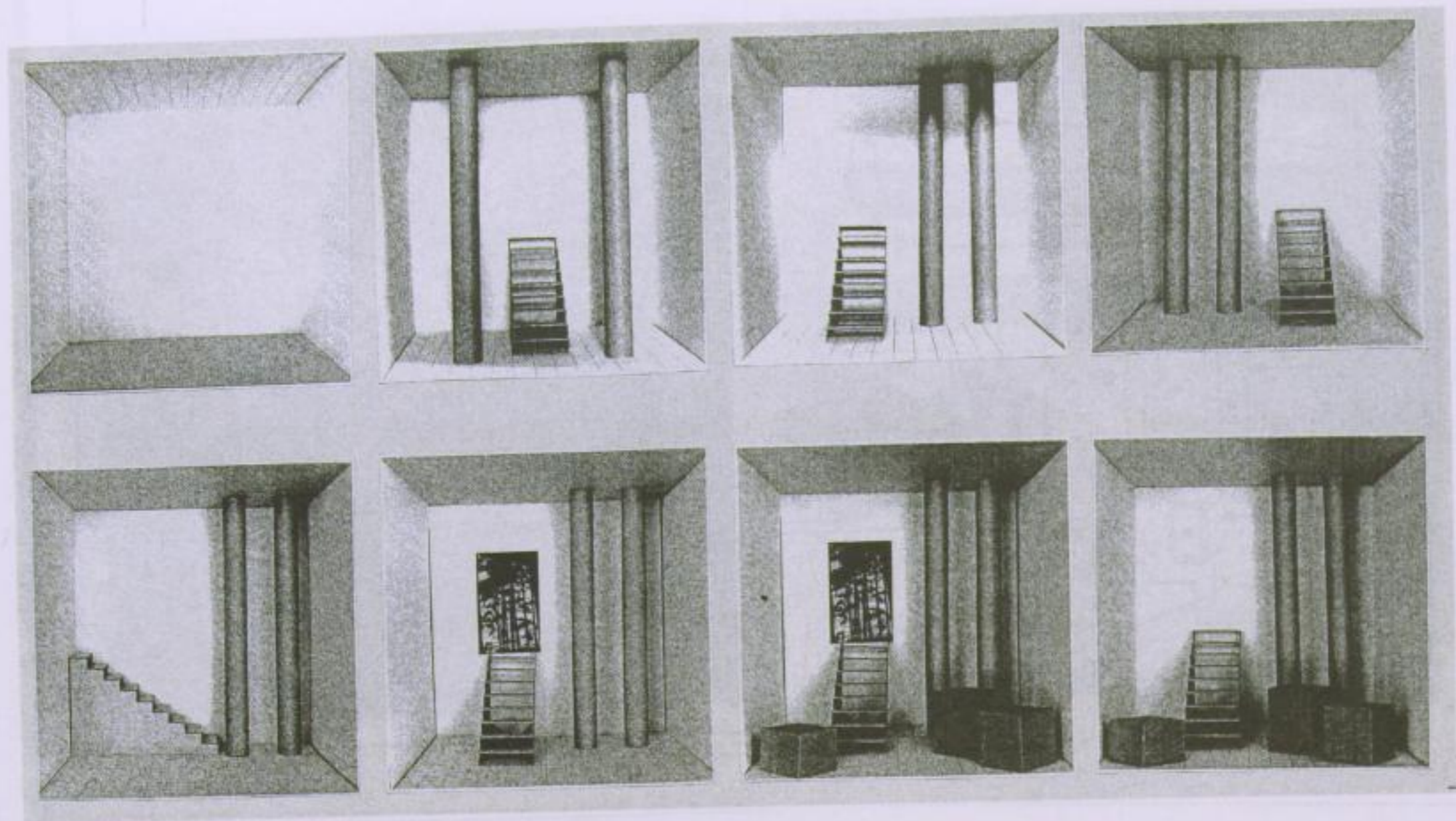


Abb.1 Prototypische Innenraumvarianten.

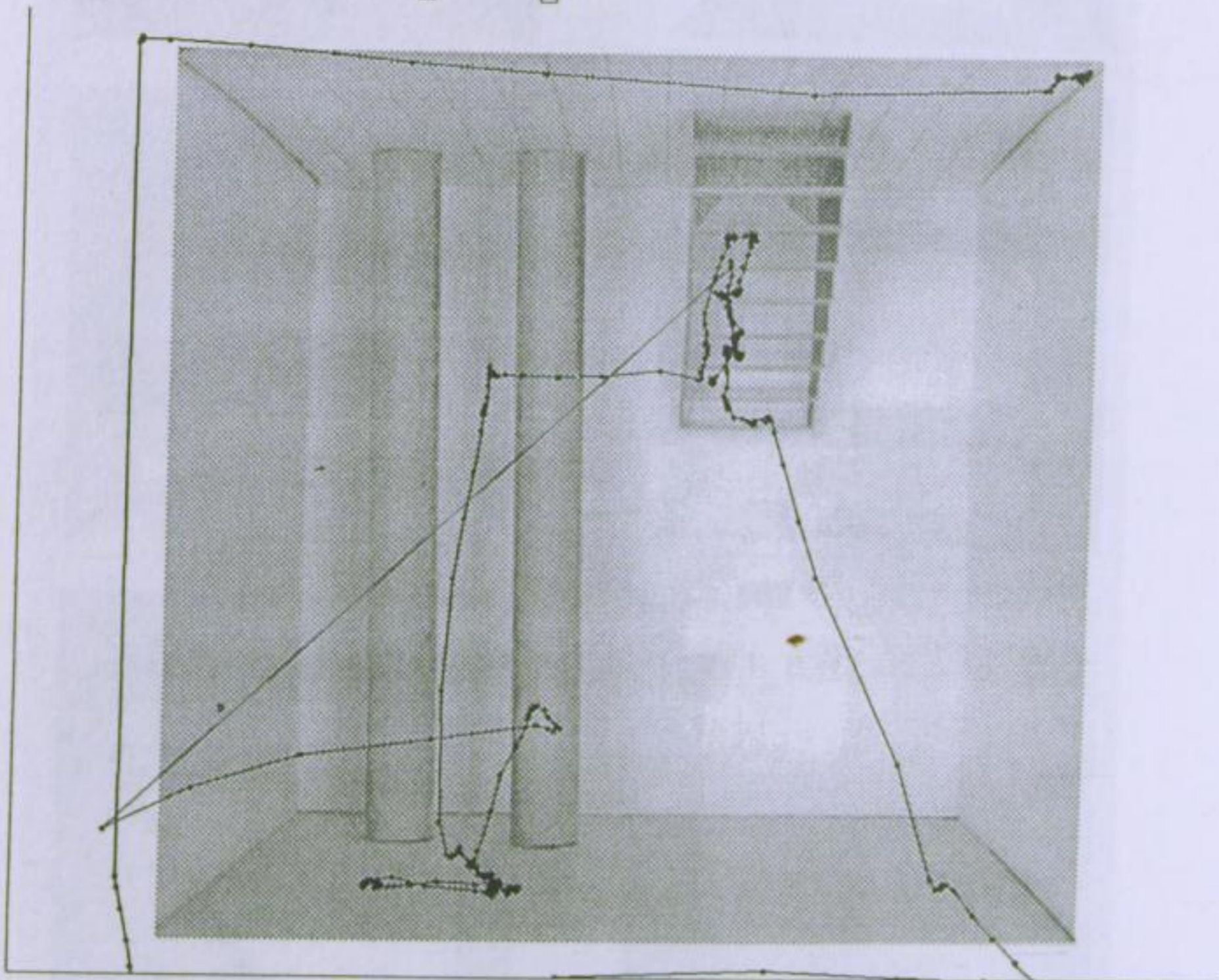
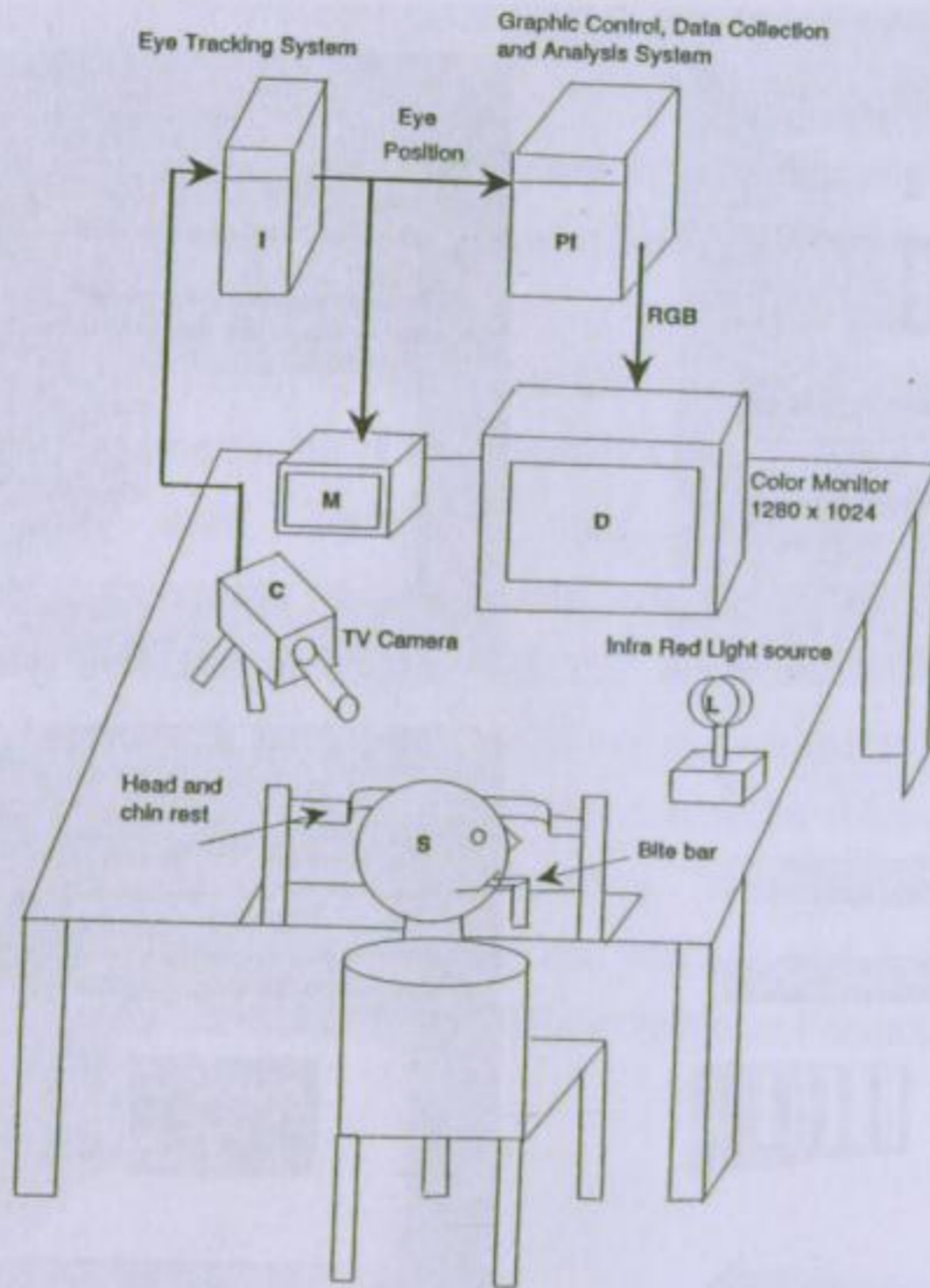


Abb.2 Aufbau der Apparatur zur Messung der Augenbewegungen.

Abb.3 Typische Sequenzmuster ohne clustering (asymmetrische Variante).

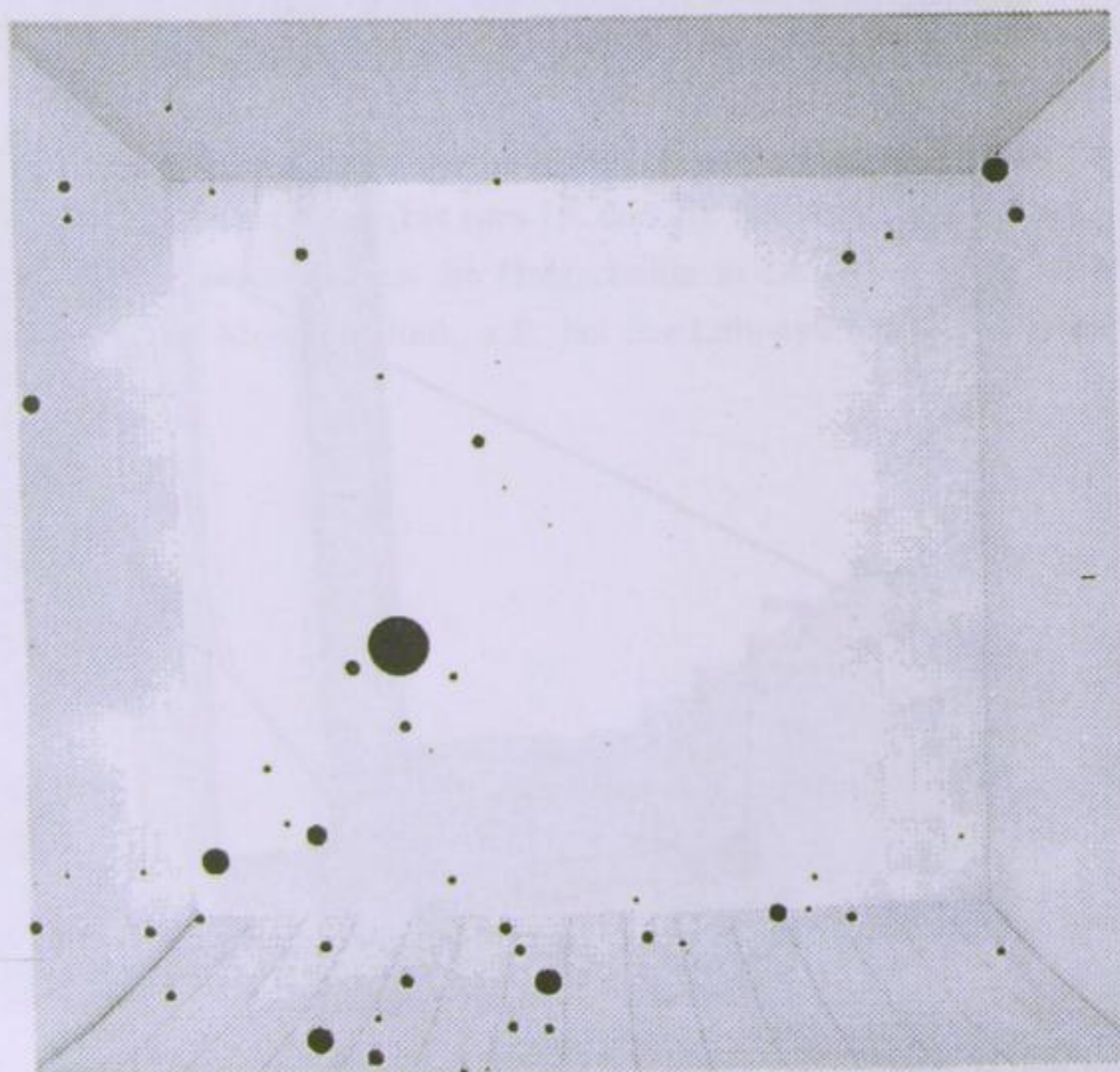
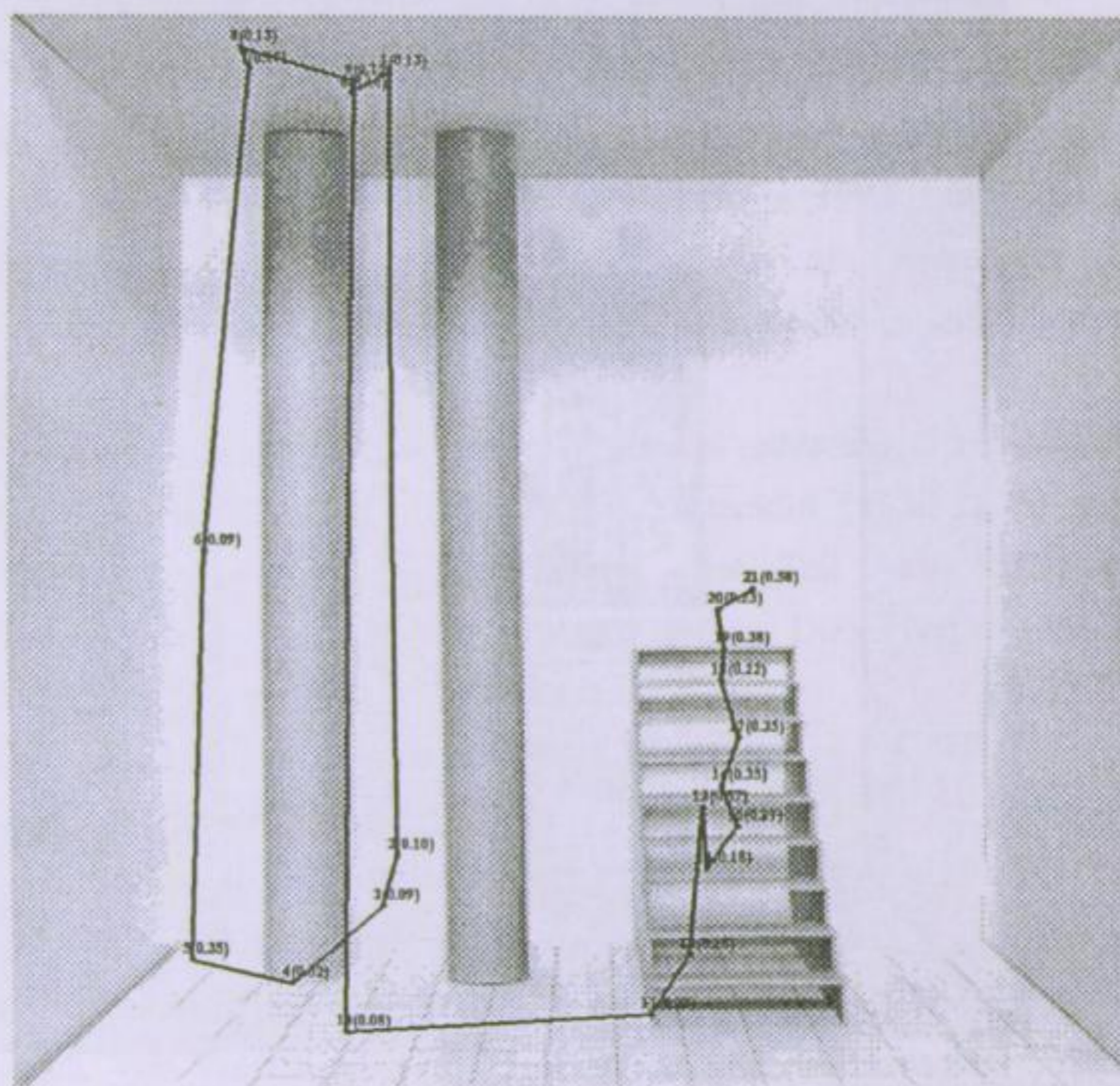


Abb.4 'clustered' Sequenz: die Nummern zeigen Blicksequenz und -dauer.

Abb.5 Leerer Raum: die Größe der Punkte repräsentiert die Blickdauer.

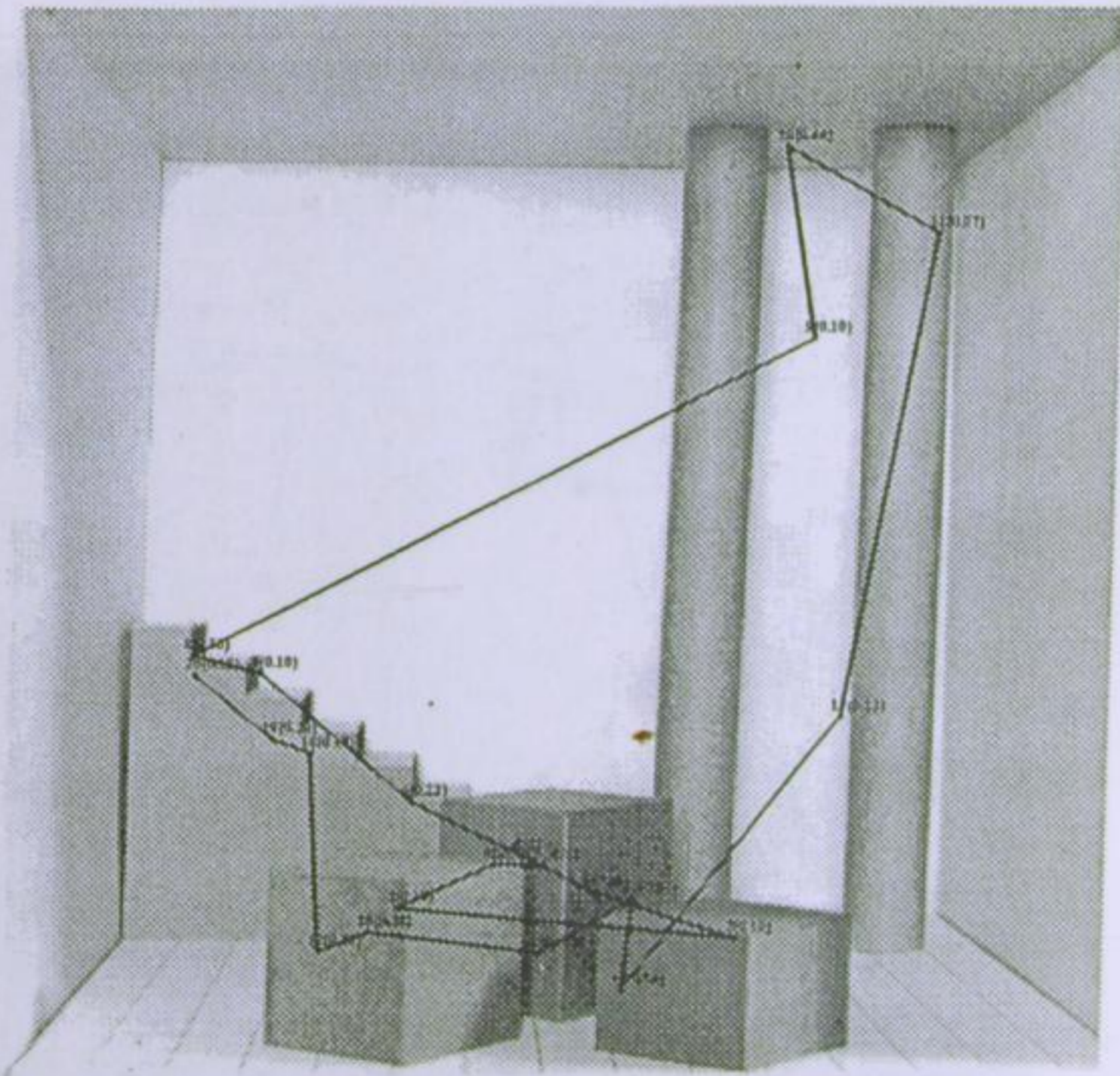
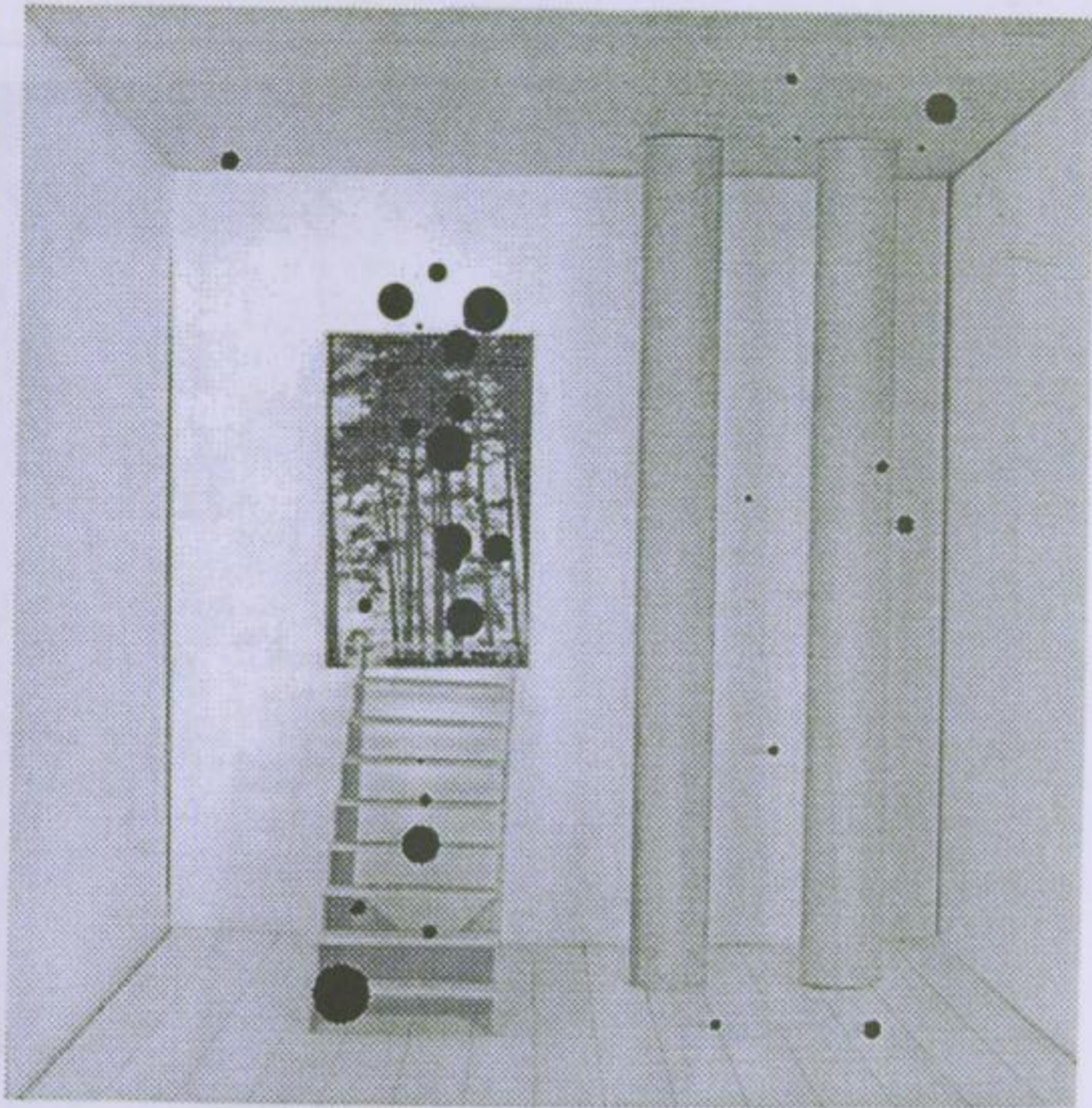


Abb.6 Raum mit Ausblick.

Abb.7 Raum mit Vordergrund und Treppe.

Otfried Wagenbreth

Die Holzschnitte in Georgius Agricolas Buch "De re metallica" (1556)

Georgius Agricola wird anlässlich seines 500. Geburtstages 1994 mit Tagungen u.a. in Chemnitz und Freiberg gewürdigt werden. Agricola war ein vielseitiger Renaissance-Wissenschaftler, Arzt und Diplomat und begründete die Montanwissenschaften als erste Technikwissenschaft.

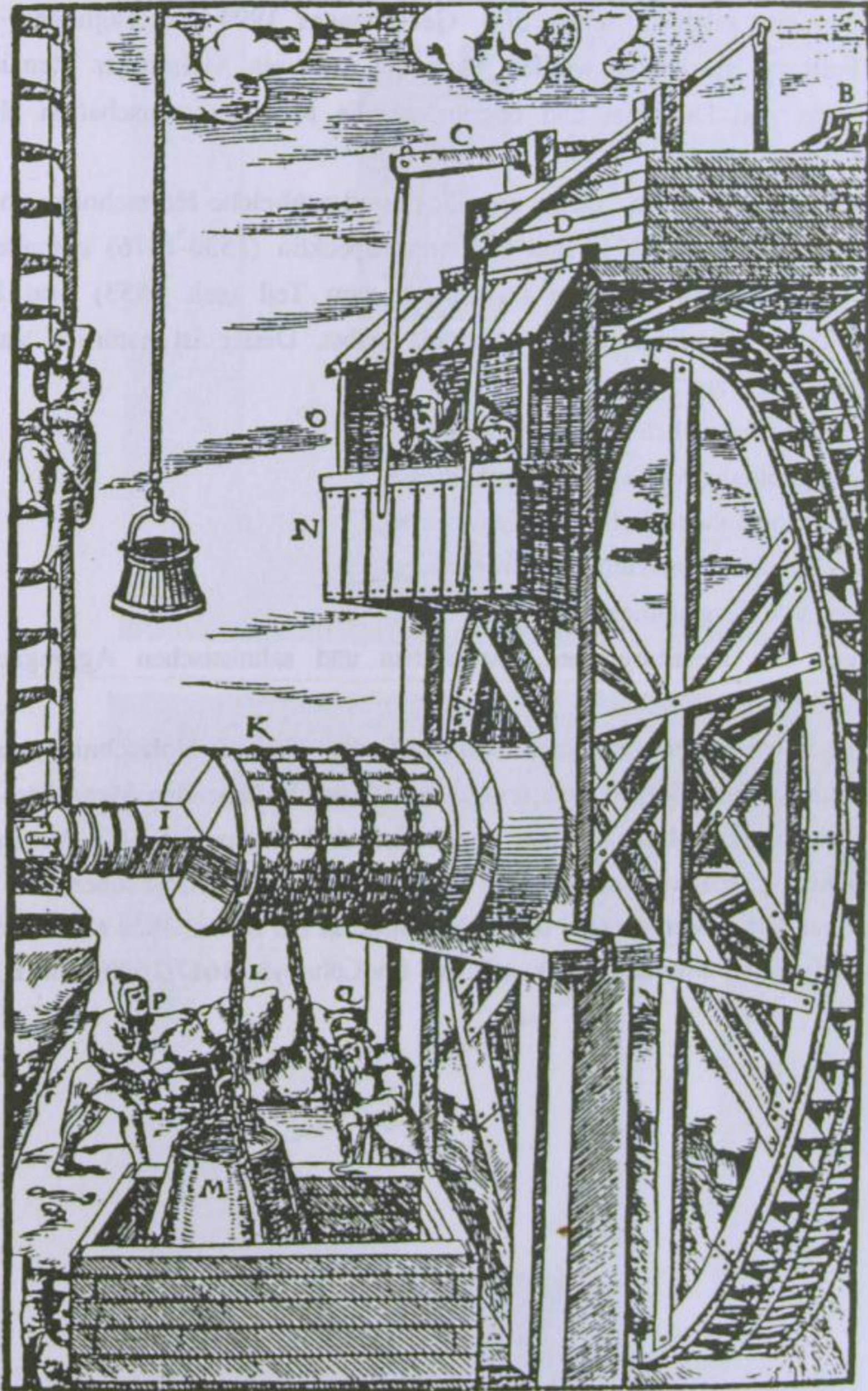
In seinem 1556 erschienenen Buch "De re metallica" sind zahlreiche Holzschnitte von Hans Rudolf Manuel Deutsch (1525-1571) und Zacharias Specklin (1530-1576) enthalten. Die zeichnerischen Vorlagen dazu stammen mindestens zum Teil (seit 1553) von Basilius Weffringer, zum Teil vielleicht auch von Agricola selbst. Dieser ist natürlich von allen Zeichnungen der geistige Vater.

Die Holzschnitte in De re metallica lassen sich gliedern in

- Darstellungen geologischer Lagerungsverhältnisse,
- Darstellungen montanhistorischer Arbeitsprozesse,
- Grubenfeld-Grundrisse und Gebäude-Grundrisse,
- Darstellungen von Bergbaumaschinen,
- Darstellungen von metallurgischen, chemischen und salinistischen Aggregaten und Maschinen.

Insbesondere bei den beiden letztgenannten Gruppen finden wir auch Holzschnitte, auf denen neben der Gesamtdarstellung der Technik (einschließlich der bedienenden Menschen und der Umgebung) auch einzelne Maschinenteile abgebildet sind. Darin ist eine Vorstufe der "technischen Zeichnung" späterer Zeit (bis zum 19. und 20. Jahrhundert) zu sehen.

Noch nach über hundert Jahren dienten die Holzschnitte in De re metallica als Vorlagen für bildliche Darstellungen der Montantechnik, z.B. bei E.v.Löhneyß (1617/1690) und B. Rößler (1700).



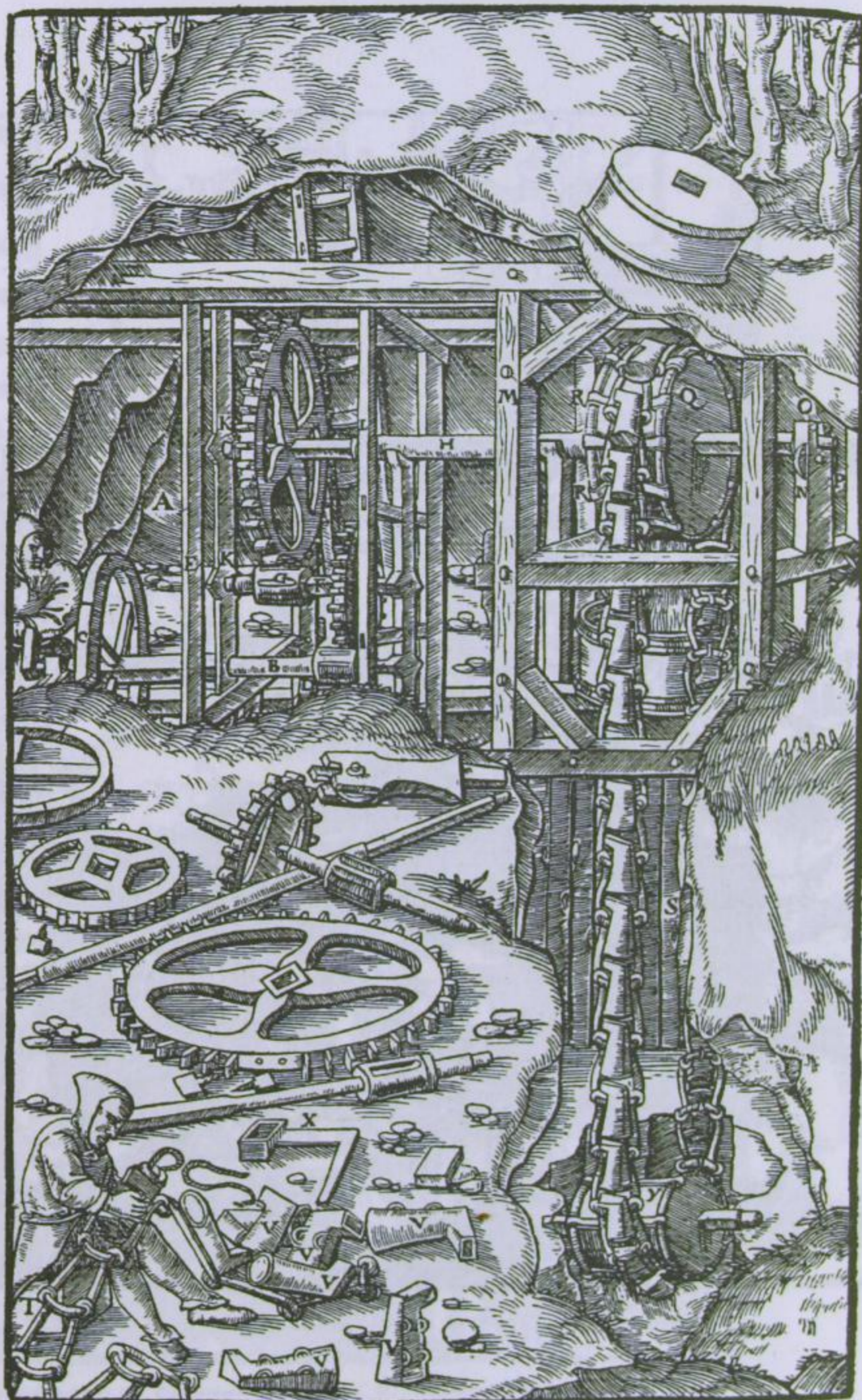
Der Wasserbehälter A. Das Gerinne B. Die Hebel C, D. Die Gerinne unter den Schützen E, F. Die zwei Schaufelkränze G, H. Die Welle I. Der Kettenkorb K. Die Förderkette L. Die Pulge M. Die ausführende Döhne N. Der Maschinenwärtter O. Die Arbeiter, welche die Pulgen entleeren P, Q.

Abb.1 Das Kehrrad, untertage eingebautes, 10,2 m hohes Wasserrad mit doppelter, gegenläufiger Beschaufelung zwecks Umsteuerung für die Förderung von Wasser, ab 1560 auch für Erz und Gestein. (AGA VIII, S. 274).



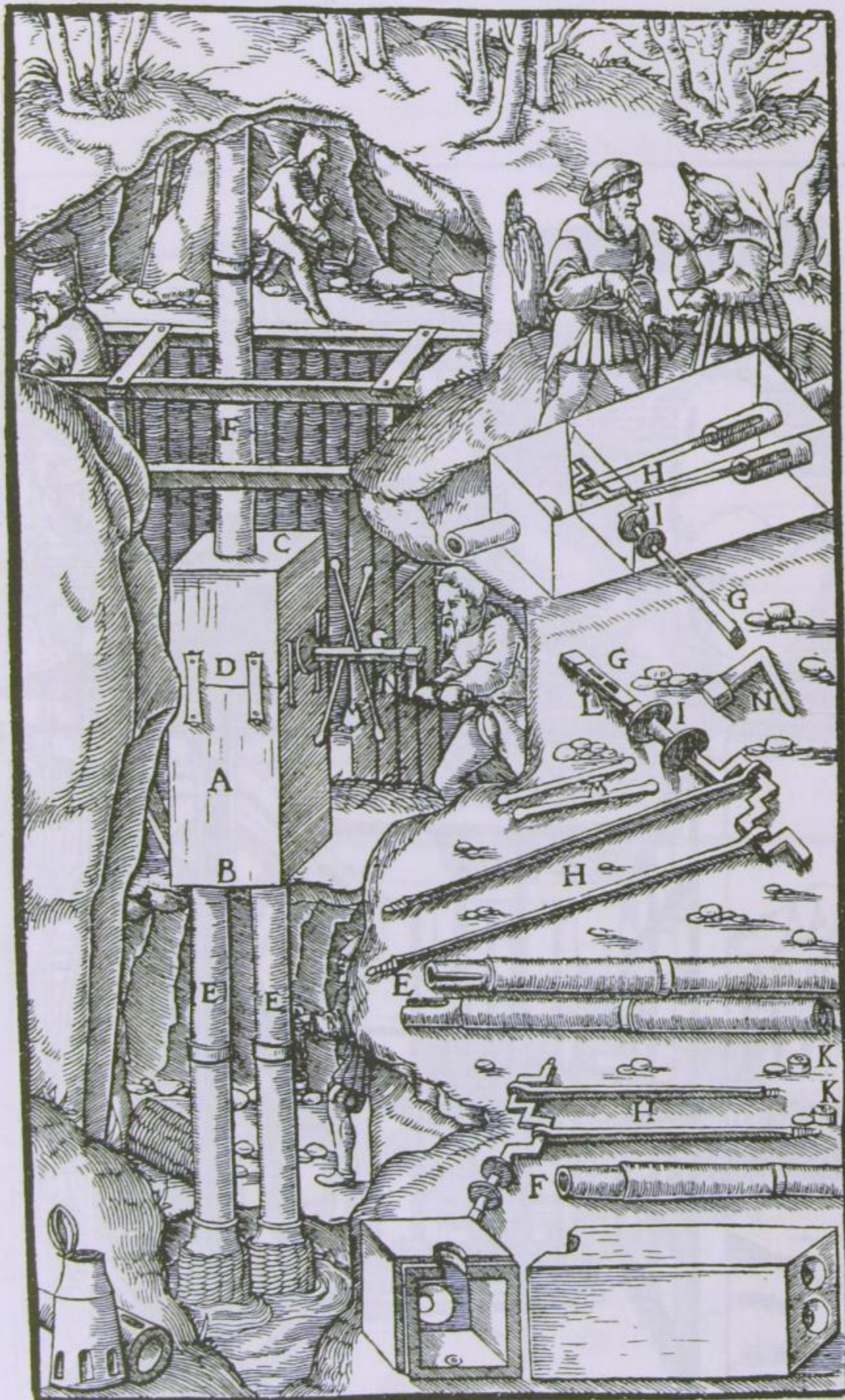
Der Stollen A. Das Tuch B.

Abb.2 Frischluftversorgung in einem Stolln durch Wedeln mit einem Wettertuch. Rechts arbeitet ein Bergmann mit Schlägel und Eisen (AGA VIII, S. 291).



Das Gerüst A. Die unterste Welle B. Das Rad C. Das kleinere Getriebe D. Die zweite Welle E. Das kleinere Zahnrad F. Das größere Getriebe G. Die oberste Welle H. Das größere Zahnrad I. Die Lager K. Der breite, eiserne Ring L. Das hölzerne Gerüst M. Der eichene Stock N. Der eiserne Zapfen O. Die Scheibe P. Die obere Trommel Q. Klammern R. Die Kette S. Die Kettenglieder T. Kannen V. Das Haspelhorn X. Die untere Trommel Y.

Abb.3 Kannenkunst zur Wasserhebung in einem Schacht, Gesamtbild einschließlich des die Antriebskurbel betätigenden Bergmanns. Links daneben Zeichnungen der Einzelteile (AGA VIII, S. 236).



Der Stock A. Sein unterer Teil B. Der obere Teil C. Klammern D. Die Rohre unterhalb des Stockes, d. h. die Saugrohre E. Das auf den Stock aufgesetzte Rohr, d. h. das Steigrohr F. Die eiserne Welle G. Die Kolbenstangen H. Die beiden kreisrunden Scheiben I. Das Leder K. Die Löcher der Welle L. Die Stäbe, deren Enden durch Bleikugeln beschwert sind M. Die Kurbel N.

Abb.4 Druckpumpe mit Antrieb durch Handkurbel. Rechts Einzelteile und darüber Montagezeichnung von Kurbelwelle und Kolbenstangen in einen durchsichtig gezeichneten Gehäuse (AGA VIII, S. 247).

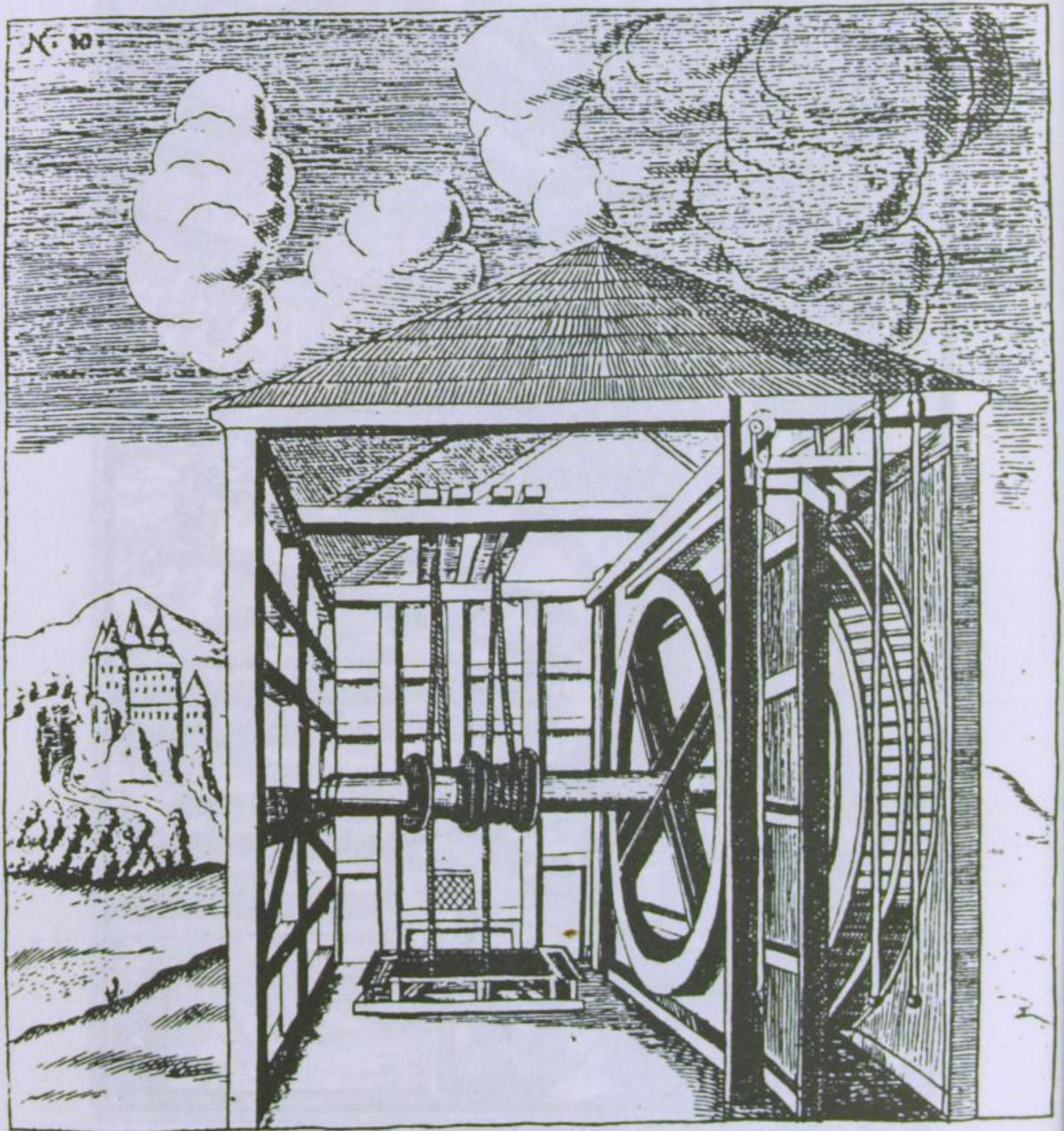


Abb.5 Das Kehrrad in der Darstellung von Balthasar Röbler, 1700 (vgl. hier Abb.1).

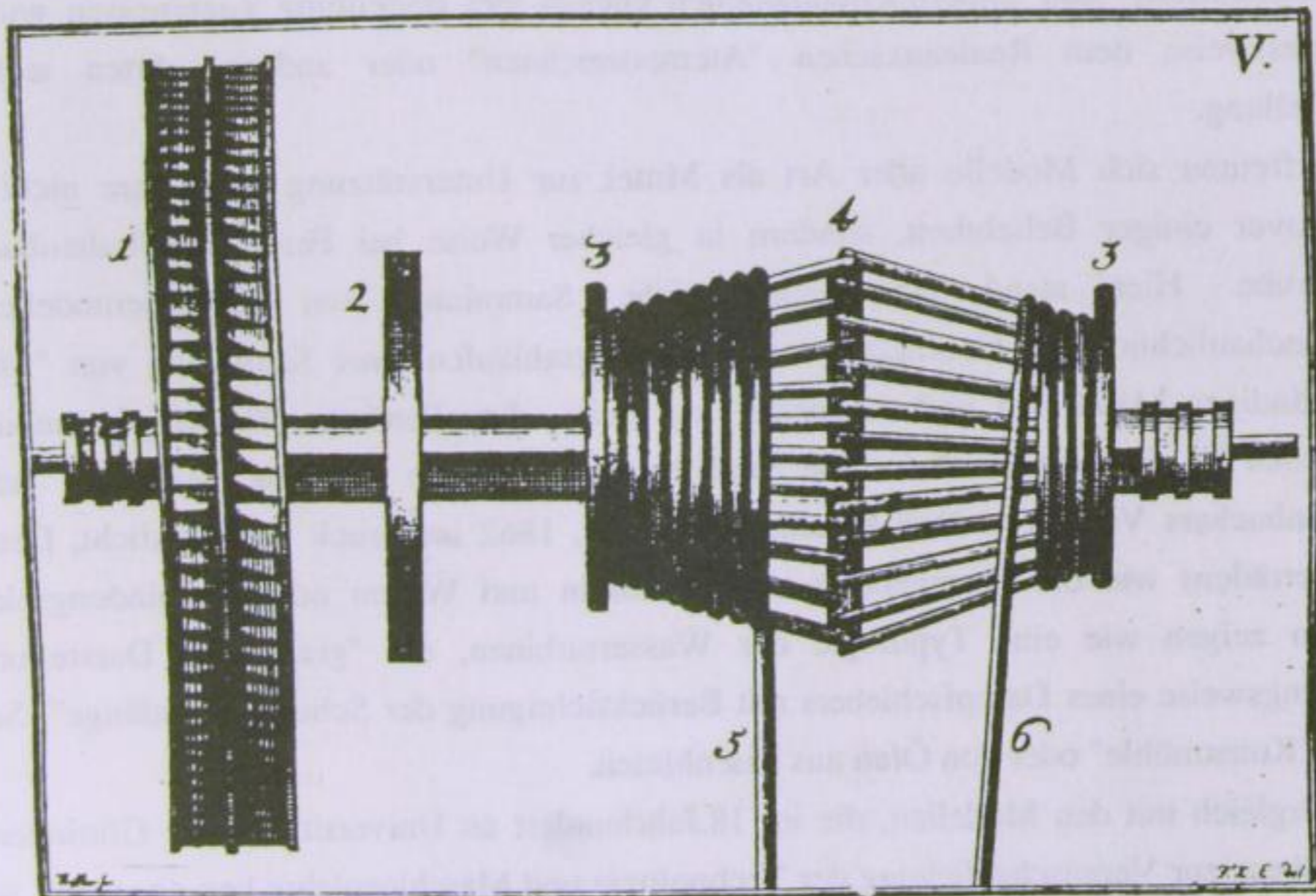
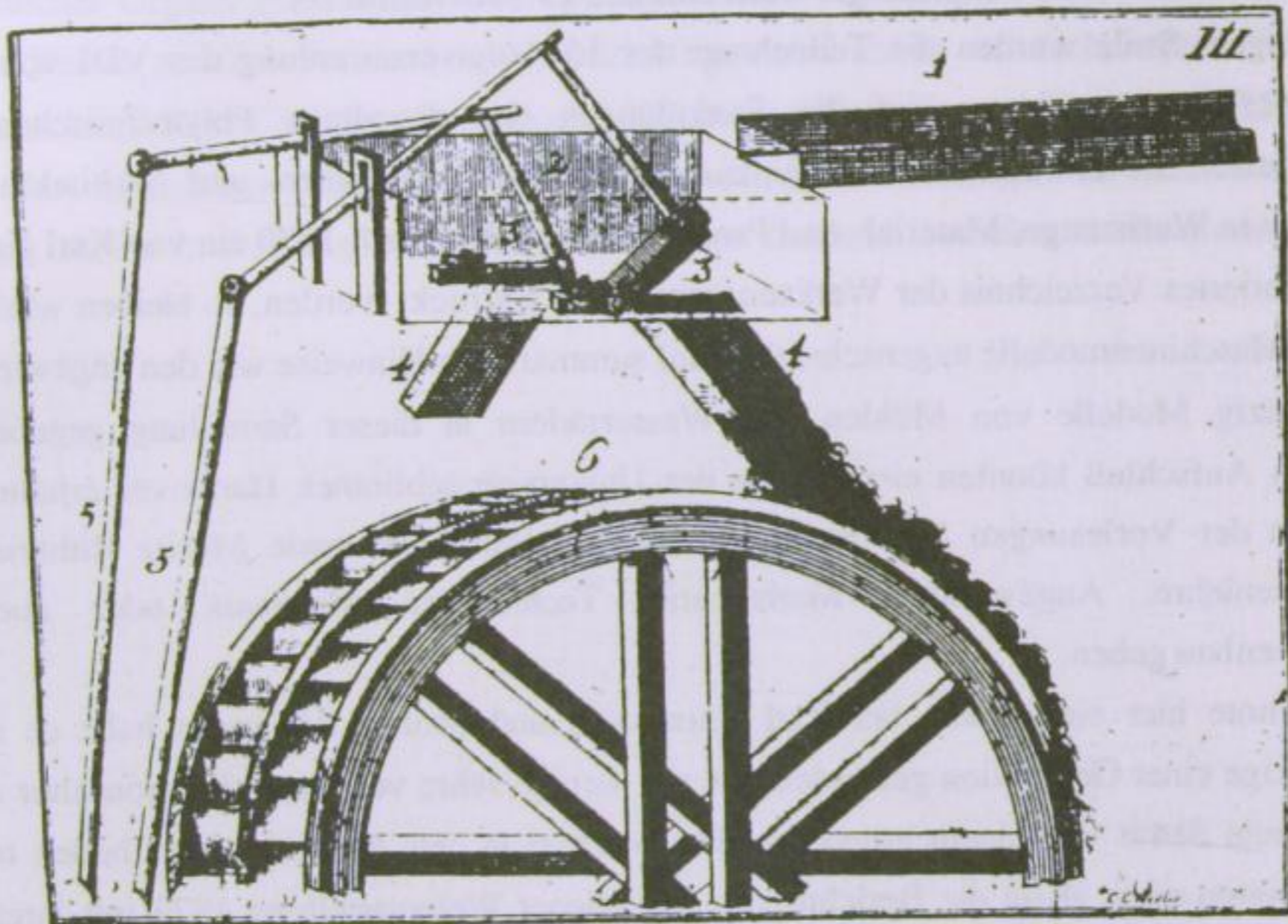


Abb.6 Das Kehrrad in der Darstellung von Nikolaus Poda, 1771
(vgl. hier Abbildungen 1 und 5).

Michael Mende

Modelle und Zeichnungen: Anschaulichkeit als Prinzip der Ausbildung in der Maschinenlehre und Technologie während des 19. Jahrhunderts

Mit einigem Stolz wurden die Teilnehmer der 15. Hauptversammlung des VDI von 1874 in Hannover unter anderem auf die Sammlungen der damaligen Polytechnischen Schule hingewiesen. Sie umfaßte mehr als eintausend Modelle, Maschinen- und Architekturmodelle ebenso wie Werkzeuge, Material- und Produktproben. War noch 1870 ein von Karl Karmarsch kommentiertes Verzeichnis der Werkzeugsammlung gedruckt worden, so bleiben wir in bezug auf die Maschinenmodelle augenscheinlich auf summarische Hinweise wie den angewiesen, daß es zwanzig Modelle von Mühlen und Wasserrädern in dieser Sammlung gegeben habe. Näheren Aufschluß könnten einzelne, in der Universitätsbibliothek Hannover erhaltene Mitschriften der Vorlesungen Karl Karmarschs zur Technologie sowie Moritz Rühlmanns zur Maschinenlehre, Angewandten Mathematik, Technischen Mechanik oder auch zum Maschinenbau geben.

Man könnte hier einwenden, bei Karl Karmarsch und Moritz Rühlmann habe es sich um Angehörige einer Generation gehandelt, die nur wenige Jahre von ihrem Pensionsalter und ihre Hochschule damit von einem grundlegenden Wechsel in den Ausbildungsmethoden trennten. Indes zeigten nicht allein die Berichte von der Wiener Weltausstellung 1873 mit ihrer eigenen Mitteln und Methoden technischer Ausbildung gewidmeten Abteilung, daß den Demonstrations- und Experimentalmodellen ebenso viel Bedeutung zugemessen wurde wie beispielsweise dem Reuleauxschen "Atempozeichnen" oder anderen Arten technischer Darstellung.

So erfreuten sich Modelle aller Art als Mittel zur Unterstützung der Lehre nicht nur in Hannover einiger Beliebtheit, sondern in gleicher Weise bei Ferdinand Redtenbacher in Karlsruhe. Hier stand eine umfangreiche Sammlung von Getriebemodellen zur Veranschaulichung der Geometrie von Bewegungsabläufen einer Sammlung von "Modellen vollständiger Maschinen und Apparate" zur Seite, die allerdings offenkundig unpubliziert geblieben ist. Ergänzt wurden diese Sammlungen durch die mehr als einhundert Tafeln zu Redtenbachers Vorträgen über Maschinenbau, die, 1862 im Druck veröffentlicht, Details zu Wasserrädern wie die Formgebung von Schaufeln und Wellen oder Verbindungselemente ebenso zeigen wie eine Typologie der Wasserturbinen, die "graphische Darstellung der Wirkungsweise eines Dampfschiebers mit Berücksichtigung der Schubstangenlänge", Schnitte einer "Kunstmühle" oder von Öfen aus Eisenhütten.

Im Vergleich mit den Modellen, die im 18. Jahrhundert an Universitäten wie Göttingen oder Heidelberg zur Veranschaulichung der Technologie und Maschinenlehre herangezogen worden waren, bieten die Sammlungen des 19. Jahrhunderts das Bild einer zunehmenden Differenzierung. In beiden Fällen jedoch ist es darum gegangen, theoretisches Wissen über die Wirksamkeit mechanischer Kräfte mit einer zumindest visuellen Erfahrung der Geometrie von ihnen ausgelöster Bewegungen zu verbinden und in die für die Konstruktionstätigkeit

notwendige Intuition münden zu lassen. "Es ist nicht das künstliche Gewebe von Reihen und Kombinationen, jener Zauberstab der neueren Analytiker ... es ist ein geübtes praktisches Talent, das durch große Mannigfaltigkeit von Beobachtungen zusammenwirkender Kräfte und dazu dienlicher Organe geleitet, die mannigfaltigen Kräfte und Organe aufzusuchen gewöhnt ist, deren Verein zu einer bestimmten" zweckmäßigen und damit erst technischen "Wirkung führt", umschrieb Karl Christian Langsdorf 1826 in der Vorrede zu seinem **Ausführlichen System der Maschinen-Kunde** den Grundsatz seiner Bemühungen an der Universität Heidelberg um die Ausbildung von Spezialisten für den Bau und Betrieb von Maschinen für die "Industrie".

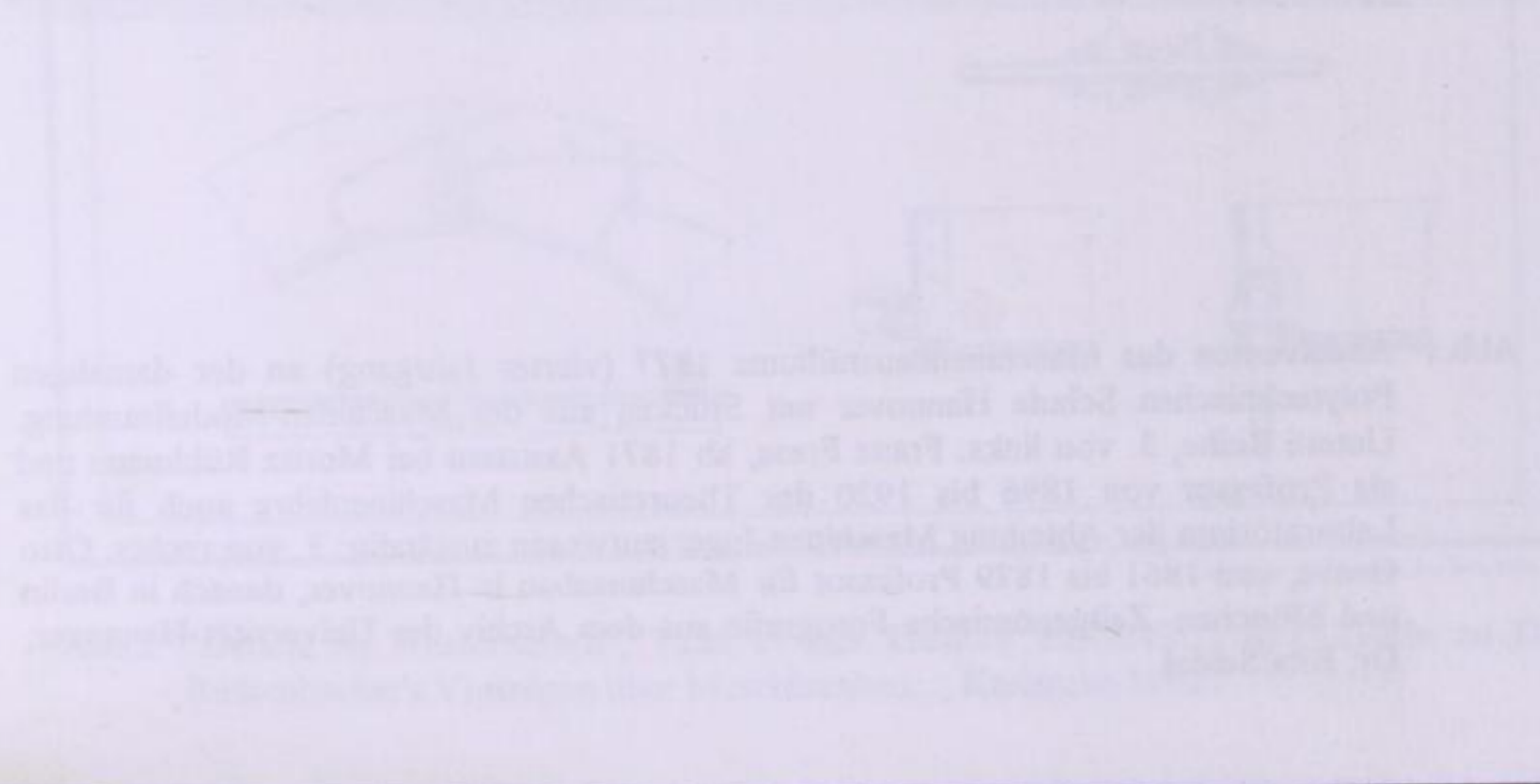
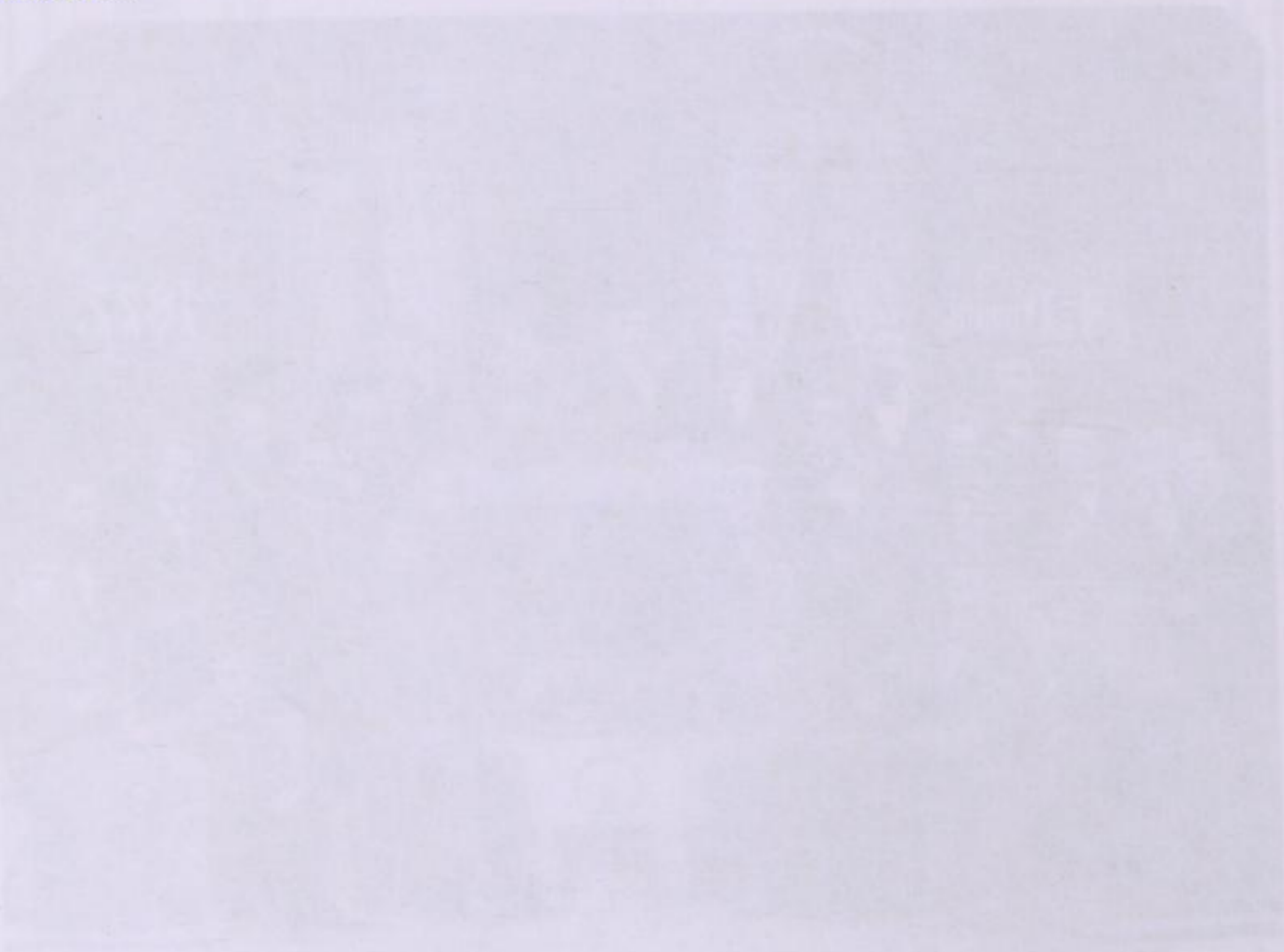
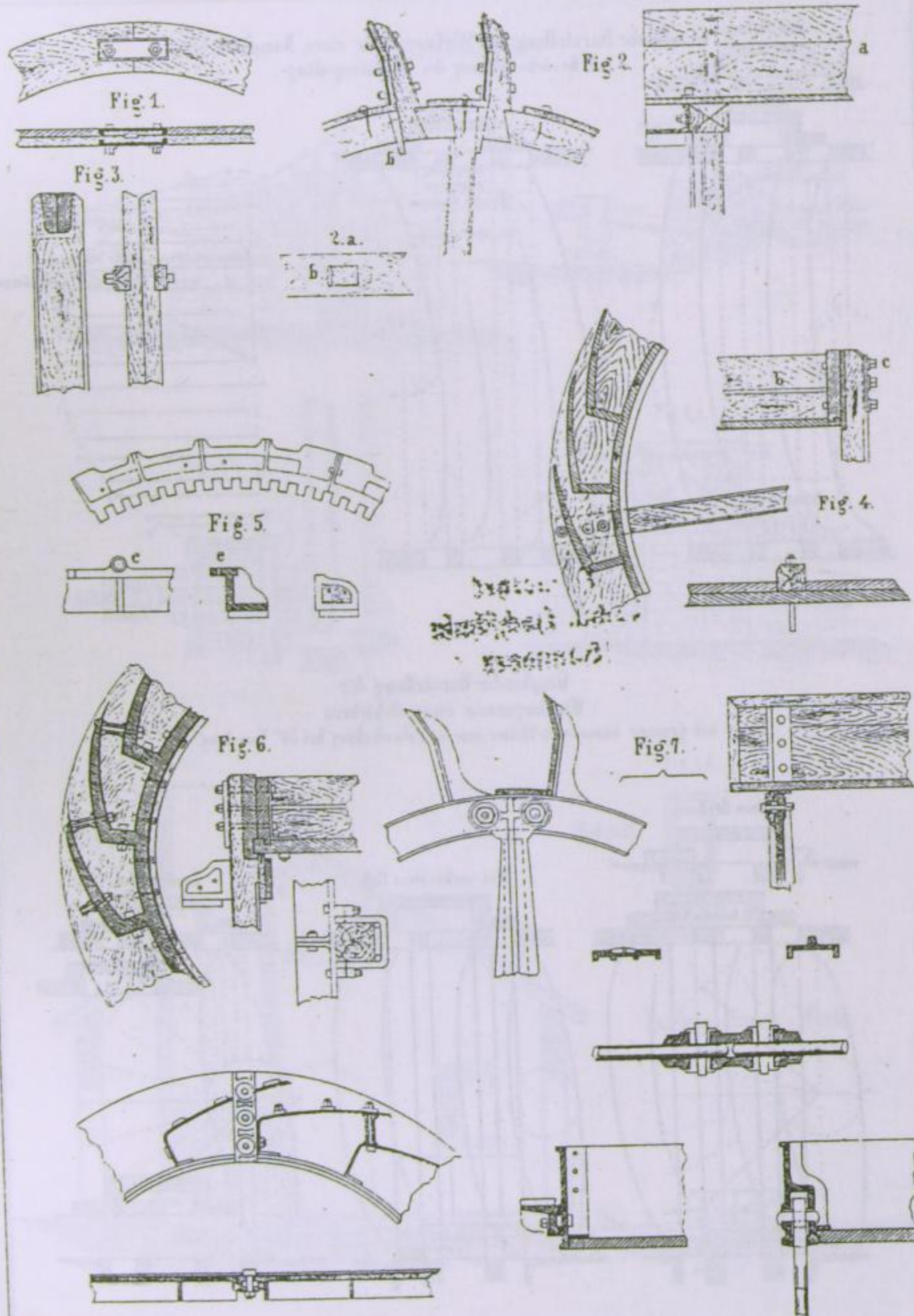




Abb.1 Absolventen des Maschinenbaustudiums 1877 (vierter Jahrgang) an der damaligen Polytechnischen Schule Hannover mit Stücken aus der Maschinen-Modellsammlung. Untere Reihe, 3. von links: Franz Frese, ab 1871 Assistent bei Moritz Rühlmann und als Professor von 1896 bis 1920 der Theoretischen Maschinenlehre auch für das Laboratorium der Abteilung Maschinen-Ingenieurwesen zuständig; 3. von rechts: Otto Grove, von 1861 bis 1879 Professor für Maschinenbau in Hannover, danach in Berlin und München. Zeitgenössische Fotografie aus dem Archiv der Universität Hannover, Dr. Rita Seidel.

Details zu Wasserrädern.



Lith. Anst. v. P. Simon in Karlsruhe

Abb. 2 "Details zu Wasserrädern", Tafel 17 aus Theodor REUTER (Hg.): Tafeln zu Dr. Redtenbacher's Vorträgen über Maschinenbau...; Karlsruhe 1862.

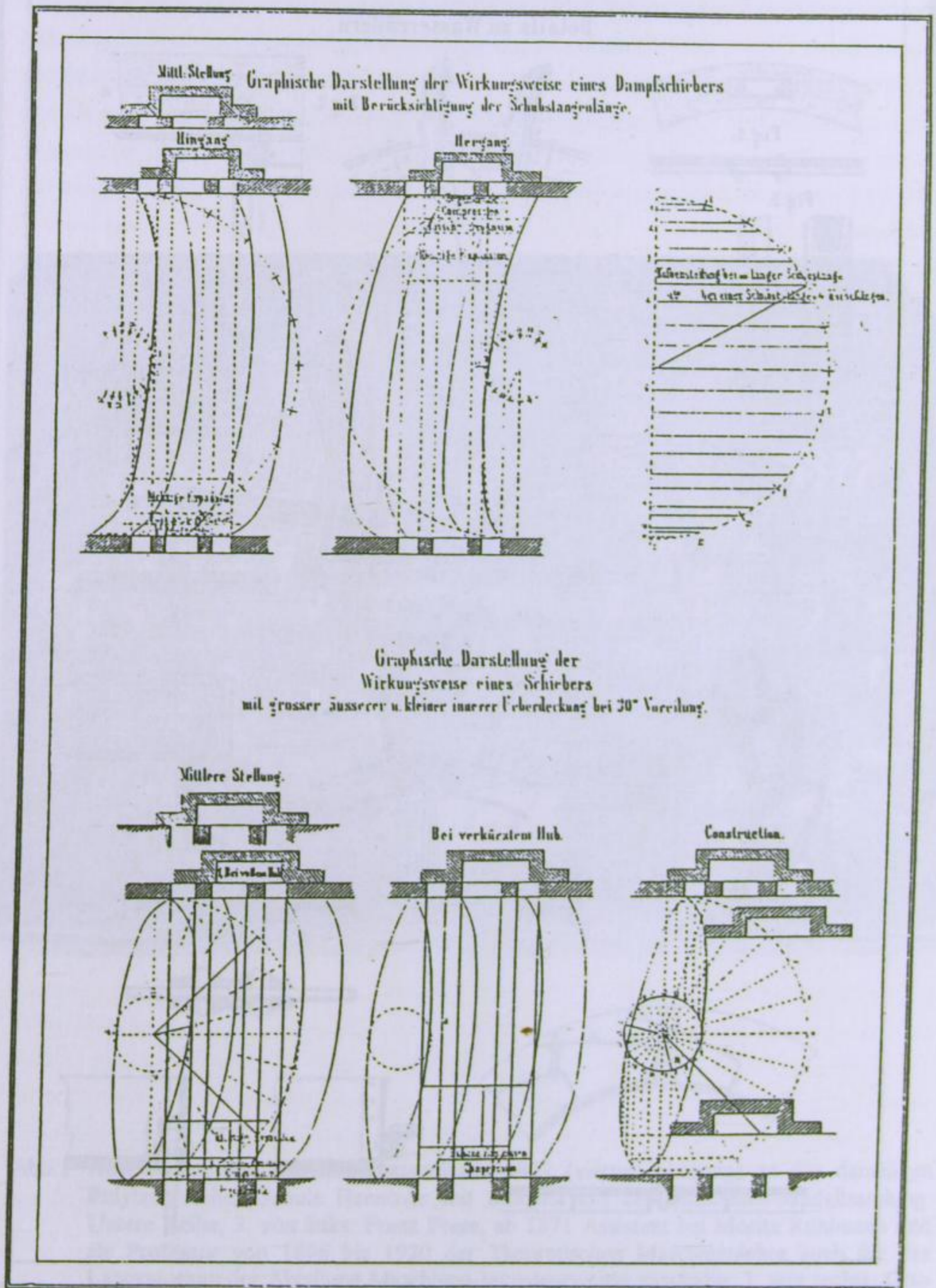
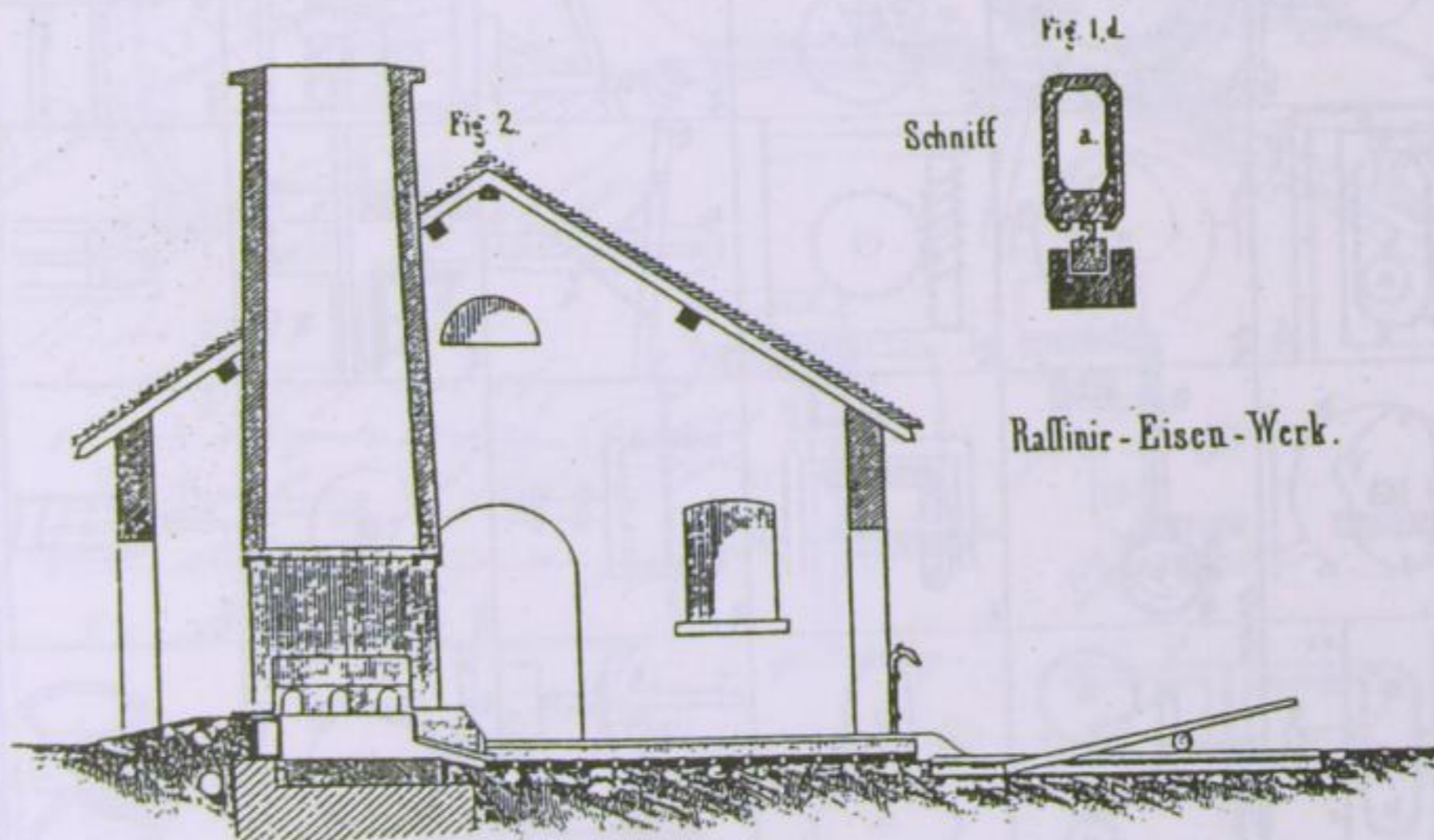
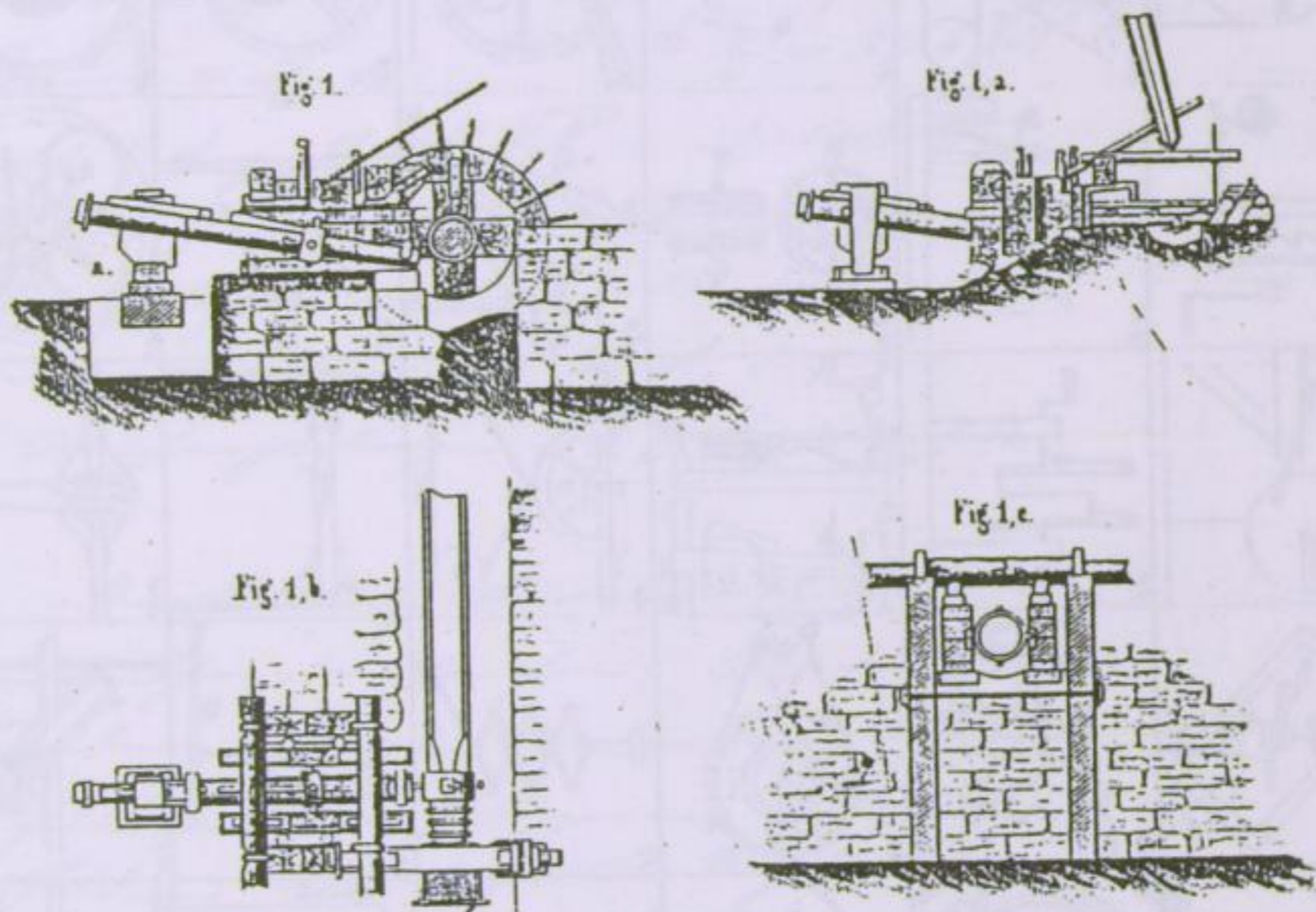


Abb.3 "Graphische Darstellung der Wirkungsweise eines Dampfschiebers... "; Tafel 53 aus Theodor REUTER a.a.o. 1862.

Zain-Hammer.



Lith. Just. v. Simon u. Götterich

Abb. 4 "Zain-Hammer" für Stabeisen mit rundem Querschnitt und "Raffinir-Eisen-Werk" mit Frischherd zur Stahlherstellung; Tafel 95 aus Theodor REUTER a. a. o. 1862.

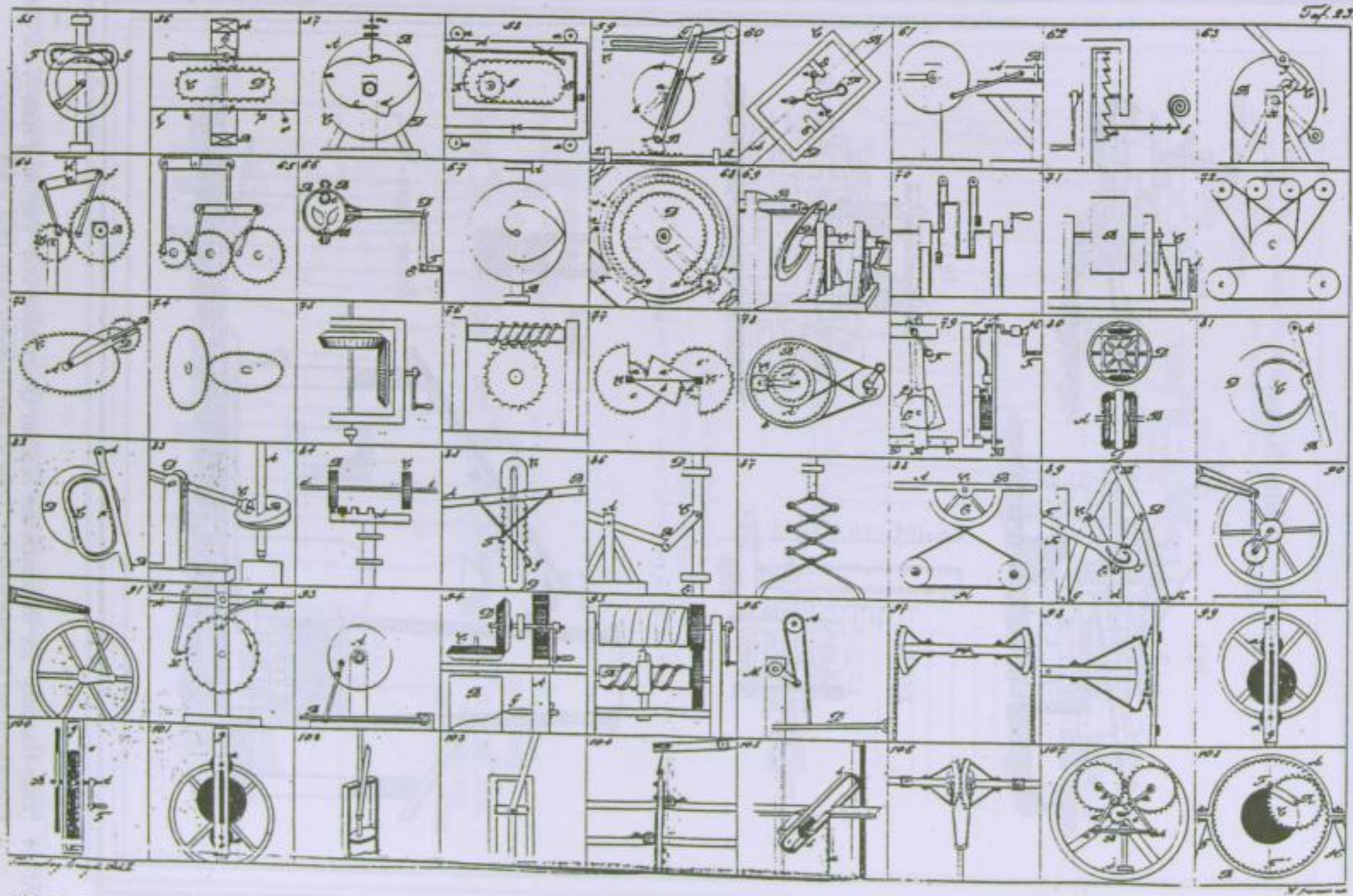


Abb.5 Bewegungsmechanismen; Tafel 23 zu Band 2 von Johann Joseph PRECHTL (Hg.): Technologische Encyclopädie... ; Stuttgart 1830.

Abb.5 Bewegungsmechanismen; Tafel 23 zu Band 2 von Johann Joseph PRECHTL (Hg.): Technologische Encyclopädie... ; Stuttgart 1830

83.

Umschlag = 800 gewöhnlich, ^{ausgedr.} $\frac{Q \cdot d^2}{4} = \frac{G}{2} \cdot \frac{1}{2} : 800 \cdot d^2 \frac{1}{4} = 225 \sqrt[3]{N^3}$
 $d = 0,89 \sqrt[3]{N^3}$ ^{ist die}
 Durchmesser der Radkränze der Radkränze.
 Durchmesser der Radkränze = $\frac{3}{4} d$, ^{ist die}
 Durchmesser der Radkränze = $0,6 d$ ^{ist die}

Der Radkranz kann aus Holz, Eisen
 oder Stahlblech sein. Man hat auch
 einen längeren Radkranz, ^{ist die}
 der die Pleuelen von ^{ist die}
 Pleuelen: ^{ist die} 5 Meter Durchmesser; ^{ist die}

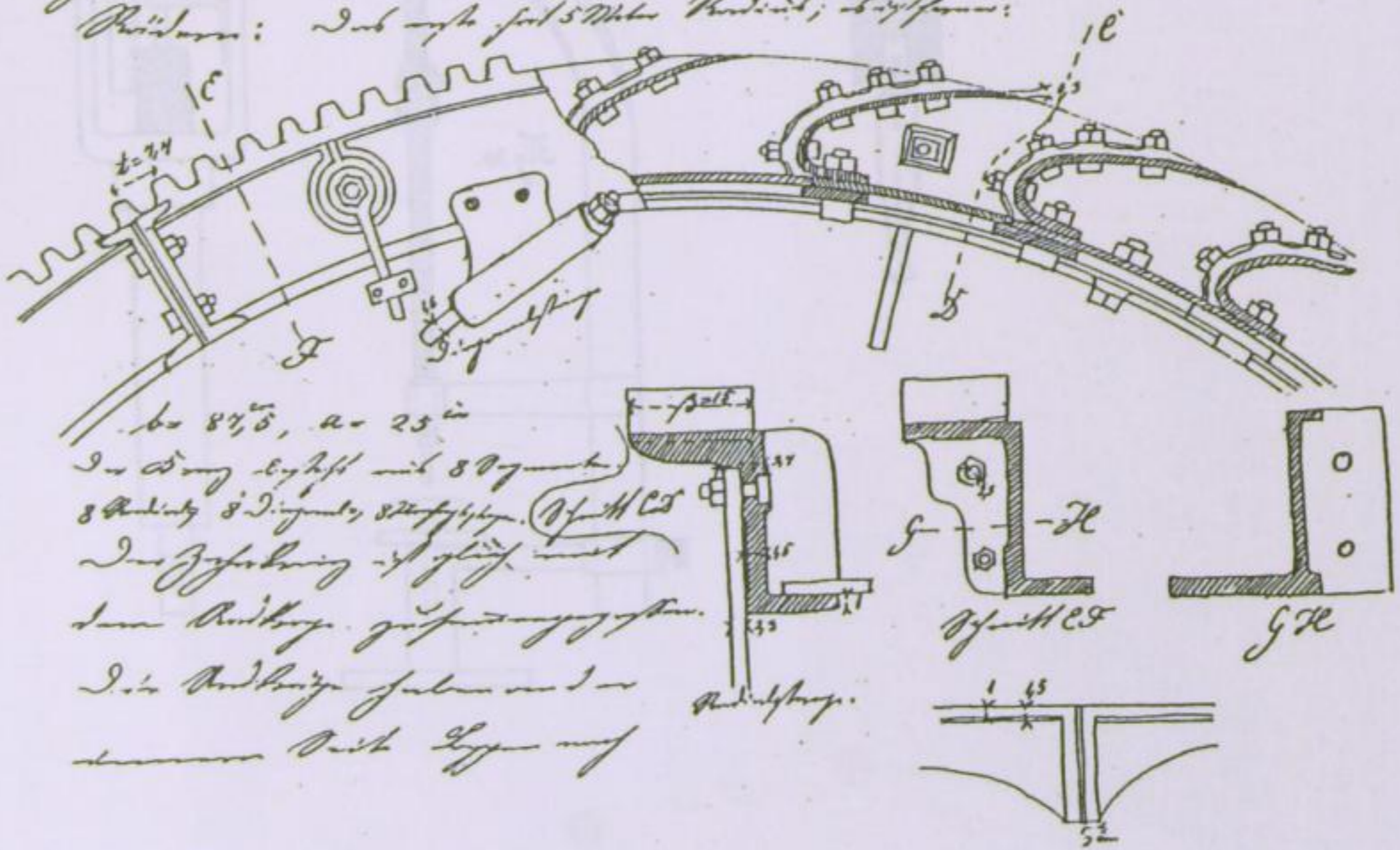


Abb.6 Details zum eisernen Radkranz eines überschlächtigen Wasserrades mit Drahtverspannung; aus W. KECK, Maschinenlehre. II.Cursus (Spezielle Maschinenlehre). Hannover 1860-1861; Ms. nach dem Vortrag von Moritz Rühlmann, Blatt 63.

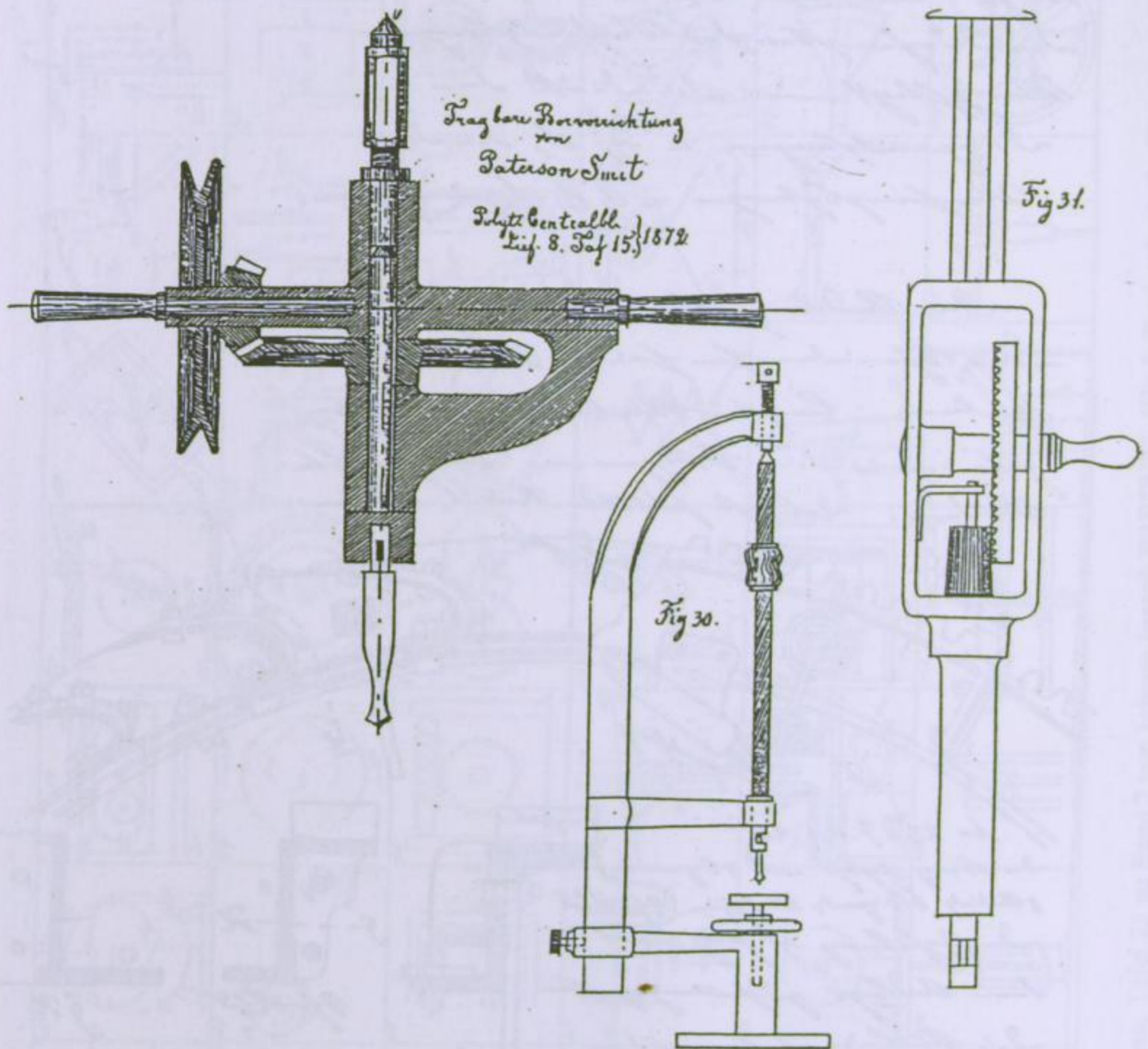


Abb. 7 "Tragbare Borvorrichtung...", "Archimedischer Bohrer mit Triebstahl-Spindel..." und "Kleiner Bohrer mit konischem Rad und Getrieb und Kurbel..."; Zeichnung aus Hermann GAUCKLER, Technologie. Skizzen. (zum) Vortrag des Herrn geh.(eimen) Reg.(ierungs) Rathes Prof. Dr. Karmarsch... ; Hannover 1872/73, Blatt VII, Figuren 29 bis 31.

Irmela Gorges

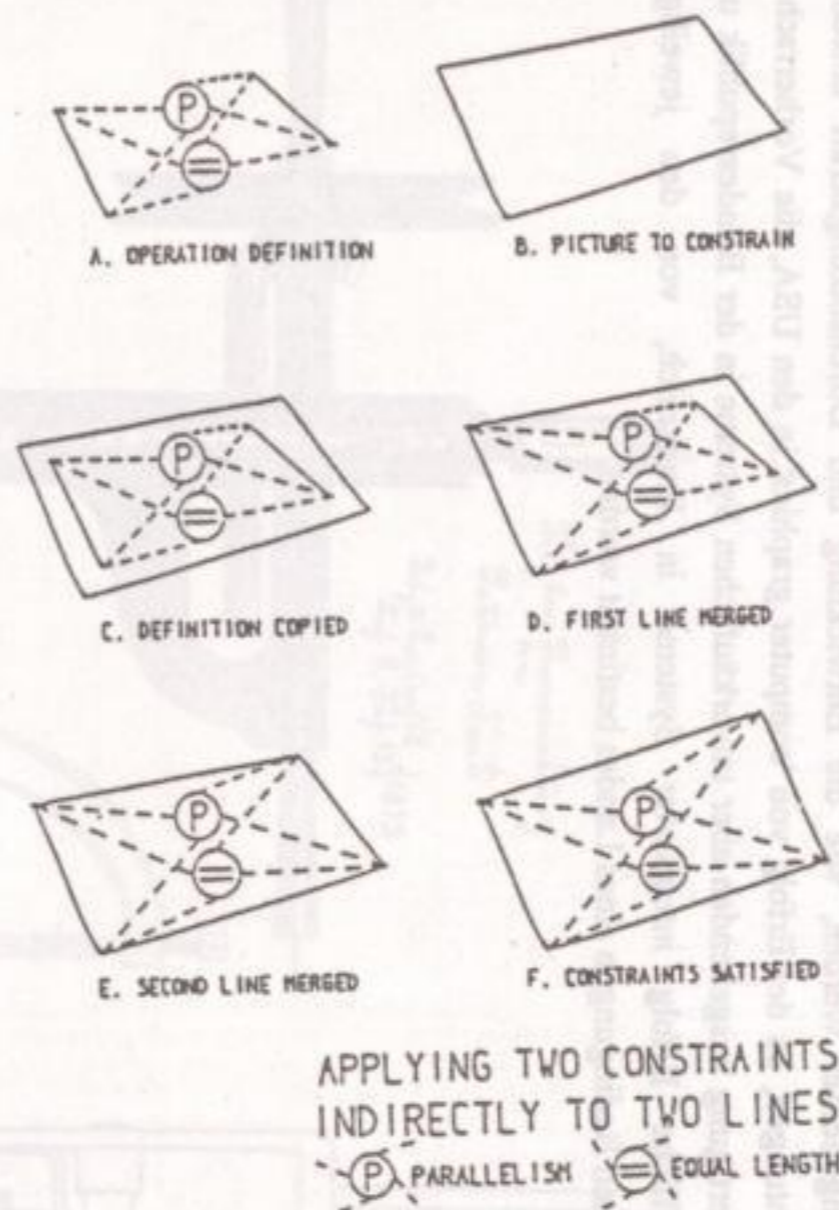
Die CAD-Forschung in den USA, Frankreich und Deutschland zwischen 1955 und 1985

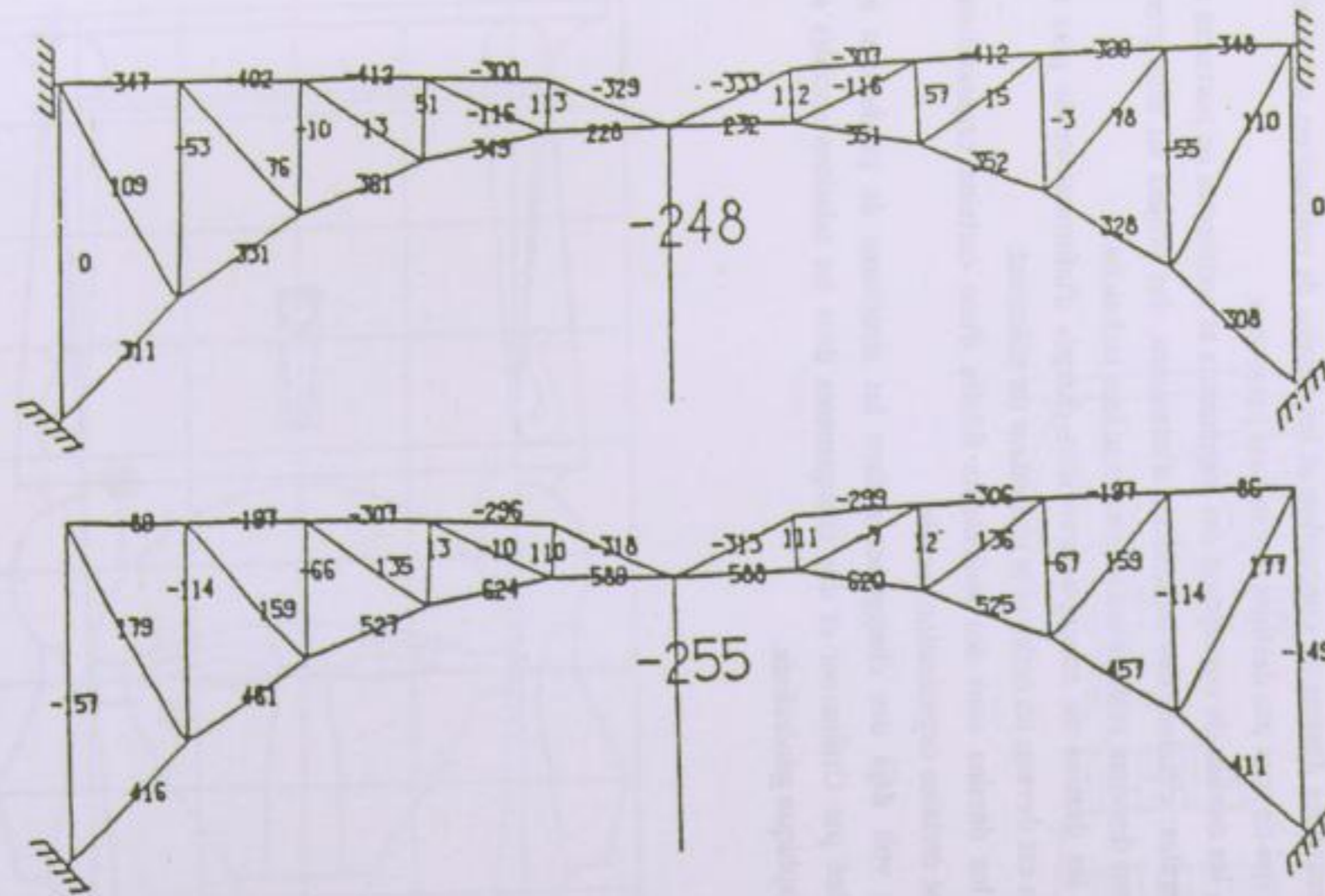
Die Geschichte der CAD Forschung in den USA, Deutschland und Frankreich spiegelt die Spannweite der neuen Technologie 'Com-puter-Aided Design' wider. In diesem Bericht konnte jedoch nur angedeutet werden, wie die Entwicklung und Durchsetzungskraft einzelner Forschungsrichtungen, so der Erfolg von 'computer graphics' in den USA, die Vorherrschaft der von der Fertigung ausgehenden aber unverkäuflichen Systeme in der Bundesrepublik und der wirtschaftliche Erfolg integrierter Systeme in Frankreich, von den jeweiligen gesellschaftlichen Bedingungen eines Landes bestimmt werden.



Abb.1 Ivan E. Sutherland arbeitet an der TX-2 Rechner-Konsole mit SKETCHPAD

Abb.2 Mit Hilfe von SKETCHPAD werden handgezeichnete Linien begradigt und zu Parallelen ausgerichtet. Abbildungen wurden auf dem TX-2 Bildschirm wieder gegeben. Abbildungen aus: Robert W. Mann: Computer-Aided Design - 1959 Through 1965 -in the Design and Graphics Division of MIT's Mechanical Engineering Department, in: Fundamental Developments of Computer-Aided Geometrical Modeling, Academic Press Limited 1993.





CANTILEVER AND ARCH BRIDGES

Abb.3 SKETCHPAD berechnet Druck- und Zugkräfte (kleine Ziffern), die sich im Stabwerk von Auslegern und Brücken bei unterschiedlichen Belastungen (große Ziffern) ergeben. Abbildung aus: Robert W. Mann: Computer-Aided Design - 1959 Through 1965 - in the Design and Graphics Division of MIT's Mechanical Engineering Department, in: Fundamental Developments of Computer-Aided Geometrical Modeling, Academic Press Limited 1993.

Yves Deforge

Quelques aperçus sur le rôle du dessin, dans la conception et la réalisation d'objets, petits ou gros...

Alors que pour les "petits" objets leur conception et leur réalisation peuvent être maîtrisées par le concepteur - réalisateur (par exemple, un artisan) sans autre support que ses savoirs et ses savoir-faire; pour les "gros" objets et les grands" projets le dessin s'est imposé, dès l'antiquité, comme le média par excellence. C'est un bon support de la réflexion et il permet la conservation de l'information au moindre coût. Dans l'examen de ces dessins il faut faire une nette distinction entre les dessins de conception et les dessins de réalisations qui n'ont pas la même fonction et qui ne sont pas destinés aux mêmes personnes.

Il y a longtemps, les dessins de conception des ingénieurs et architectes ne portaient que des informations générales: c'étaient des indications d'intentions, des projets au sens premier du terme, et les artisans devaient réaliser ces projets avec leur technicité.

Progressivement, les dessins de conception se sont chargés d'informations de plus en plus précises. Le dessin est devenu un ordre et le réalisateur un exécutant.

C'est-à-dire que les dessins sont des indicateurs fidèles d'une certaine organisation de la production et d'une certaine organisation sociale.

Pour demain, on voit déjà des changements dans les structures de production avec la Conception Assistée par Ordinateur et des changements dans les relations sociales avec la communication graphique généralisée.

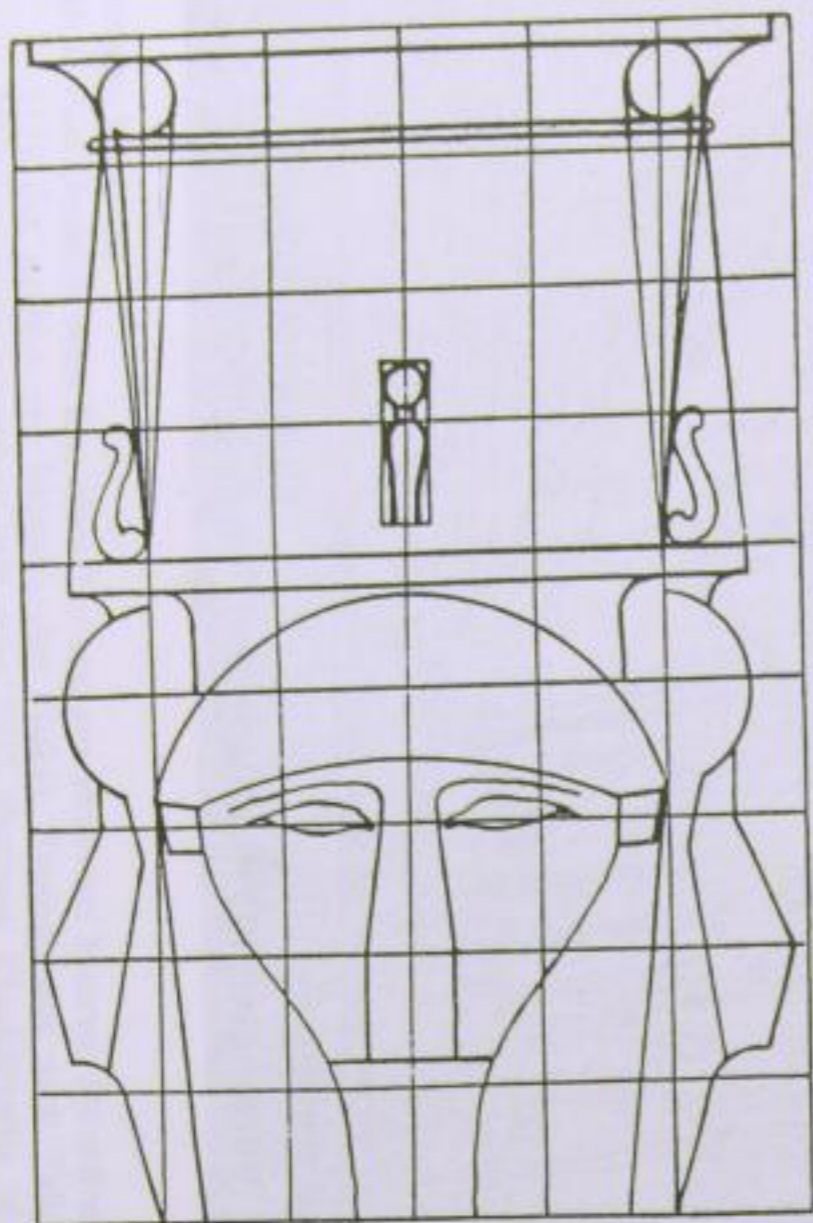


Abb. 1a Epure d'un chapiteau à tête d'Isis, (2800 av. J.C. ?), dessin de l'auteur d'après descrip. des Ant. égyptiennes, tome II des figures, chap. XVI, pl 62, fig. 3.

Abb. 1b Chapiteau à tête d'Isis du temple de DENDERAH, dessin de l'auteur d'après descrip. des Ant. égyptiennes, tome IV des figures.

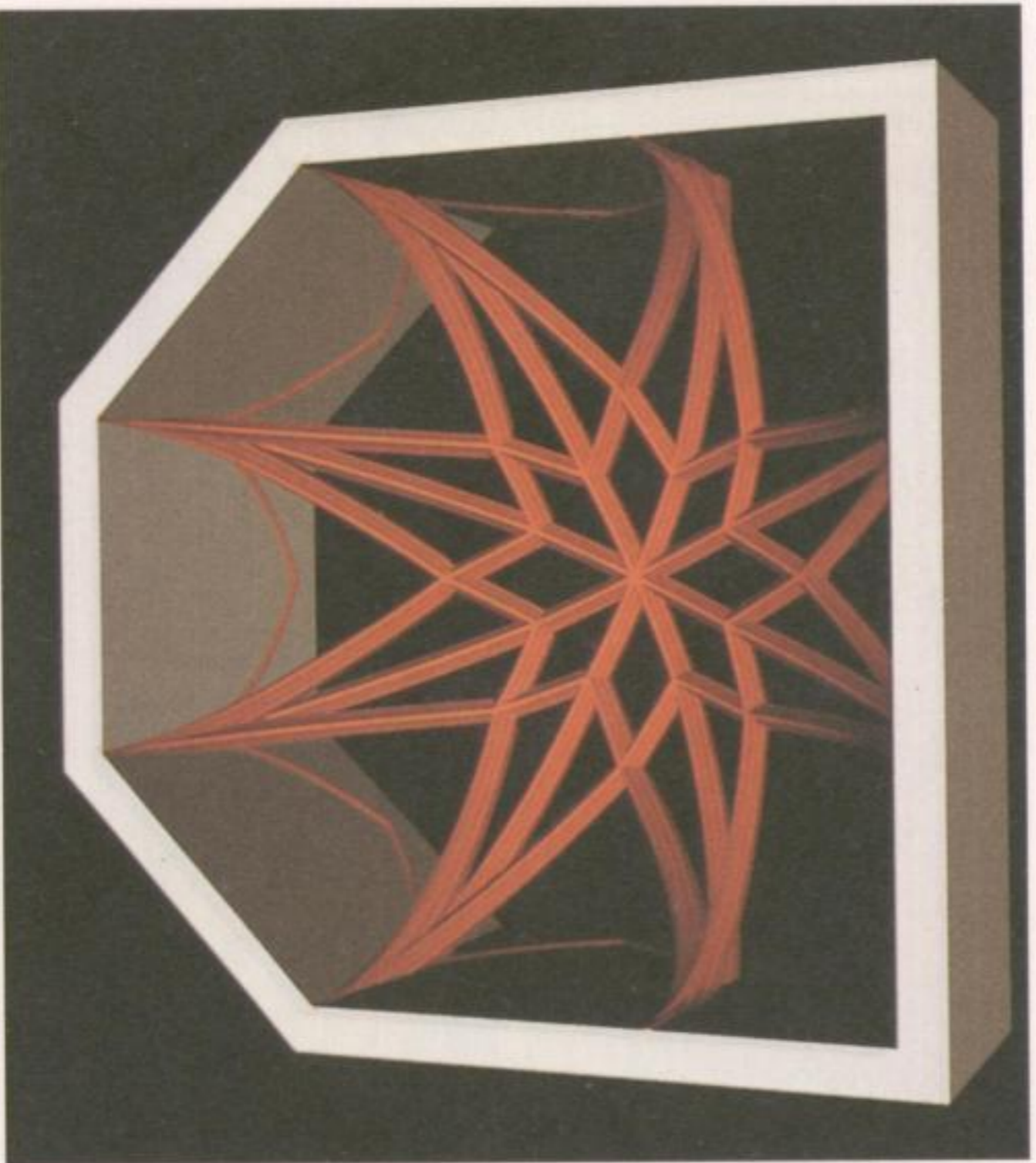


Abb.2 Mathieu PARIS, Vie de Saint Alban figure extraite des "Bâtisseurs de cathédrales gothiques", Ed des Musés de la ville de Strasbourg, 1989.

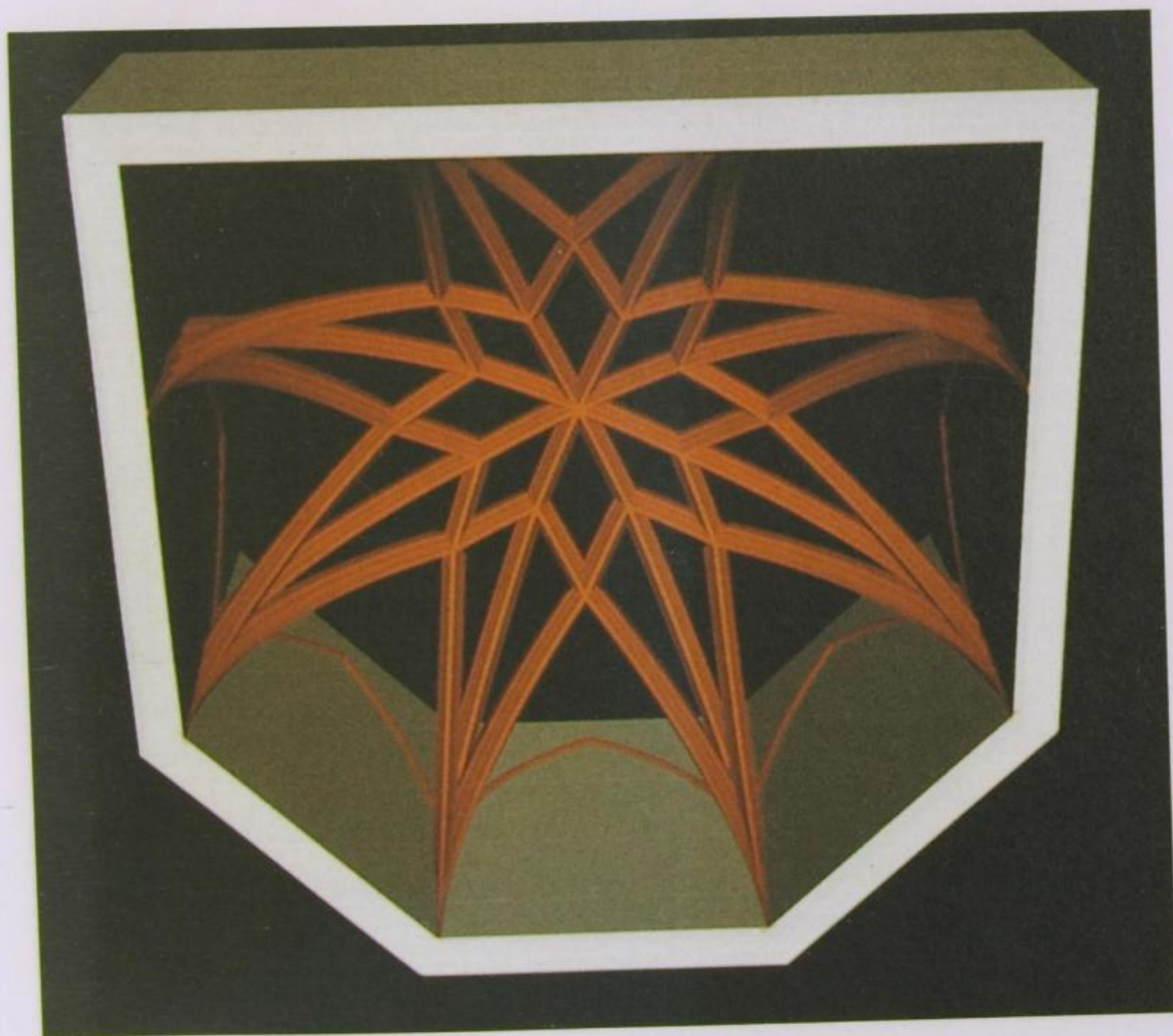


Eberhard Knobloch

Abb.1 Fünf Bauleute beim Bau eines Turmes; aus Hrabanus Maurus, *De universo*, Hs. Nr. 1132 des Archivs von Montecassino (1023). Reproduktion nach Tafel CXIII aus *Miniature sacre e profane dell' anno 1023 illustranti l'Enciclopedia Medioevale di Rabano Mauro*, riprodotte in 133 tavole cromolitografiche da un codice di Montecassino. hrsg. von Ambrogio Maria Amelli. Montecassino 1896.



Werner Müller und Norbert Quien
Abb. 2 Computergraphik mit nach Abb. 1 zu konstruierenden Rippensystemen.

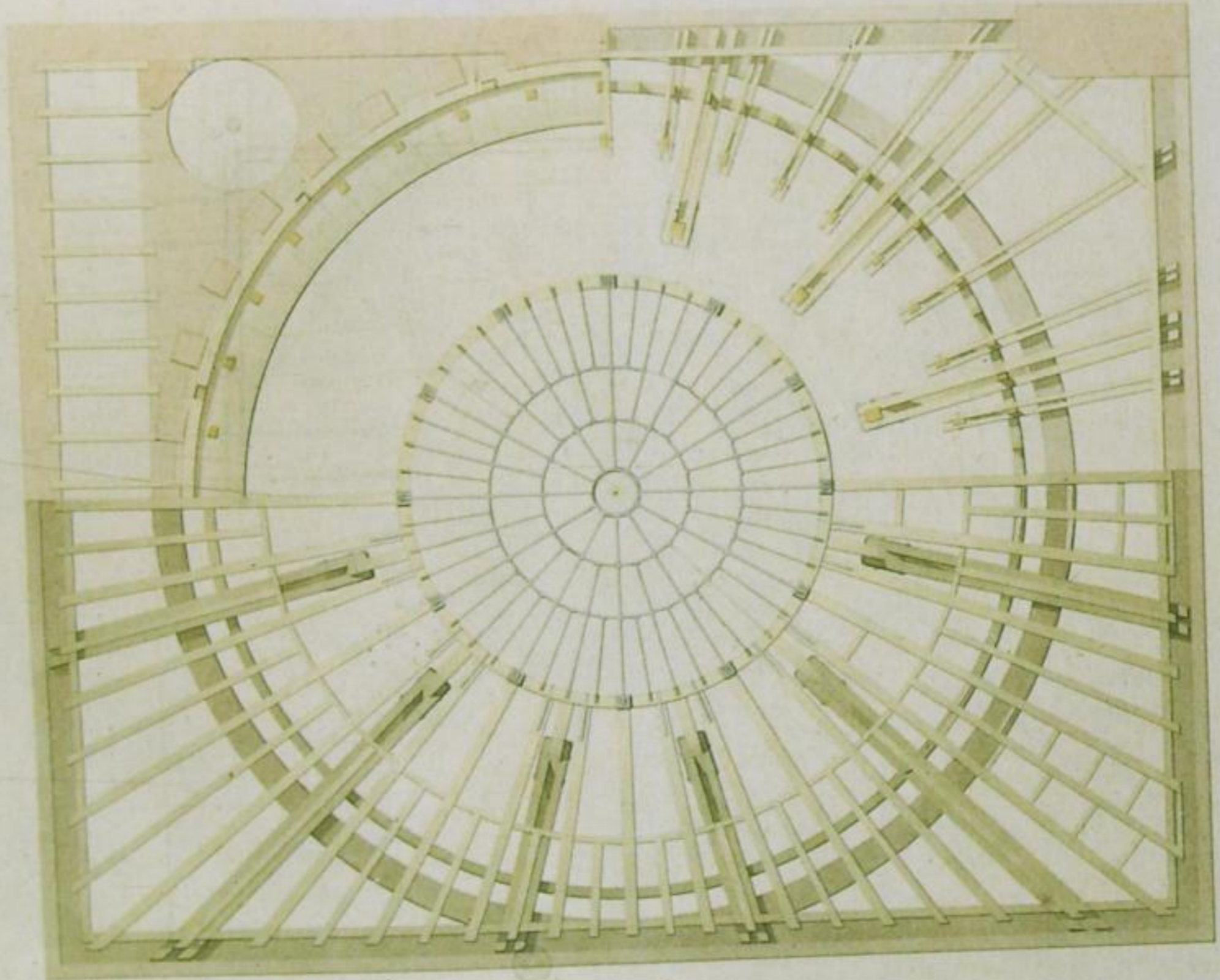


Werner Müller und Norbert Quien
Abb.2 Computergraphik mit nach Abb.1 zu konstruierenden Rippensystemen.



Werner Müller und Norbert Quien

Abb.3 Computergraphik mit nach Abb.1 zu konstruierenden Rippensystemen.



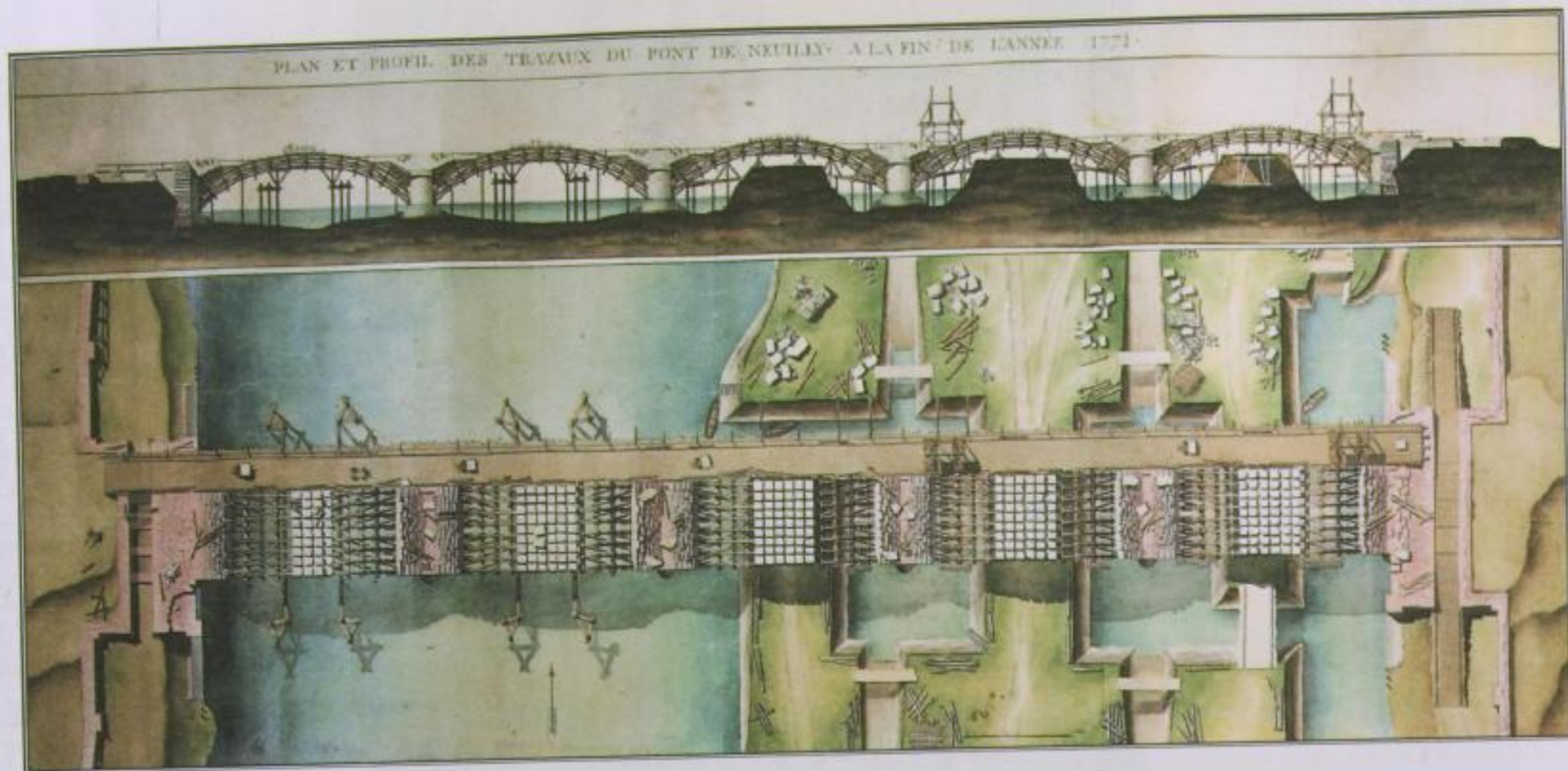
Werner Lorenz

Abb.1 Dach- und Oberlichtkonstruktion über der Rotunde des Alten Museums - Berlin.
 (signiert "Schinkel 1823", Feder, aquarelliert, Kupferstichkabinett Berlin, Inv. Nr. SM
 XXI. c 158).



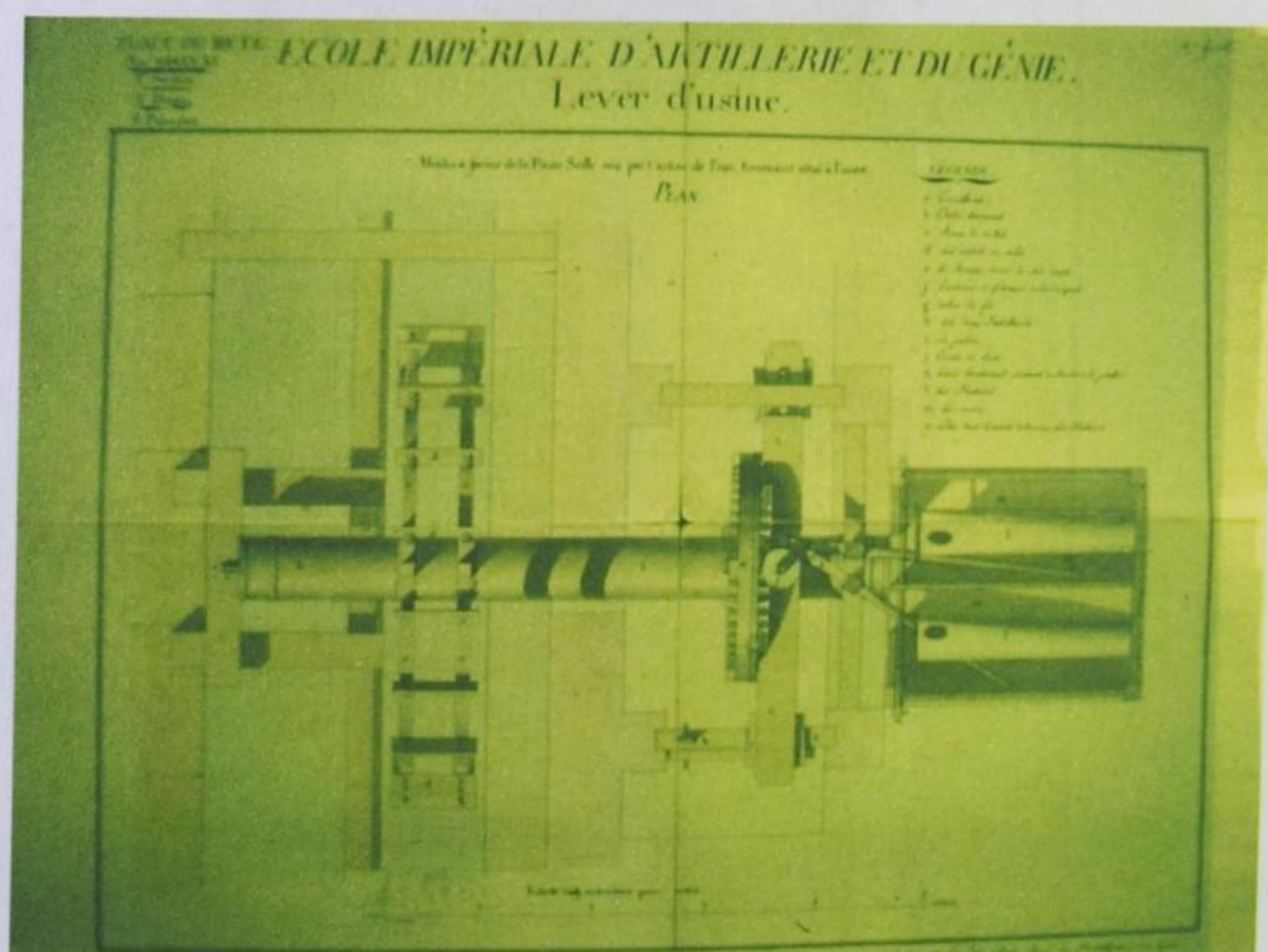
Werner Lorenz

Abb.5 Konstruktion der Rippendecke im Sternensaal des Neuen Museums - Berlin (um 1843, unsigniert, Feder, aquarelliert, Zentralarchiv der Staatlichen Museen Berlin Preußischer Kulturbesitz, Historische Abteilung, Bauverwaltung, Inv.Nr. 188).



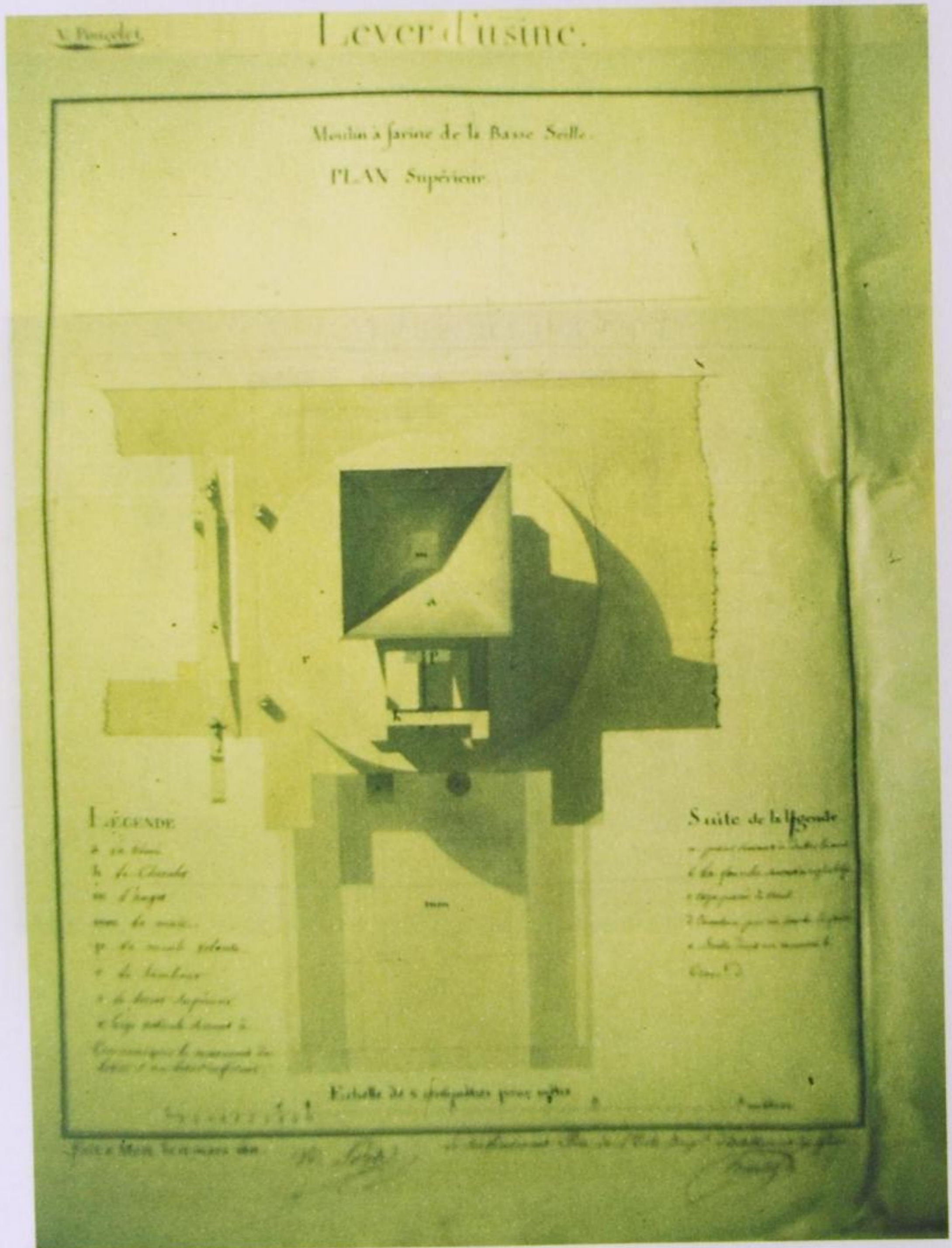
Antoine Picon

Abb.5 The bridge of Neuilly site in 1771. E.N.P.C. The bridge of Neuilly was designed and constructed by Perronet. The picture emphasises the ideal of a construction process similar to a manufacturing one.



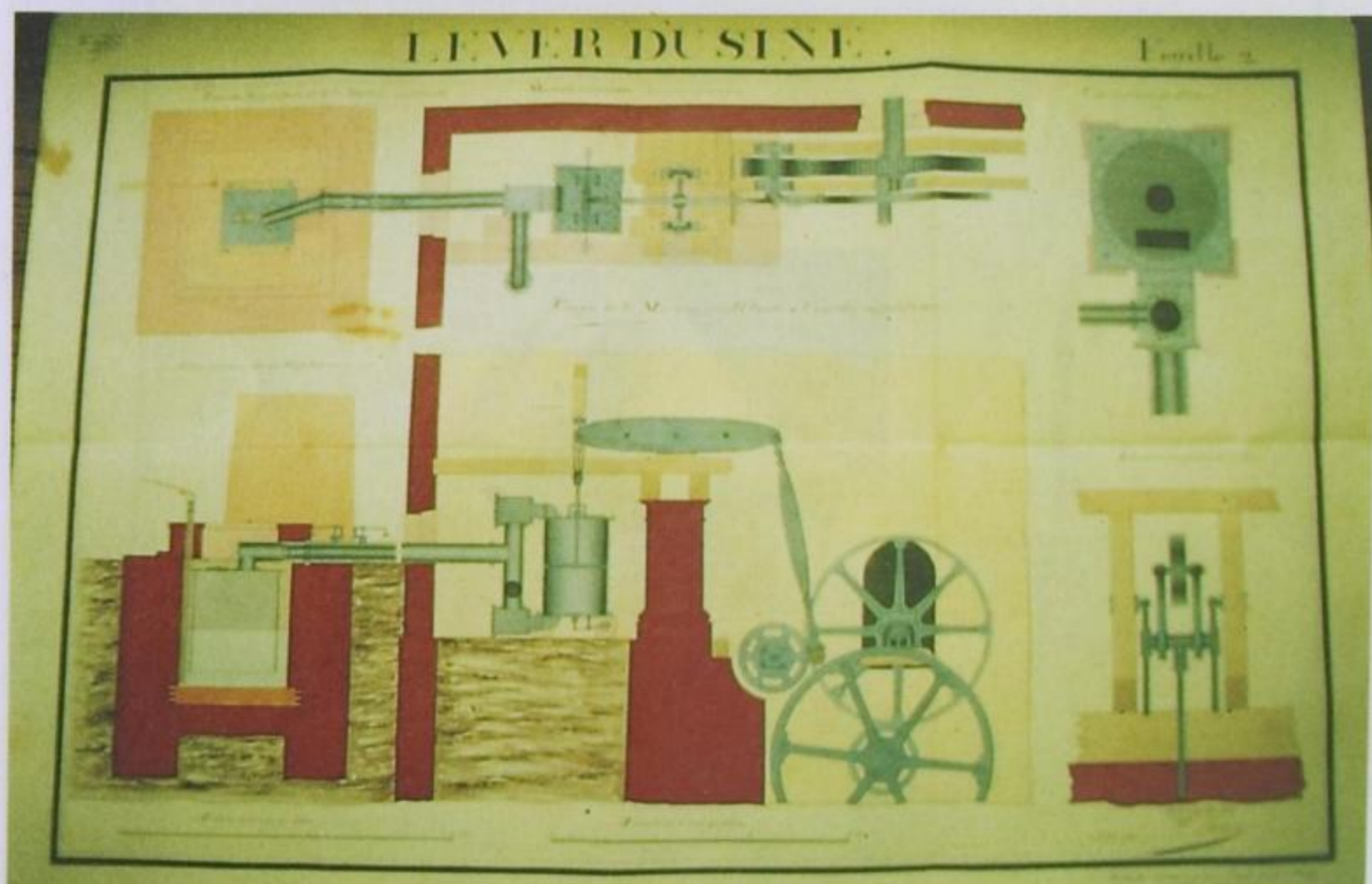
Andreas Kahlow

Abb.3 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 1, doc. 10: Poncelet: Lever d'usine; Moulin à farine I (Wasserrad einer Getreidemühle). Metz, 18. Febr. 1811.



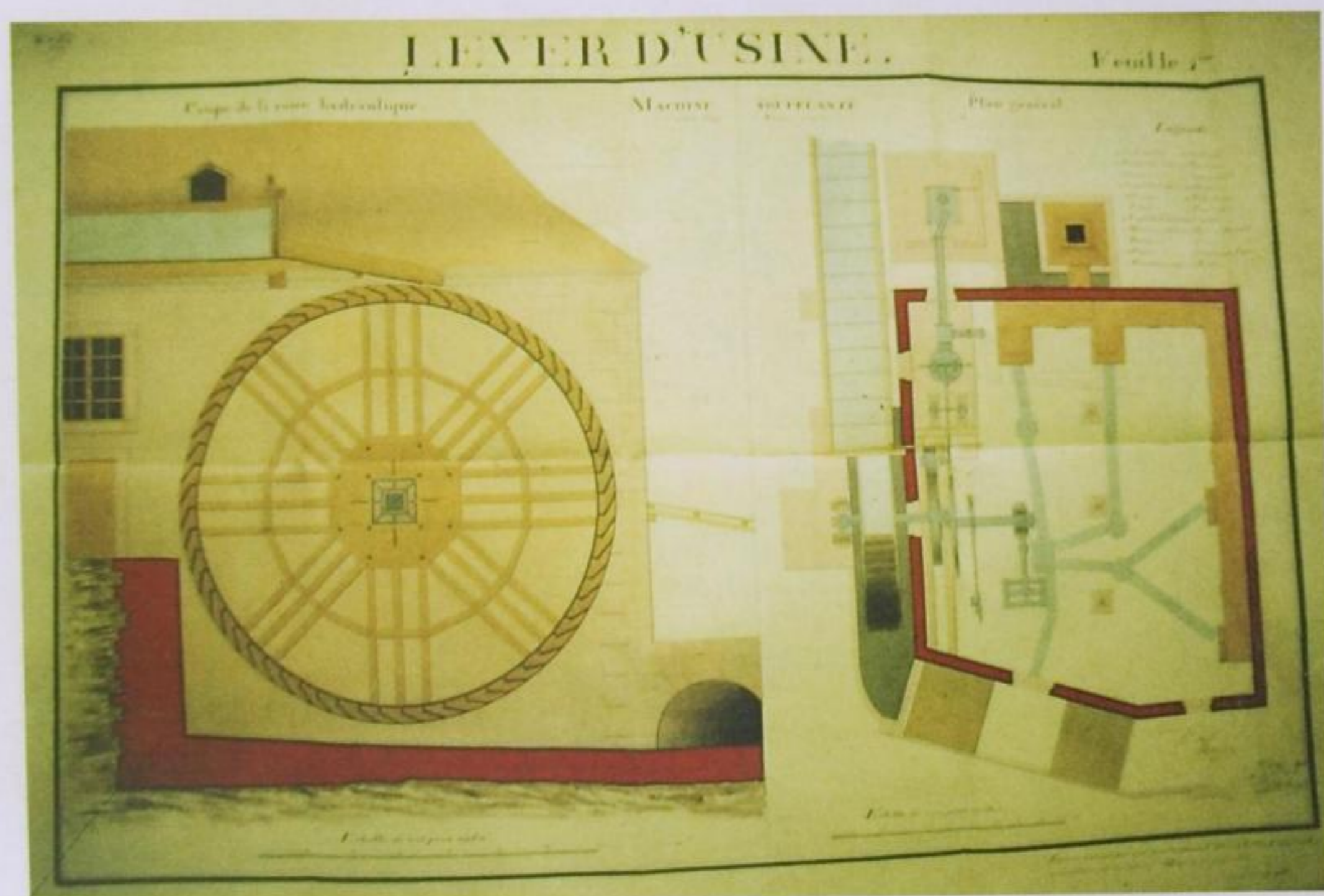
Andreas Kahlow

Abb.4 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 1, doc. 10: Poncelet: Lever d'usine; Moulin à farine IV (Mahlwerk einer Getreidemühle, vergl. Abb. 3). Metz, 11. Mars. 1811.



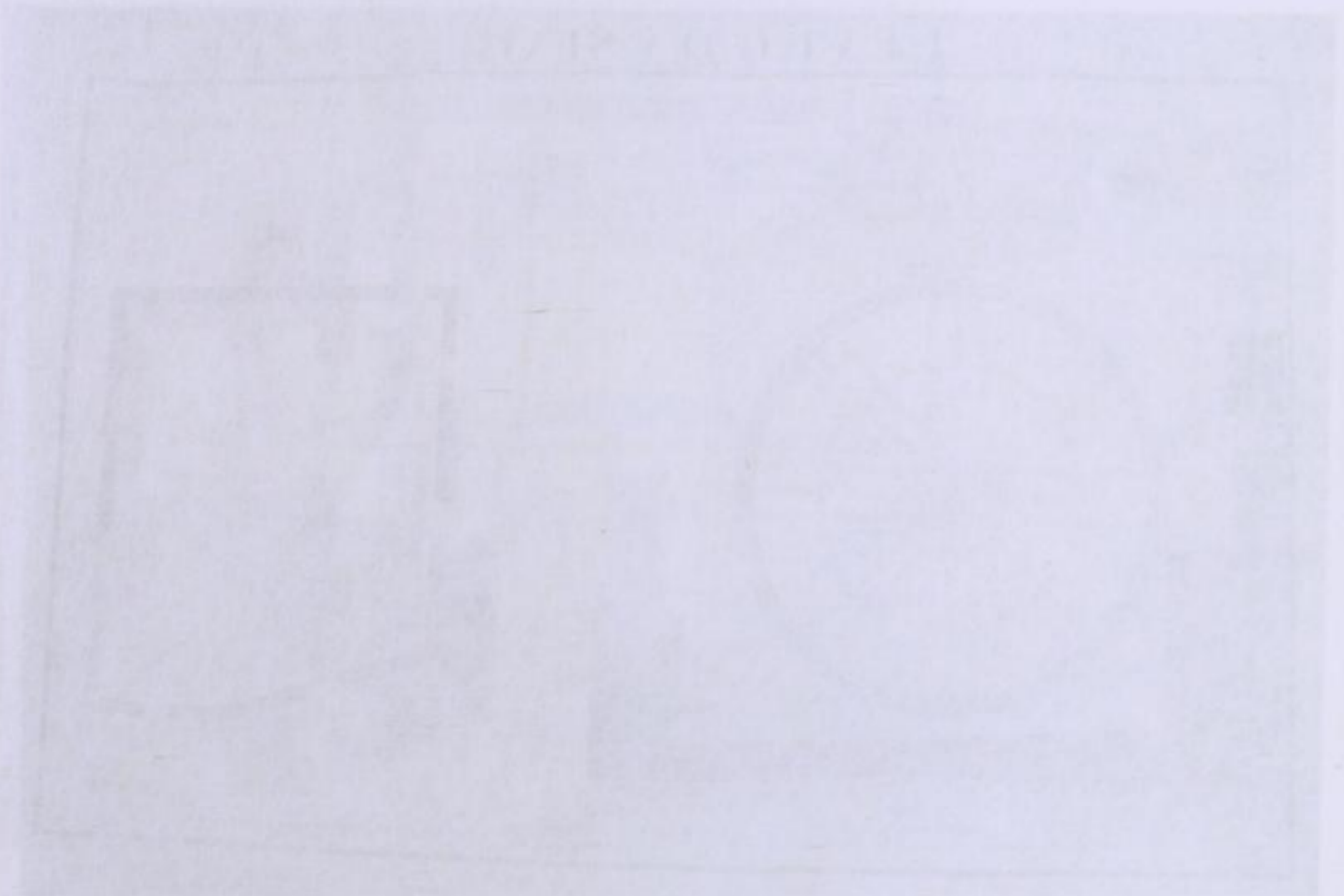
Andreas Kahlow

Abb.5 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 1, doc 19: Trois levers d'usines par les Élèves de l'École de Metz. Studenten-Zeichnung aus der Zeit, in der Poncelet Maschinenbau und angewandte und industrielle Mechanik in Metz unterrichtete (1820er bis Anfang der 1830er Jahre). Die Schattenperspektive wurde aufgegeben.



Andreas Kahlow

Abb.6 Archives EP, Fond Poncelet, Carton 1, doc 19: Trois levers d'usines par les Élèves de l'École de Metz. Eine zweite Studenten-Zeichnung aus der Zeit, in der Poncelet Lehrer in Metz war. Auch hier findet sich keine Schattenperspektive mehr (vergl. Abb.5).



Architectural drawing showing a large rectangular structure with internal divisions and a circular element to the right. The drawing is faint and appears to be a technical sketch or plan.

X

X

Universitätsbibliothek Dresden



1 0076086