Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums München Sonderheft 1977 Verlag Karl Thiemig München

ZB 7361
LS
ZB 7361 Sonderh. 1977
BIBLIOTHEK DES DEUTSCHEN MUSEUMS

Die alte Technik in Bilddokumenten aus Druckwerken der Bibliothek des Deutschen Museums

Bibliothek des Deutschen Museums
057001076770

Umschlagbild: Zimmermannsarbeit im Spätmittelalter. Das Handwerk des Zimmermanns wird hier in Verbindung mit dem Bau der Arche Noah vor Augen geführt. Zeitgenössisch kolorierter Holzschnitt von M. Wolgemut und H. Pleyenwurff aus: Hartmann *Schedel*, Das Buch der Chroniken. Nürnberg 1493. Bl. 11 r.

Kultur & Technik

Zeitschrift des
Deutschen Museums München

Herausgeber:
Deutsches Museum München,
Der Generaldirektor
Redaktion: Günther Gottmann
(verantwortlich), Zdenka Hlava,
Wolfgang Jean Stock
Redaktionsassistenz:
Hedwig Hahn
Deutsches Museum
Museumsinsel 1
D-8000 München 22
Telefon (0 89) 21 79 - 2 47
Telex 05-24 211
Die mit Autorennamen gezeichneten Artikel geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers und der Redaktion wieder.

Verlag Karl Thiemig AG
Pilgersheimer Straße 38
D-8000 München 90
Postfach 90 07 40
Telefon (0 89) 66 30 31
Telex 05-23 981
Vorstand: Günter Thiemig,
Vorsitzender; Hans Geiselberger,
Stellvertreter; Vorsitzende des
Aufsichtsrates: Emmi Thiemig.
Redaktion vom Dienst:
Wolfgang Jean Stock
Anzeigen: Michaela Franke
(zur Zeit Anzeigenpreisliste 1 gültig).

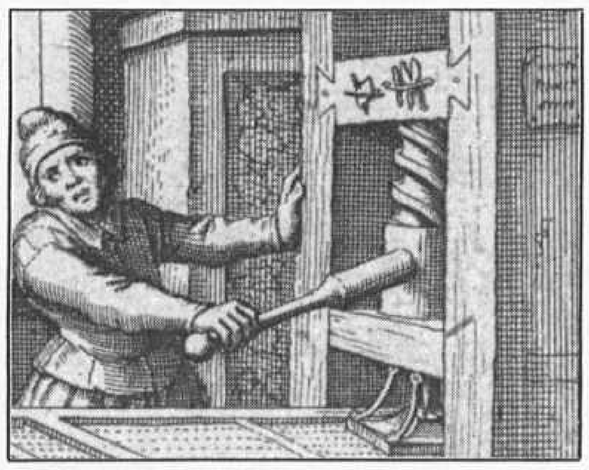
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der fotomechanischen Wiedergabe von Teilen der Zeitschrift oder im ganzen, sind dem Verlag vorbehalten.

© 1977 Karl Thiemig AG Munich
Printed in Germany

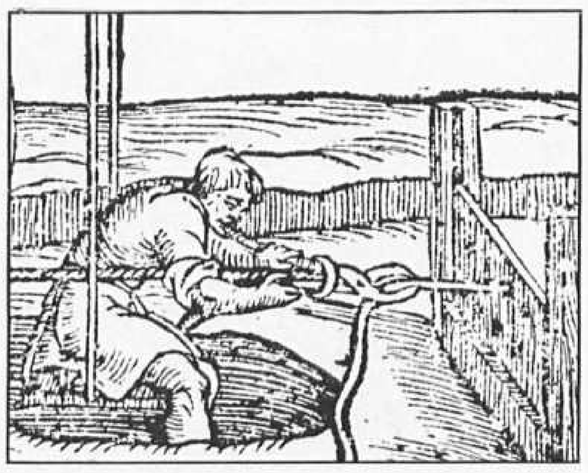
Gesamtherstellung Karl Thiemig, Graphische Kunstanstalt und Buchdruckerei AG, Pilgersheimer Str. 38, D-8000 München 90.

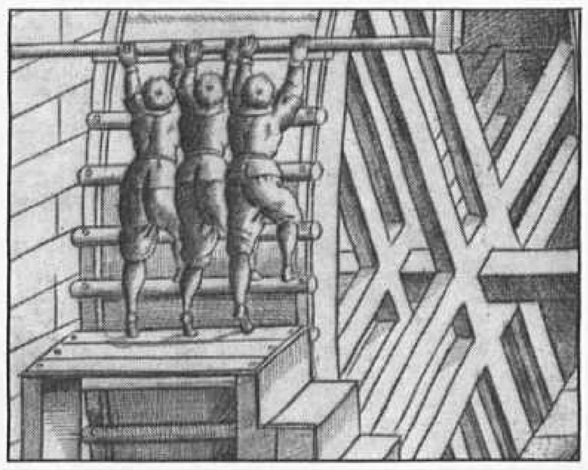
Gedruckt auf MVS* mit Stern 100 g/qm der Papierfabrik Scheufelen, 7318 Lenningen.

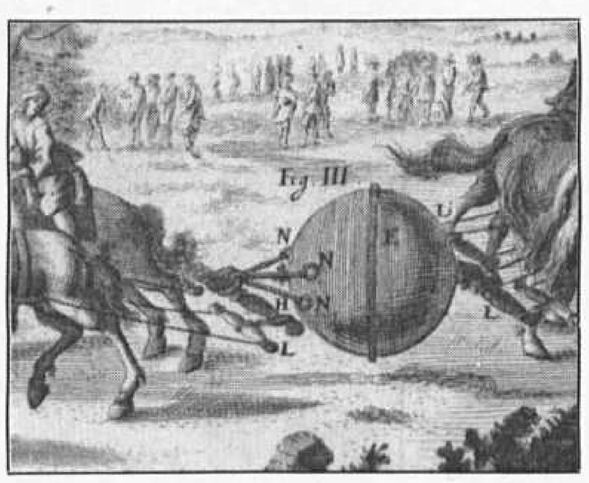
Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Mitglieder des Deutschen Museums, welche die Arbeit dieses Hauses durch einen Jahresmindestbeitrag von 36,— DM (Institutionen 100,— DM) fördern, erhalten sie kostenlos. Der von einer Mitgliedschaft unabhängige jährliche Bezugspreis beträgt in der Bundesrepublik Deutschland 16,— DM (Einzelheft 5,— DM), im Ausland 20,— DM (Einzelheft 6,— DM), jeweils zuzüglich Versandkosten. Abonnementsaufträge nimmt jede Buchhandlung im In- und Ausland entgegen, auch Einzelhefte sind über jede Buchhandlung zu beziehen.

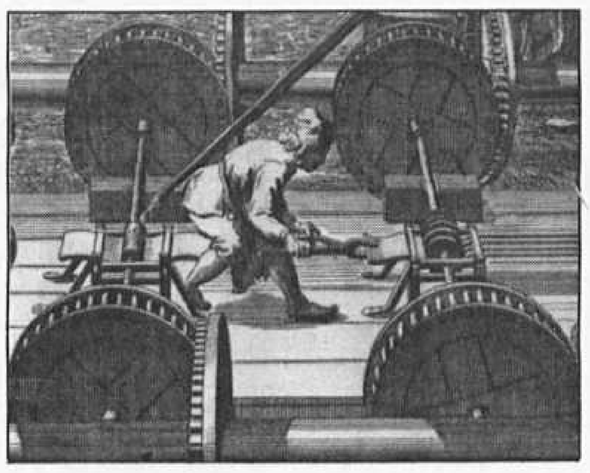
1


2

3


4


5


6


		Seite
1	Die einfachen Maschinen Wassermühle nach Vitruvius Hebezeug nach Vitruvius Die römischen Wasserleitungen Äolipile (Dampfreaktionsrad) Herons Öllampe mit automatischer Dochtnachführung Tempeltürenöffner	5
2	Die mechanischen Künste Bockwindmühle Wasserrad mit Nockenwelle Gewichtsräderuhr Schießpulvergeschütz Buchdruck	10
3	Geschützrohr mitsamt Lafette Der Garten der mathematischen Künste Holzschienenbahn für Grubenhunde Becherwerk mit Handbetrieb zur Wasserförderung Kehrrad zur Wasserförderung im Bergbau Stangenkunst Seigerherde Ziehen von Gold- und Silberdraht Ziehen von Eisendraht mit Wasserkraft Amalgamier-Mühlen Bagger Waagenmacher	17
4	Drehbank Kreiskolbenmaschine Kurbelkapselwerk Pneumatisches Spielwerk Seidenzwirnerei Bratenwender Kammerschleuse Die Niederlegung des Vatikanischen Obelisken Die Aufrichtung des Vatikanischen Obelisken Sonnenkraftmaschine Bohrmaschine Perpetuum mobile Mühle mit Antrieb durch Rindertretscheibe Getreidemühle mit Tretradantrieb Windturbine	27
5	Pascals Rechenmaschine Steintransport für den Bau des Louvre Guerickes Pferdeversuch Der Arbeit leistende Luftdruck Feuerspritze Thomas Saverys Dampfpumpe Papins atmosphärische Versuchsdampfmaschine Direktwirkende Hochdruck-Dampfpumpe Papins Wasserhebemaschine bei Marly Labor sanus — Labor insanus	42
6	Verschiedene Arten von Ventilen Newcomensche atmosphärische Dampfmaschine Eisenschneidwerk bei Lüttich Holländische Windmühle Wasserrad mit vertikaler Welle Einrammen von Schlagbindern für Schleusen in Holland Amsterdamer Baggermühle Verladen von Travertin-Steinen für die Bauten Roms Theorie des Gewölbes bei Giovanni Poleni Unterhaltsarbeiten an päpstlichen Bauwerken in Rom Gießofen für Bronzeguß Stecknadelherstellung im arbeitsteiligen Manufakturbetrieb Münzprägen mit der Schraubenpresse Bau der Seine-Brücke bei Mantes	51

Kultur & Technik

Der Titel ist Programm. Programm für das Deutsche Museum, das sich von Gründung an zur Aufgabe gestellt hat, »die historische Entwicklung der Naturwissenschaften, der Technik und der Industrie zu erforschen und deren Wechselwirkung zu zeigen«. Und um diese Wechselwirkung zu verdeutlichen, fügte der Vorstandsrat im Jahre 1976 dieser Definition in der Satzung des Museums ausdrücklich das Wort hinzu: »...und deren kulturelle Bedeutung«.

Kultur und Technik ist auch Programm dieser neuen Zeitschrift, die Spiegelbild der Arbeit des Museums sein will. Dabei ist das »und« des Titels keine Brücke zwischen zwei fremden Welten, sondern Zeichen der polaren Spannung einer wesensmäßigen Einheit. So wie Eltern nur leben als Mann *und* Frau, ist Menschsein nur möglich als Kultur *und* Technik. Eine Trennung ist nur denkbar, nicht machbar, soll Humanität nicht versinken in Illusion oder Brutalität.

Deshalb will »Kultur & Technik« berichten über die Naturwissenschaften und die Technik in Geschichte und Gegenwart und ihre kulturelle Bedeutung im weitesten Sinne des Wortes. Sie will nicht nur berichten, was Wissenschaft und Technik sind, sondern auch immer wieder sagen, zumindest fragen, wozu die immer undurchschaubareren Entwicklungen gut seien. Und dabei wird »Kultur & Technik« es nicht als Verbilligung empfinden, wenn sie Zunftsprachen vermeidet und sich dem Nichtfachmann verständlich zu machen sucht. Denn Verantwortung erwächst nicht aus fasziniertem Staunen oder protestierender Verwünschung komplexer Gebilde, sondern aus dem Verstehen einfacher Grundlagen.

Dann wird die Zeitschrift berichten aus dem Leben des Deutschen Museums und so lebendige Verbindung schaffen zu den vielen Mitgliedern des Hauses, die durch ihren Jahresbeitrag helfen, immer wieder Altes zu retten und Neues zu zeigen. Als Zeichen des Dankes für diese Unterstützung und der Rechenschaft über deren Verwendung erhalten die Mitglieder »Kultur & Technik« viermal im Jahr kostenlos. Und wenn im Jahr eineinhalb Millionen Besucher, darunter über achttausend Schulklassen, zum Deutschen Museum kommen, also ihr Interesse zeigen, dann kann die Zeitschrift vielleicht helfen, daß eine große Zahl von ihnen Mitglied wird und hilft, den Anschluß zu behalten an den raschen Wandel heutiger Wissenschaft und Technik.

Diese erste Nummer von »Kultur & Technik« ist noch keine Zeitschrift. Als Sonderausgabe schlägt sie nur eines der Themen an, die ab Herbst des Jahres den Inhalt der Hefte bestimmen. Die vorliegende Auswahl zeigt nur einige der Schätze, die in nur einer Abteilung des Museums warten, in der Sammlung »Libri rari«, seltener Bücher, in der Bibliothek. Die Zusammenstellung und Erläuterung will zugleich eine Hilfe sein für den, der unsere komplizierte Gegenwart aus ihrer geschichtlichen Herkunft verstehen möchte. Und als Materialsammlung dient sie den Lehrern, die im Unterricht der Geschichte nicht mehr den Beitrag der Technik vergessen und im Unterricht der Naturwissenschaften und der Techniklehre nicht ungeschichtlich nur ans Heute denken.

Herausgeber und Redaktion

BIBLIOTHEK DES DEUTSCHEN MUSEUMS MÜNCHEN
ZB 73 61
Csoucek, 1977

Die in der vorliegenden Veröffentlichung zusammengestellte Folge von Bildern zur alten Technik gibt Holzschnitte und Kupferstiche aus technischen Druckwerken vom Ausgang des 15. bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts wieder. Der Bildinhalt indes bezieht sich auf die Zeit von der Antike bis etwa 1750, bis an die Schwelle des industriellen Zeitalters also.

Die Reihe gibt keine zusammenhängende Geschichte der Technik. Sie vermittelt nur Teilaspekte der einzelnen Epochen der technischen Entwicklung. Die im allgemeinen recht anschaulichen und zuweilen auch künstlerisch beachtenswerten Darstellungen sprechen für sich selbst. Doch wurden, wo es nötig schien, technische Erläuterungen gegeben. Technikgeschichtliche und allgemein kulturhistorische Zusammenhänge sind hervorgehoben, Quellen für die Bilder überall angeführt. Es handelt sich dabei ausnahmslos um Werke, die in der Bibliothek des Deutschen Museums in München in einer Abteilung für ältere (vor 1750 erschienene) und im allgemeinen seltenere Bücher vorhanden sind.

Die Abbildungen wurden nicht in allen Fällen nach den Erscheinungsjahren der Werke geordnet, denen sie entnommen sind. Vielmehr war die Erfindungszeit des dargestellten Gegenstandes maßgebend, was vor allem bei den Blättern der Fall ist, die antike und mittelalterliche technische Entwicklungen behandeln. Für spätere Epochen fällt das Publikationsjahr mit der Zeit, in die der Bildinhalt gehört, meist zusammen, oder es liegt nur wenig später.

Die Blätterfolge beginnt mit einigen Bildern zur antiken Technik. Hier wurden unter anderem gedruckte Vitruvius-Editionen des 16. Jahrhunderts und Ausgaben der »Pneumatik« des alexandrinischen Mechanikers Heron aus demselben Säkulum herangezogen. Was die Holzschnitte zu Vitruvius betrifft, so sind dort zwar die Maschinen dem Vitruvius-Text entsprechend zeichnerisch rekonstruiert, doch die dabei dargestellten Menschen sind Figuren des 16. Jahrhunderts.

In ähnlicher Weise mußten auch für die wenigen hier vorgeführten mittelalterlichen Entwicklungen, wie schon angedeutet, Bilder aus Werken des ausgehenden 15. Jahrhunderts und späterer Zeit entnommen werden, da hier nur Illustrationen in Holzschnitt oder Kupferstich aus gedruckten Werken in Frage kommen sollen. Der Buchdruck aber beginnt ja erst in der Mitte des 15. Jahrhunderts. Es wurden in allen Fällen Bilder ausgewählt, welche die wiedergegebenen technischen Gegenstände in etwa so zeigen, wie sie im Mittelalter in Erscheinung traten.

An den Anfang des folgenden Zeitabschnitts, der die Renaissance umfaßt, wurde Dürers meisterhafter Holzschnitt eines Kanonenrohrs mit Lafette gestellt. Er läßt erkennen, wie dieser Künstler auch einer ausgesprochen technischen Sehweise fähig war. Von den Themen des 16. Jahrhunderts tritt im übrigen das Berg- und Hüttenwesen besonders hervor. Die Holzschnitte aus den Werken etwa der Georgius Agricola und Lazarus Ercker zählen mit zu den schönsten technischen Buchillustrationen der alten Zeit.

Eine weitere Gruppe von Blättern gehört der Übergangszeit von der Renaissance zum Barock an. Neben dem Unternehmen des Obeliskentransports durch Papst Sixtus V., der Rom in eine barocke Stadt umzuwandeln begann, stehen hier technische Projekte, die viel konstruktiven Sinn verraten, aber andererseits sich mit den Mitteln der damaligen Zeit noch nicht verwirklichen ließen. Diese Entwürfe erschienen in repräsentativen Kupferstichwerken, bestimmt für »hochmögende adlige Kreise«, abgefaßt von Ingenieuren, die im Dienste eines Fürsten standen. Der Kriegsingenieur Agostino Ramelli ist hier bezeichnendes Beispiel.

In der Epoche des hohen Barocks begegnen uns Unterfangen wie die riesenhafte, unter Ludwig XIV. gleichsam ad maiorem regis gloriam errichtete Wasserhebeanlage bei Marly zur Versorgung der Gärten von Versailles mit Wasser. Sie ist Beispiel höfischer Technik im Zeitalter des Absolutismus. Wesentlich für diese Epoche ist die Suche nach einem wirksamen Kraftantrieb für die Wasserförderung, sowohl für die barocken Gartenanlagen als auch besonders für Bergwerke, in denen — je tiefer man die Schächte trieb — das Wasser immer mehr zusammenlief. In diesen Problemkreis gehören der Stich zu dem Versuch Guerickes über den Arbeit leistenden Luftdruck und die Darstellungen über die frühen Kraftmaschinen Papins und Saverys.

In der Reihe der Blätter des 18. Jahrhunderts, der Zeit der Aufklärung, steht das der Newcomenschen atmosphärischen Dampfmaschine am Anfang, die — wenn sie auch unrationell arbeitete — erstmals im Bergwesen zur Wasserhaltung praktisch angewandt werden konnte. Das Aufkommen der rationellen Dampfmaschine Watts, die — vor allem als Maschine mit Drehbewegung — wesentlich dazu beitrug, die industrielle Revolution einzuleiten, wird hier nicht behandelt, da diese Entwicklung außerhalb des abgesteckten Zeitraumes liegt.

Vier weitere Themen werden im Bilde vor Augen geführt. Es sind: Fragen der wissenschaftlichen Behandlung technischer Aufgaben, die um etwa 1700 einsetzt; die mit vorzüglichen technischen Zeichnungen in Kupferstich ausgestatteten holländischen Bücher über Mühlen- und Wasserbau, die erkennen lassen, daß in jenen Tagen der Mühlenbauer, der vom Zimmermannshandwerk herkam, neben dem Kunstmeister in den Bergwerken eigentlich schon als Ingenieur gelten mußte; das arbeitsteilige Manufakturwesen, gezeigt am klassischen Beispiel der Stecknadelfabrikation; die 1751 beginnende große französische »Encyclopédie« und Diderots Unterfangen, darin technische Gegenstände — namentlich im Tafelteil — weitgehend zu berücksichtigen, wodurch technisches Wissen, stärker als bisher, verbreitet wurde.

All diese Bestrebungen kamen allerdings erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts zum Tragen.

Die Erarbeitung dieser Sonderausgabe erfolgte innerhalb der Arbeitsgruppe Didaktik, die mit Mitteln der Stiftung Volkswagenwerk und des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft am Deutschen Museum eingerichtet wurde, um museumsbezogene Lehrmaterialien für Schulen und betriebliche Ausbilder zu erstellen.

Die alte Technik in Bilddokumenten aus Druckwerken der Bibliothek des Deutschen Museums

vom Ausgang
des 15. bis zur Mitte
des 18. Jahrhunderts

Auswahl und Erläuterung
von Prof. Dr. Friedrich Klemm
unter Mitarbeit von
Dr. Jochim Varchmin und
Dr. Ernst H. Berninger

Die einfachen Maschinen

Die fünf einfachen Maschinen, mit denen man durch eine kleine Kraft eine große Last bewegen kann, sind: Hebel (dazu Waage), Flaschenzug, Rad auf der Welle (Winde, Haspel), Keil, Schraube. Diese fünf mechanischen Potenzen werden von Heron von Alexandrien (1. Jahrhundert n. Chr.) und von Pappos (um 300 n. Chr.) im Zusammenhang behandelt.

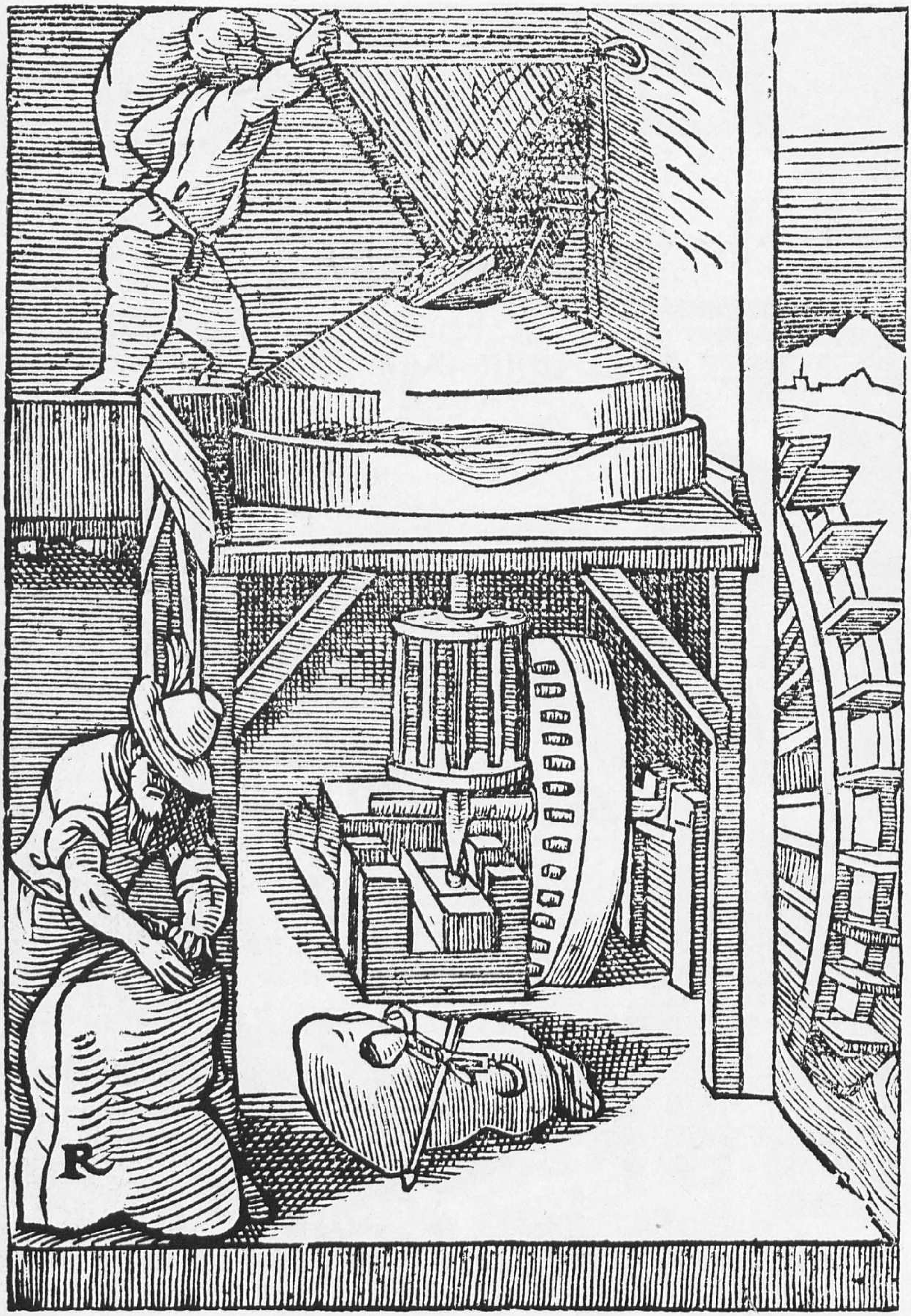
Zu den einzelnen Vorrichtungen sei bemerkt: Hebel und Keil sind vorgeschichtlich. Der Hebel ist das älteste mechanische Gerät überhaupt. Aristoteles (um 340 v. Chr.) stellte fest, daß beim Hebel das kleinere Gewicht den größeren Weg, die größere Last aber den kleineren Weg zurücklegt. Archimedes (um 250 v. Chr.) leitete das Hebelgesetz rein deduktiv ab.

Der einfache Flaschenzug kommt bei Aristoteles vor. Der zusammengesetzte Flaschenzug ist wohl eine Erfindung des Archimedes. Einfache Rollen treffen wir bereits im 9. Jahrhundert v. Chr. bei den Assyrern an. Das Rad an der Welle ist antik.

Die Schraube ohne Ende, die mit einem Zahnrad zusammen den Schneckentrieb ergibt, wurde von Archimedes erfunden, der auch die nach ihm benannte Schraube bekannt machte, die der Wasserförderung diente. Die Schraube zum Heben gehört dem 3. Jahrhundert v. Chr. an. Die Schraube in der Schraubenpresse wird von Vitruvius (25/23 v. Chr.) erwähnt. Die direktwirkende Schraubenpresse findet man bei Heron (1. Jahrhundert n. Chr.). Dagegen erscheint die Befestigungsschraube mit Mutter erst nach 200 n. Chr. im provinzialrömischen Gebiet.

Auf dem Bild rechts Archimedes, der mit einem Hebel die Erde aus den Angeln zu heben versucht, links wohl der oben schon genannte Pappos.

Titelkupfer aus: Daniel *Mögling,* Mechanische Kunstkammer. Tl. 1. Frankfurt a. M. 1629.

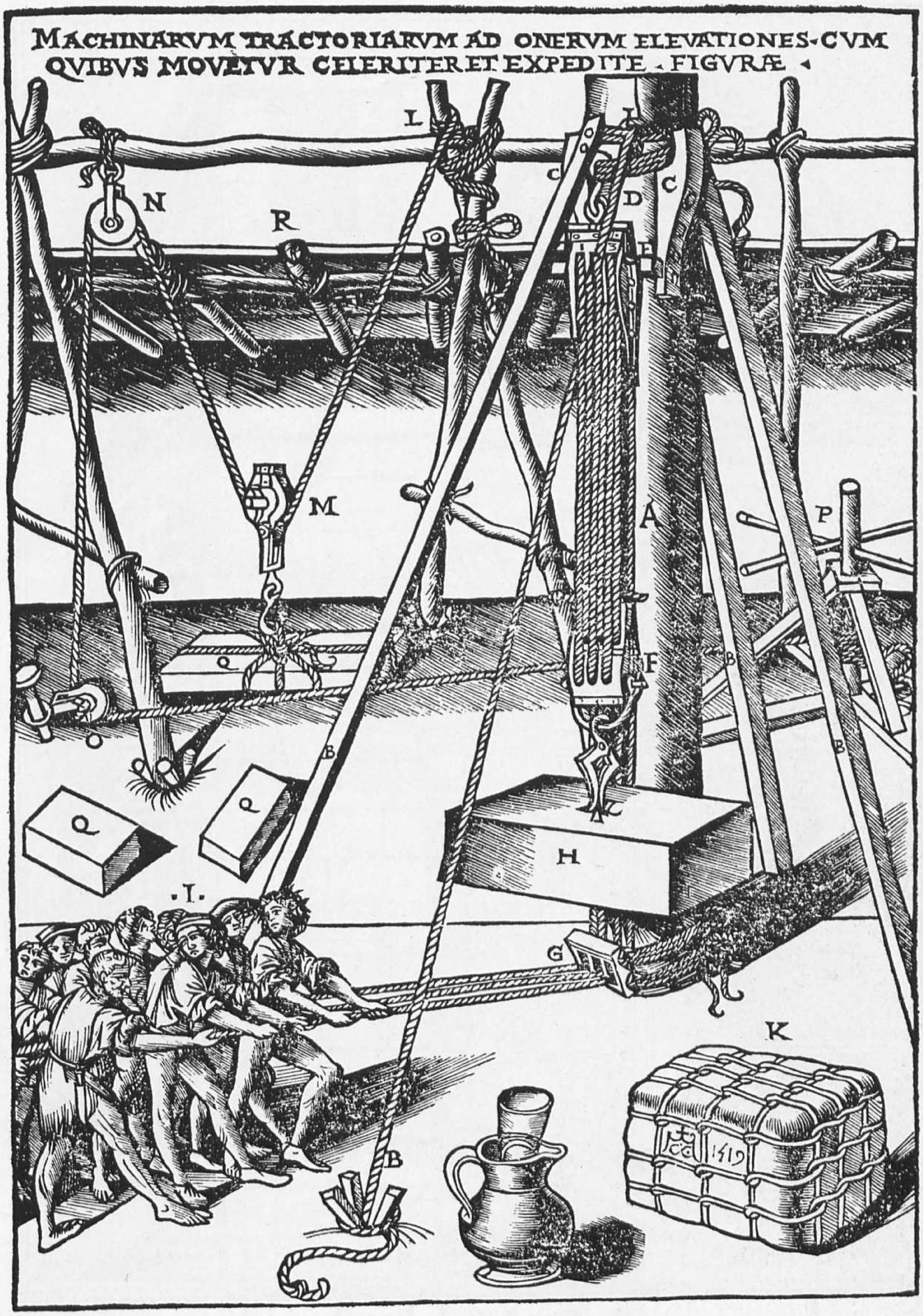


Wassermühle nach Vitruvius

Das Wasserrad, wie wir es kennen, mit waagerechter Welle und Zahnrad-Winkelgetriebe, ist wohl eine Entwicklung der Römer des 1. Jahrhunderts v. Chr. Vitruvius gab um 25/23 v. Chr. in seinem Architekturbuch die erste Beschreibung. Dieses Wasserrad hat sich vielleicht aus dem Flußschöpfrad des alten Orients entwickelt, das seit dem 7./6. Jahrhundert v. Chr. vorkommt. Vom 8. bis 10. Jahrhundert n. Chr. verbreitete sich das Vitruvische Wasserrad im Europa nördlich der Alpen sehr rasch.

Älter als die Vitruvische Wassermühle mit unterschlächtigem Rad ist das Wasserrad mit senkrechter Welle und Schußgerinne. Es scheint seit dem 2. Jahrhundert v. Chr. in den Gebirgsgegenden des Vorderen Orients angewandt worden zu sein.

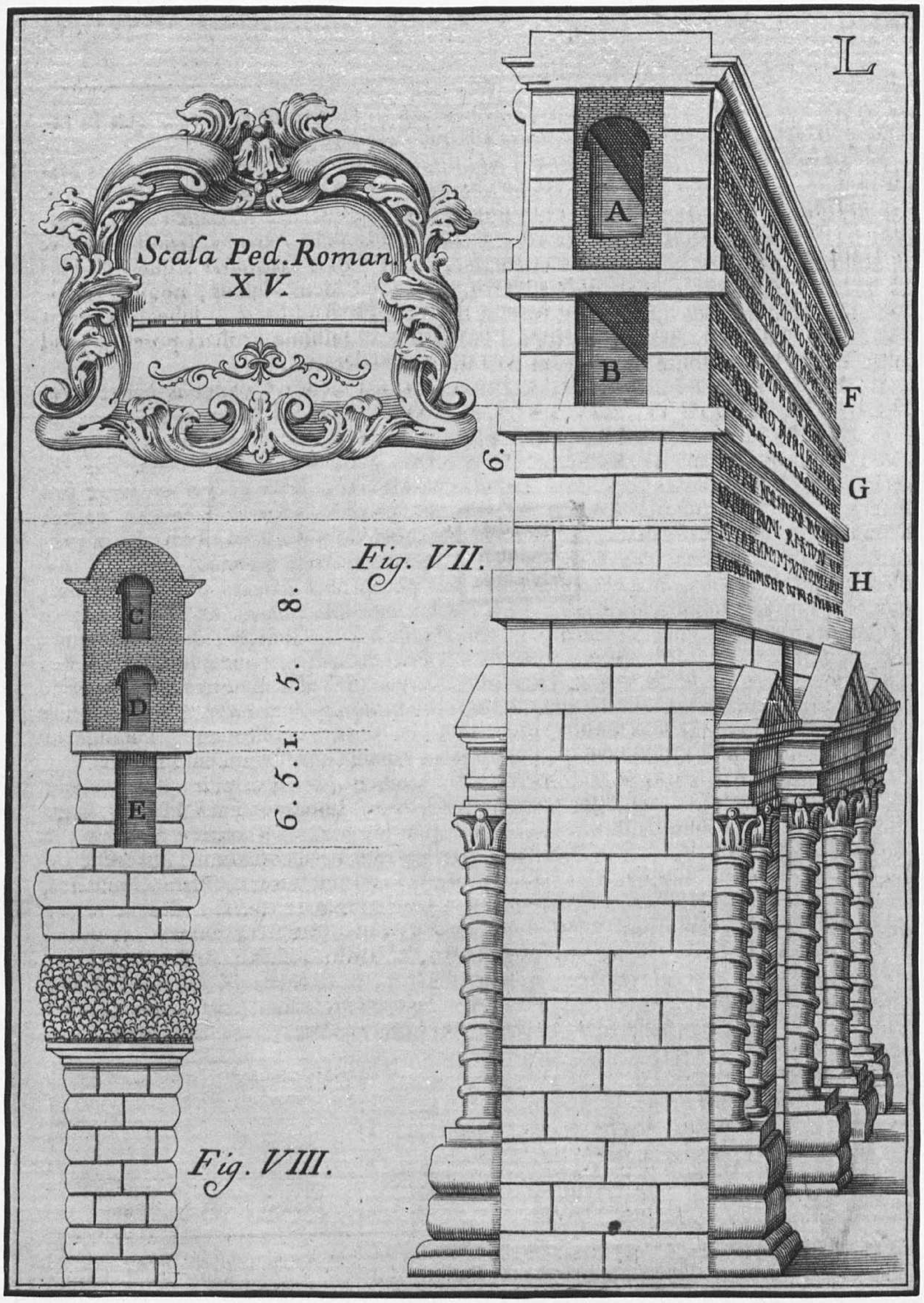
Holzschnitt aus: *Vitruvius,* De architectura libri decem. Lateinische Edition mit Kommentaren des Daniele Barbaro. Venedig 1567. S. 348 (italienische Vitruv-Ausgabe von D. Barbaro, Venedig 1556).
Orig. 10,2 × 7,0 cm.



Hebezeug nach Vitruvius

Ein Flaschenzug hängt an einem leicht schräg gestellten Mast, der durch Stützen und ein Seil gehalten wird. Die Flaschen des Flaschenzugs enthalten je drei Rollen nebeneinander. Die drei Zugseile werden über Leitrollen in die waagerechte Richtung geführt. An die zehn Männer — wohl Sklaven — ziehen an den Seilen.
Vitruvius erwähnt auch Flaschenzüge mit Flaschen, die übereinander zwei Reihen von je drei nebeneinanderlaufenden Rollen enthalten.

Holzschnitt aus: *Vitruvius,* De architectura libri X. Hrsg. von Cesare Cesariano u. a. (italienische Übersetzung und Kommentar). Como 1521. Bl. 166 r.



Die römischen Wasserleitungen

Die Römer bauten seit 312 v. Chr. zur Versorgung der Stadt Rom lange Gefällewasserleitungen, die zum Teil auf Aquädukten, brükkenartigen Bauwerken, oft aus mehrstöckigen Bogenstellungen bestehend, geleitet wurden. Bis zu drei Wasserkanäle lagen mitunter übereinander. Der Querschnitt der Leitungen betrug 1 bis 2 m². Um 110 n. Chr. gab es zehn Leitungen von 450 km Gesamtlänge, wovon 50 km auf Arkaden liefen. Sie versorgten Rom mit über 1 000 000 m³ Wasser pro Tag.

Um 100 n. Chr. schrieb Sextus Iulius Frontinus, Kurator der römischen Wasserversorgung, ein Werk über die Wasserversorgung Roms. Unser Bild aus der Frontinus-Ausgabe von Giovanni Poleni zeigt den Schnitt durch zwei Aquädukte. Links liegen drei Leitungen übereinander. Das war zum Beispiel der Fall bei den drei Leitungen Marcia (144 v. Chr.), Tepula (125 v. Chr.) und Iulia (40 v. Chr.).

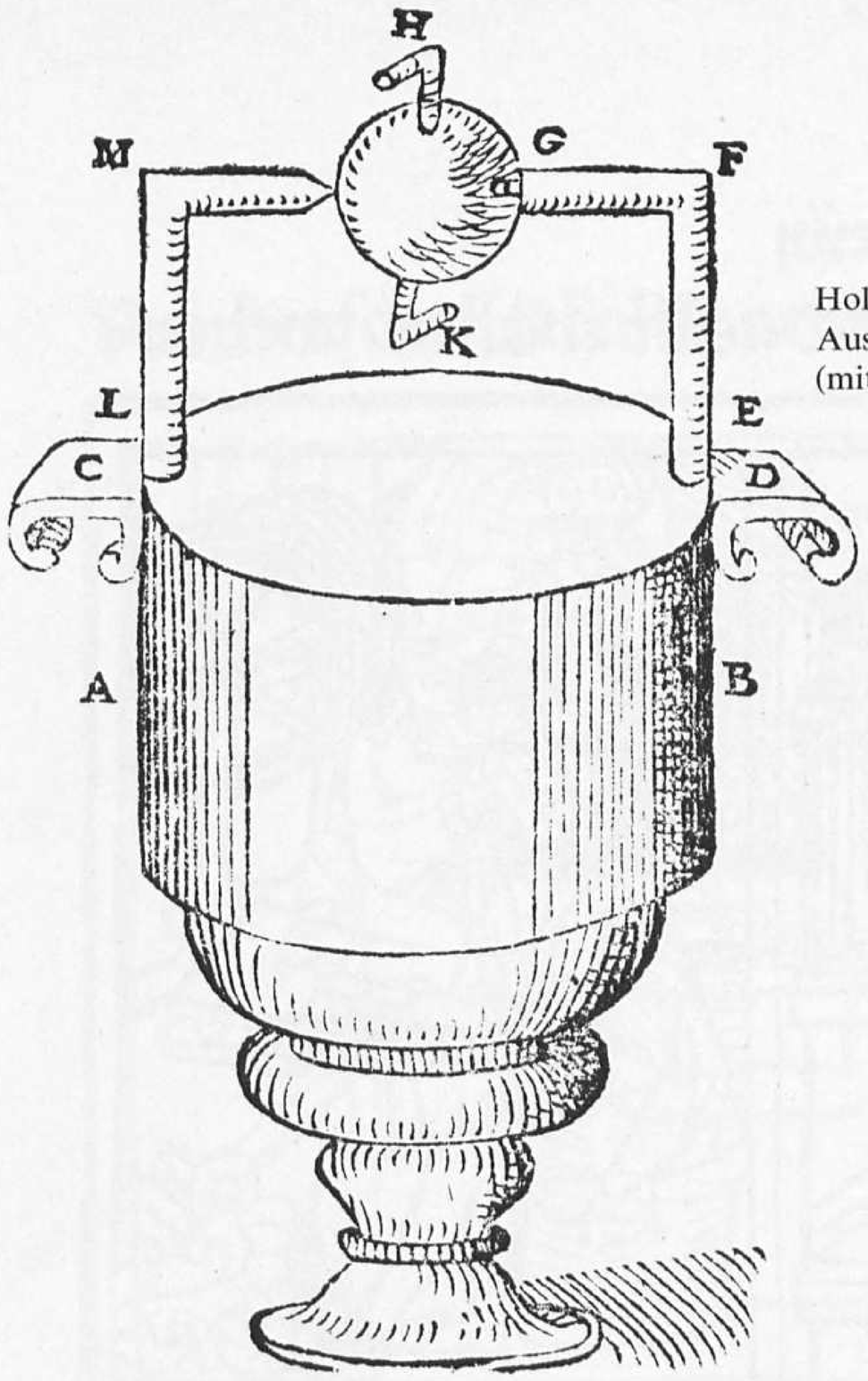
Kupferstich aus: *Frontinus,* De aquaeductibus urbis Romae commentarius. Hrsg. von Ioannes Polenus (Giovanni Poleni). Padua 1722. Taf. L.

Äolipile (Dampfreaktionsrad) Herons

Im großen geheizten Kessel wird Wasserdampf erzeugt, der von rechts in die Drehkugel strömt. Aus der Kugel strömt der Dampf aus zwei rechtwinkelig abgebogenen Röhrchen aus. Durch Rückstoßwirkung wird die Kugel in Drehung gebracht.

Heron von Alexandrien, ein Meister im Apparatebau, wirkte im 1. Jahrhundert n. Chr. Seine Apparate, die zum Teil spielerischer Art sind, arbeiten mit Druck zusammengepreßter oder erwärmter Luft oder mit Wasserdampf. Bei ihnen werden gutgefertigte Heber, Ventile, Hähne, Zahnräder, Schrauben und Zylinder mit eingepaßtem Kolben angewandt. Herons Vorrichtungen, ebenso wie die seines Vorgängers Philon von Byzanz (um 225 v. Chr.), übten auf Mittelalter, Renaissance und Barockzeit großen Einfluß aus.

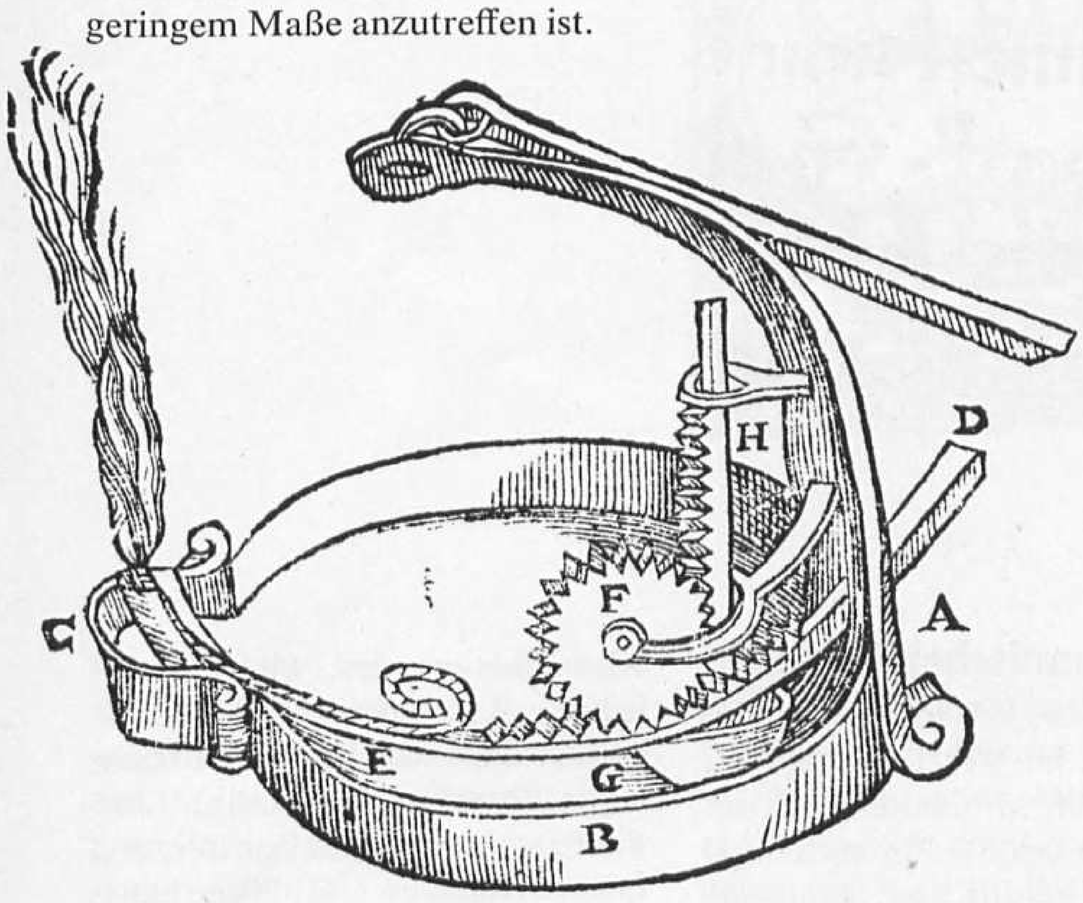
Bei Heron und bei den anderen Vertretern der sogenannten alexandrinischen Schule zeigt sich im übrigen eine charakteristische Verbindung von Theorie und Praxis, wie sie sonst in der Antike nur in geringem Maße anzutreffen ist.



Holzschnitt aus: *Heron,* Spiritalium liber. Lateinische Ausgabe von Federico Commandino. Urbino 1575 (mit rekonstruierten Figuren von B. Baldi). Bl. 52 r.

Tempeltürenöffner

Der Priester entzündet ein Feuer; die Luft im Kasten und im kugelförmigen Gefäß wird erwärmt und dehnt sich aus. Wasser aus dem kugelförmigen Gefäß wird in das hängende Gefäß gedrückt, welches sich dadurch senkt und über ein Seil die Türangeln in Drehung versetzt. Die Türen öffnen sich. Bei Erlöschen des Feuers und Abkühlung schließen sich die Türen wieder (Gegengewicht unten rechts).

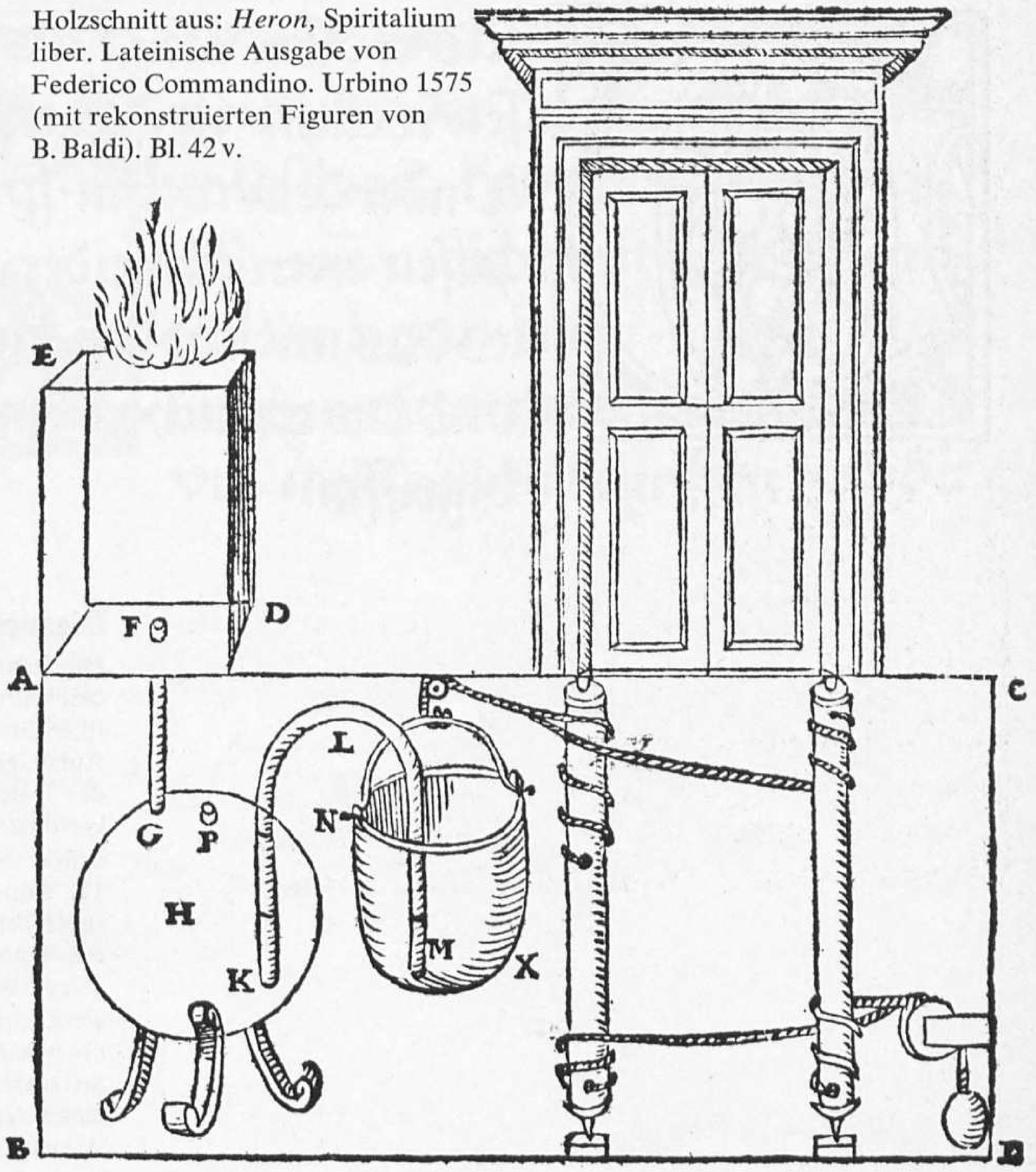


Öllampe mit automatischer Dochtnachführung

Mit sinkendem Ölspiegel senkt sich ein Schwimmer, der über Zahnstange, Zahnrad und wieder Zahnstange den Docht langsam schräg nach oben schiebt.

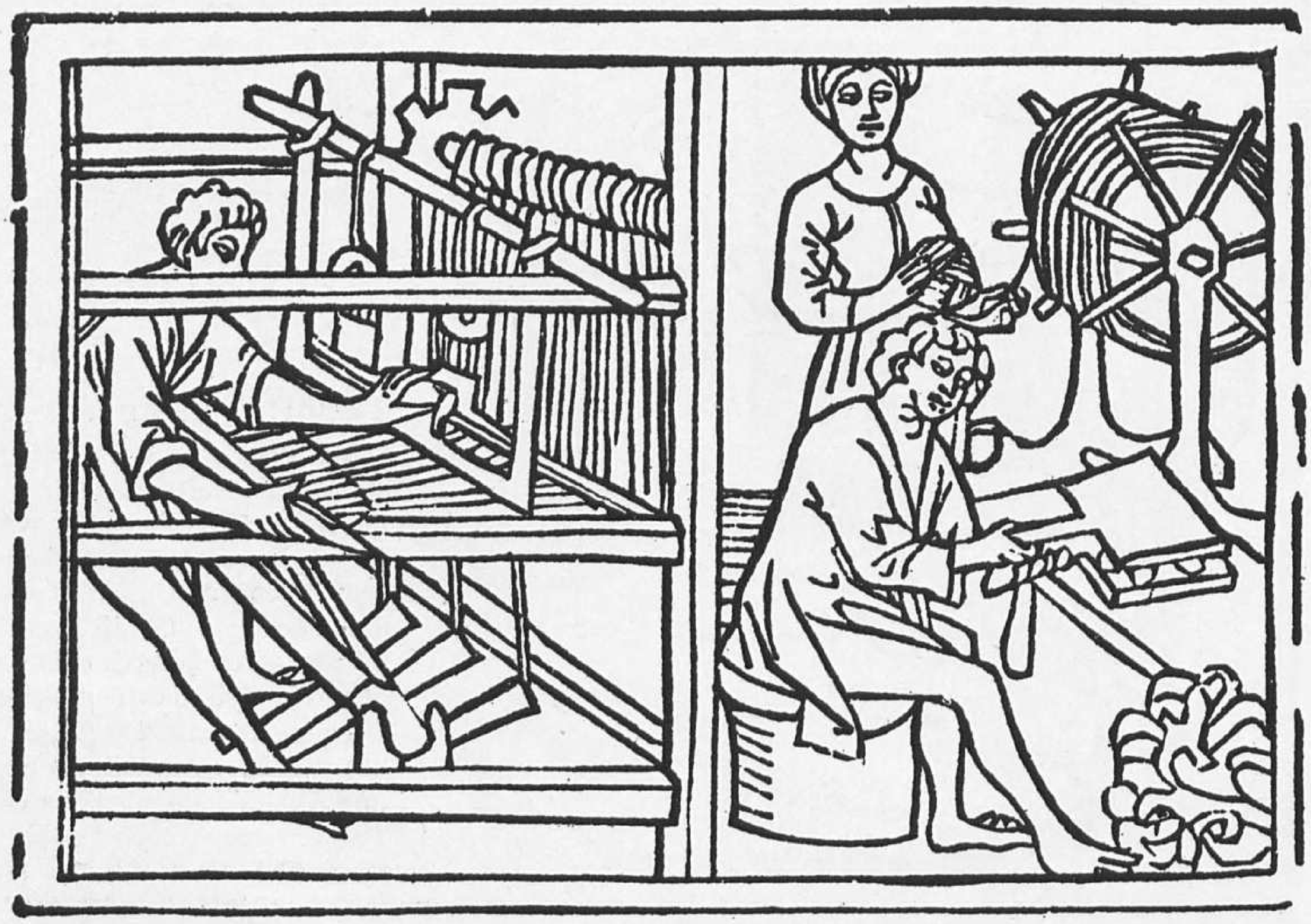
Holzschnitt aus: *Heron,* Gli artifitiosi et curiosi moti spiritali. Italienische Übersetzung von B. Aleotti. Ferrara 1589. S. 41.

Holzschnitt aus: *Heron,* Spiritalium liber. Lateinische Ausgabe von Federico Commandino. Urbino 1575 (mit rekonstruierten Figuren von B. Baldi). Bl. 42 v.



xxiiii

Von dem erſthantwerck/das ist wollen/weben-



Das wollen werck als die altē weí ſen wellent/ iſt das erſt hantwerck Vnder dem weben-ſpinnē-kemmē zaiſen-neen-ſchneiderwerck/ vñ al les das mit wollen-flachs-ſeÿden vnd des geleichen vmbgatt- wirt begriffen-

Die mechanischen Künste

Die handwerklich-technische Arbeit wurde im Vergleich zur Antike seit dem Mittelalter mit dem Aufsteigen des Städtewesens und des freien städtischen Handwerkertums höher bewertet. Das drückt sich mit darin aus, daß im 12. Jahrhundert in die Wissenschaftslehren, wie sie dem höheren Unterrichtsbetrieb zugrunde gelegt wurden, auch die handwerklichen Techniken, die mechanischen Künste, Eingang fanden. So schrieb um 1130 Hugo von Sanct Victor ein Lehrbuch der Wissenschaftslehre, das auch eine Klassifikation der wissenschaftlichen Kenntnisse enthält. Er spricht über die Theorica (Theologie, Physik, Mathematik), über die Practica, d. i. die Normierung des persönlichen (Ethik), häuslichen (Ökonomik) und öffentlichen (Politik) sittlichen Verhaltens, über die Logica (Sprachkunde und Redekunst) und auch über die Mechanica, die sieben mechanischen Künste oder, wie er es nennt, die Scientiae mechanicae. Die Theorica erleuchtet den Verstand des Menschen, die Practica lenkt die menschlichen Willensentscheidungen auf den rech-

XXV
Von der schmidkunst jr nutz lob vnd vngemach

Schmid werck ist das ander hantwerck/ vnder dem waffenschmid goldschmid-kanttengiesser-rottschmid- vñ wölche mit einchet loß metall vmb gan- mũnt-meyster-steinmetz-maũrer-zimerleũt- schreyner vnd ir geleychen begriffen werdet.

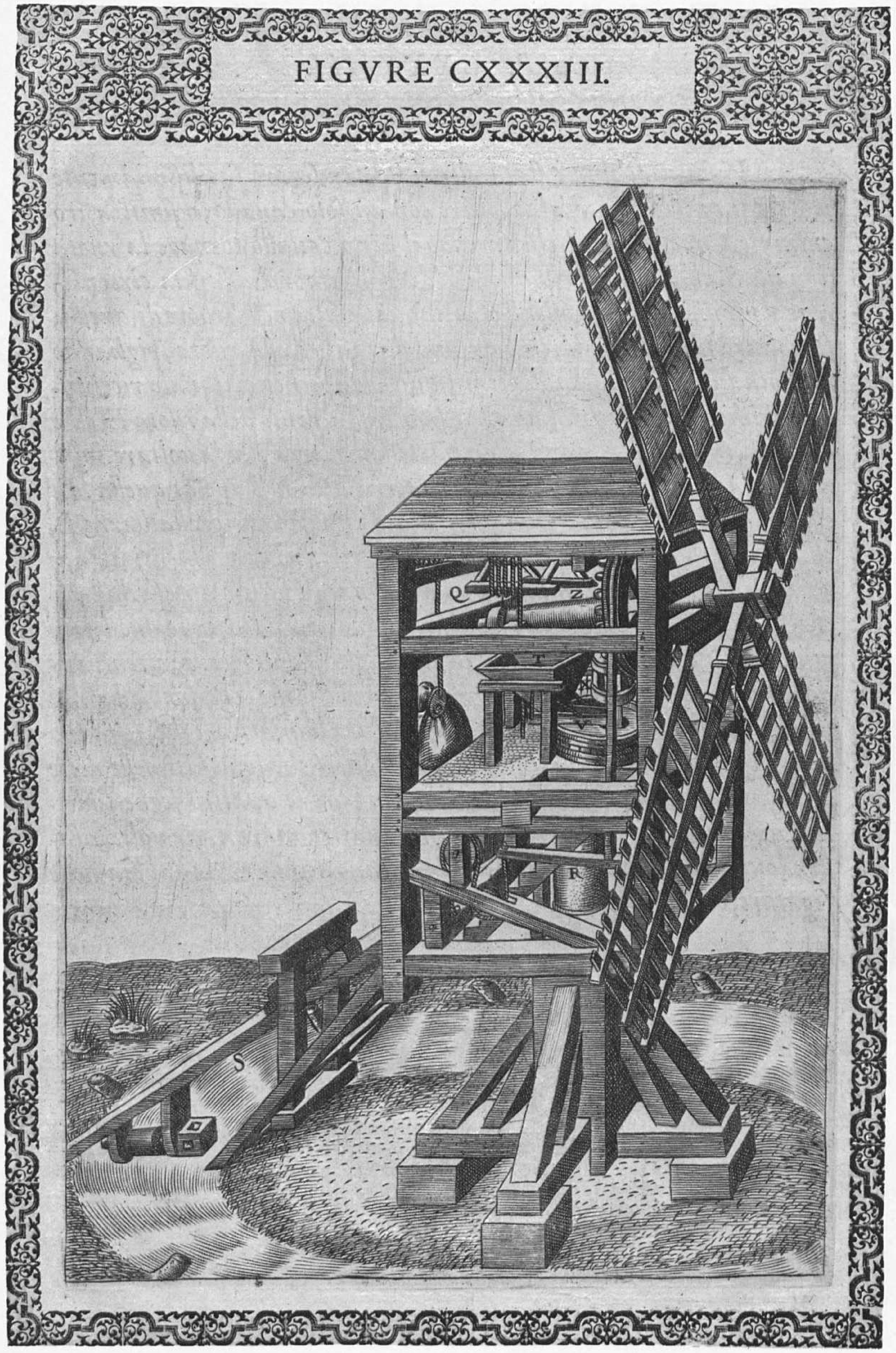
ten Weg, die Logica verhilft dem Menschen zur richtigen Redeweise, und die Mechanica unterstützt den Menschen in seiner körperlichen Unzulänglichkeit; auch sie dient mit für die Entwicklung zu Gott hin.

Die sieben mechanischen Künste (artes mechanicae), eine Analogie zu den sieben freien Künsten (artes liberales), begegnen uns, in verschiedener Weise abgewandelt, im späten Mittelalter mehrfach. Auch im Bilde werden sie dargestellt.

Die hier wiedergegebenen Holzschnitte zeigen die beiden ersten der mechanischen Künste: lanificium (Weberkunst) und armatura (Waffenschmiedekunst, Kriegskunst, Bauwesen). Die weiteren mechanischen Künste sind navigatio (Schiffahrt, Handel, Erdkunde), agricultura (Feldbau, Viehwirtschaft, Hauswirtschaft), venatio (Jagd, Fischerei, Speisekunst), medicina (Heilkunst, Heilmittelkunde) und theatrica (Schauspielkunst, Spiel und Sport).

Holzschnitte aus: Rodericus *Zamorensis,* Spiegel des menschlichen Lebens. Augsburg um 1475. Taf. 24/25.

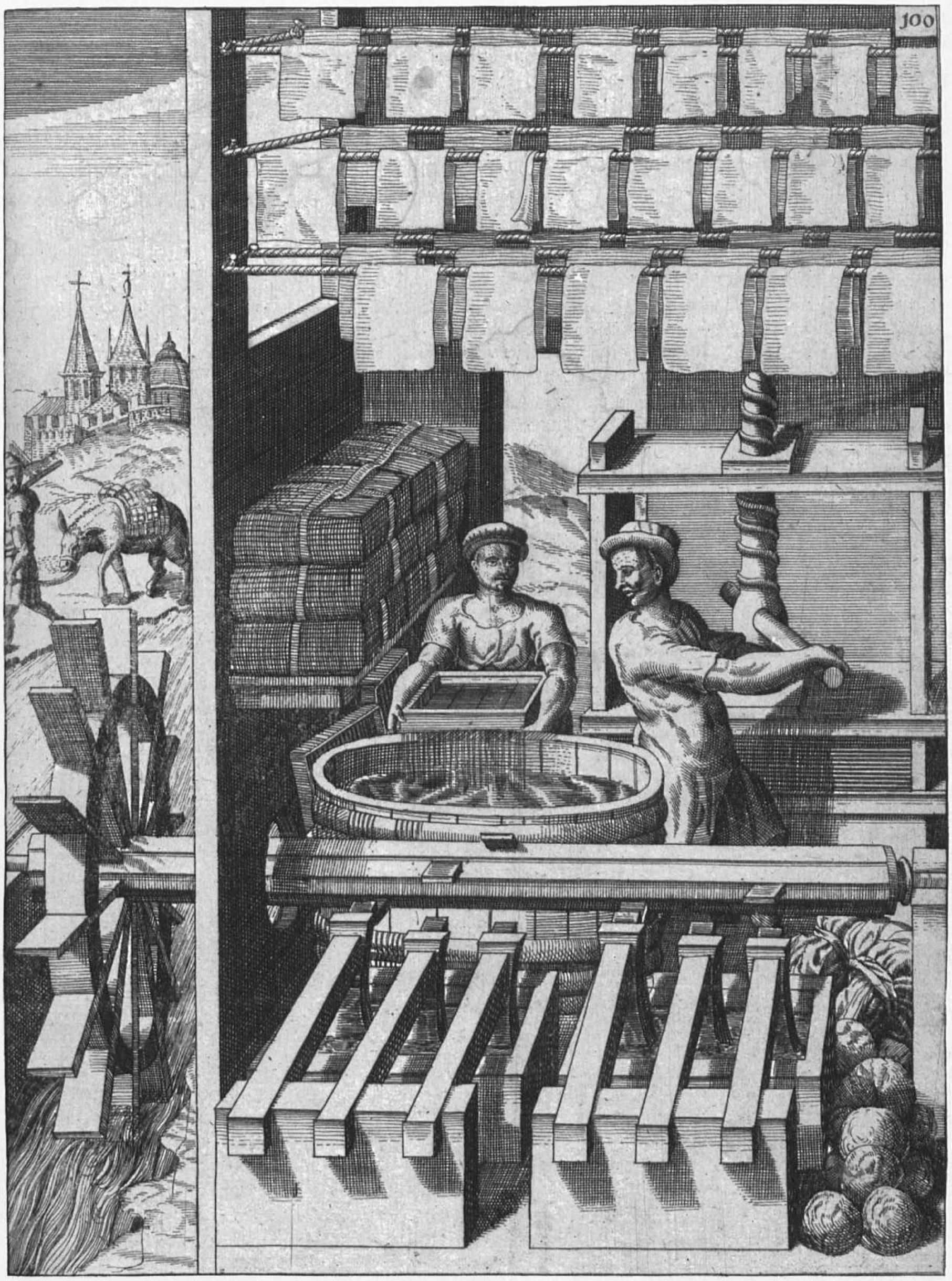
DEUTSCHES MUSEUM
BIBLIOTHEK



Bockwindmühle

Die Windmühle kam im 12. Jahrhundert nach Europa. Das Flügelwerk war in eine windgünstige, aber feste Richtung gelegt. Einen Fortschritt bedeutete die Bockwindmühle, bei der die ganze Mühle mittels eines Sterzes um einen Zapfen vor Wind gedreht werden konnte. Sie trat zunächst im Umkreis der Zisterzienser des Klosters Kamp am Niederrhein im 13. Jahrhundert auf.

Kupferstich aus: Agostino *Ramelli,* Le diverse et artificiose machine (italienisch und französisch). Paris 1588. Fig. 133.



Wasserrad mit Nockenwelle

Die drehende Bewegung des Wasserrades konnte durch die Einführung der Daumenwelle im 11. Jahrhundert auch für hin- und hergehende Bewegung verwandt werden, wie man das in Tuchwalkereien, Poch- und Stampfwerken, Eisenhämmern und Sägewerken nötig hatte. Das Bild aus Stradas Mühlenbuch zeigt ein Wasserrad mit Nockenwelle zum Antrieb einer Lumpenstampfe in einer Papiermühle.
Das Papier ist eine chinesische Erfindung der Zeit um 100 n. Chr. Die ersten Papiermühlen Europas gehen auf das 13./14. Jahrhundert zurück.

Kupferstich aus: Jacopo *Strada,* Kunstliche Abriß allerhand ... Mühlen. Tl. 2. Frankfurt a. M. 1618. Taf. 100.

Gewichtsräderuhr

Die eiserne Räderuhr mit Gewichtsantrieb, die um 1300 in Europa erfunden wurde, war wesentlich genauer als die bis dahin benutzten Zeitmesser wie Sonnenuhr und Wasseruhr. Um zu verhindern, daß das Gewicht beschleunigt abläuft, wurde als Hemmung die sogenannte Waag (Foliot) angewandt — ein in der waagerechten Ebene sich hin- und herdrehender Balken, der auf einer senkrechten Spindel aufsaß. An dieser waren zwei Metallplättchen befestigt, die abwechselnd in die Zähne eines vertikalen Steigrades oben und unten eingriffen. So konnte es sich nur ruckweise bewegen. Der Zeitenlauf wurde so zerhackt. (Das Pendel als Gangregler kam erst im 17. Jahrhundert auf.)

Die lateinischen Verse unter dem Bild lauten in freier deutscher Übersetzung: »Fein aus Eisen gemacht, so dreht sich das Rad wie der Himmel, / Zeigt die Stunden genau, jetzt und auch spätere an.« Die Räderuhr anzufertigen war, wie das Bild vor Augen führt, vornehmlich Schmiede- und Schlosserarbeit. Die Zähne der eisernen Zahnräder wurden am Schraubstock in einfacher Weise ausgefeilt (ganz links). In der Mitte des Bildes neben dem Sessel steht eine Waag mit Spindel.

Kupferstich von Theodor Galle nach Stradanus aus: Ioannes *Stradanus* (Jan van der Straet/ Giovanni Stradano), Nova Reperta. Amsterdam o. J. Taf. 5 (die den Stichen zugrundeliegenden Zeichnungen gehen auf 1570/80 zurück).

5.

HOROLOGIA FERREA.

Rota æqua ferrea ætheriſq; voluitur, Recludit æquè et hæc et illa tempora.

Weiter spricht man das ein stuck Buchsen auff zwen punckten gericht sey/ wann solches perpendicular oder faden der pleyschnur/ dises Instruments/ gantz gerad fallet auff die lini des vnterschieds/ oder abteilung des anderen puncten. Also wird auch solches stuck auff den dritten puncten gericht/ wann die gemelt pleyschnur den dritten punckten/ auff das eigentlichst betrifft/ Also soltu ymer furt an verstehen ein yedes stuck auff den vierten / fünfften / sechsten / vnd ander volgende puncten zu richten/ wie dir dise volgende figur anzeigt.

Wann

Schießpulvergeschütz

Das Schießpulver für Feuerwerkskörper trat in China schon im 8./9. Jahrhundert auf. Die treibende Wirkung des Schießpulvers im Geschütz wurde dort wohl seit etwa 1200, in Europa seit gegen 1320 angewandt. 1321 sollen deutsche Ritter vor Cividale (Friaul) ein Geschütz eingesetzt haben. Die erste sicher belegte Anwendung war aber die 1334 durch den Bischof von Konstanz bei der Verteidigung von Meersburg gegen Ludwig den Bayern. Die Erfindung des Feuergeschützes im Europa des 14. Jahrhunderts führte bald zu bedeutenden Veränderungen im Festungswesen (polygonales Festungssystem, Bastionen, niedrigere Mauern, Erdwälle). Die gesamte politische Entwicklung wurde durch das Pulvergeschütz, welches das Kriegswesen revolutionierte, ganz wesentlich beeinflußt.

Der hier wiedergegebene Holzschnitt zeigt das Richten eines Geschützes in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Die Erhebung des Geschützrohres wird mit dem Quadranten gemessen.

Holzschnitt aus: Walter *Ryff* (Rivius), Der . . . mathematischen und mechanischen Künst eygentlicher Bericht. Nürnberg 1547. Büchsenmeisterei Bl. 20 r.

Buchdruck

Als um 1450 Johannes Gensfleisch, nach seinem Geburtshaus zum Gutenberg genannt, zuerst einige Einblattdrucke und dann die ganze Bibel in zwei monumentalen Bänden druckte, war ihm eine Erfindung gelungen, die sich in ihrer Bedeutung und in ihrer Art von den üblichen Neuerungen jener Zeit wesentlich unterscheidet.

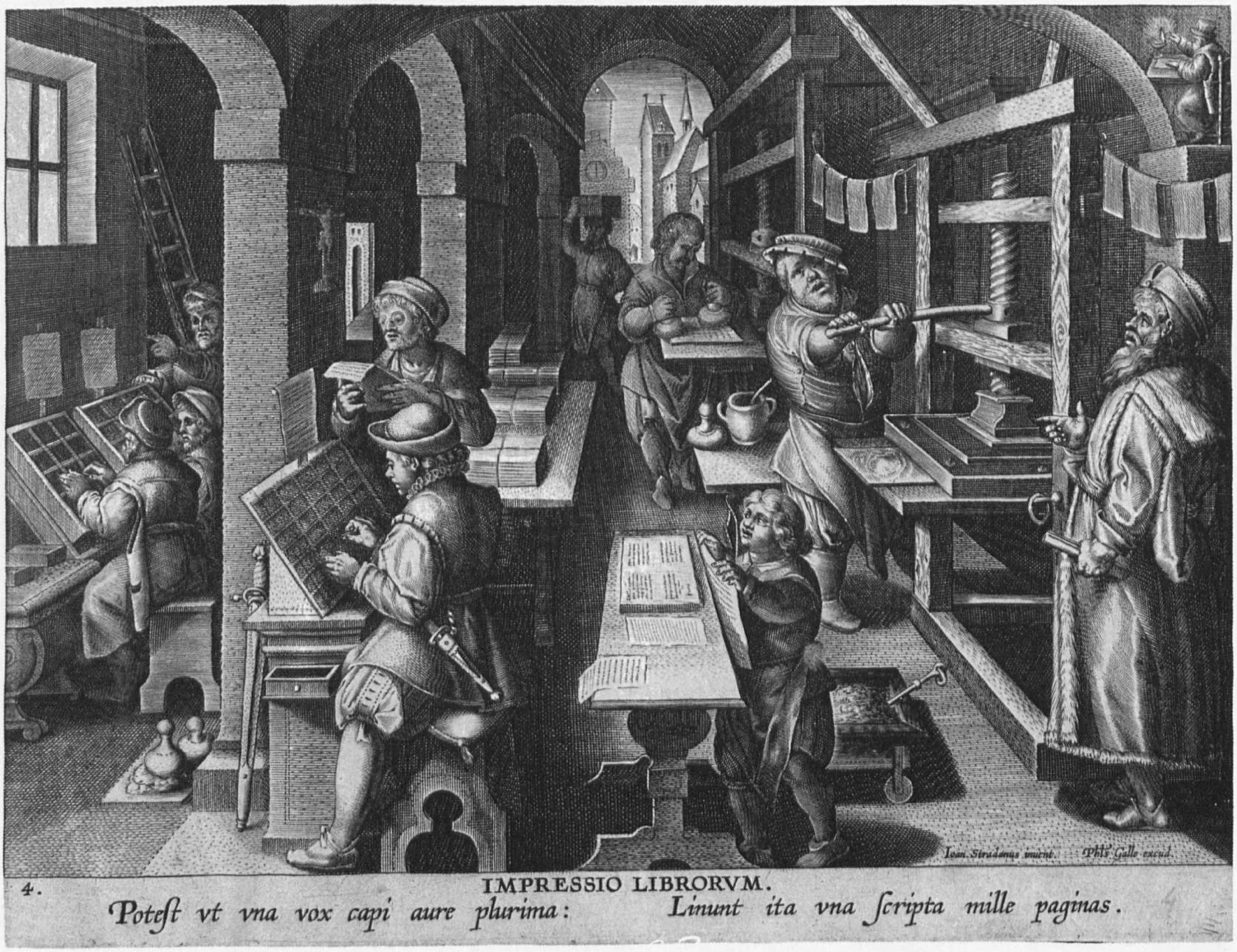
Bei der technischen Seite dieser Erfindung handelt es sich um ein Vervielfältigungsverfahren, das sich durch das Zusammenfügen von Einzelerfindungen auszeichnet; dabei muß bemerkt werden, daß diese Einzelerfindungen zwar aus den Traditionsbereichen des damaligen Handwerks stammten, jedoch durch ihre Zusammenfügung die noch streng beachteten Zunftschranken überwanden. Außerdem hat Gutenberg bei seinen ersten Druckwerken bereits eine außerordentliche künstlerische Vollkommenheit erreicht.

Kernstück der Erfindung ist die Vervielfältigung von Einzelbuchstaben mittels eines Gießinstruments. Es erlaubte die Massenanfertigung von immer wieder verwendbaren und hinreichend maßhaltigen Lettern. Außerdem wurde von Gutenberg eine Farbe auf Ölgrundlage, die heute noch gebräuchliche Druckerschwärze, entwickelt. Das dritte wichtige Stück seiner Erfindung war die Buchdruckerpresse, mit deren Hilfe erst ein sauberer Abdruck und damit ein rentables Arbeiten möglich war.

Das Bild zeigt eine Druckerwerkstatt von 1570/80, wie sie wohl auch schon in der Frühdruckzeit ausgesehen haben mag. Man sieht links die Setzer, und im Hintergrund wird der Letternsatz eingefärbt; rechts wird der Druck mittels der Presse vorgenommen. Die Unterschrift des Bildes lautet in einer dem Versmaß angeglichenen Übersetzung: »Wie eine einzige Stimme kommt zu vielerlei Ohren, Vielmals gedruckt eine Schrift tausend Augen sich zeigt.«

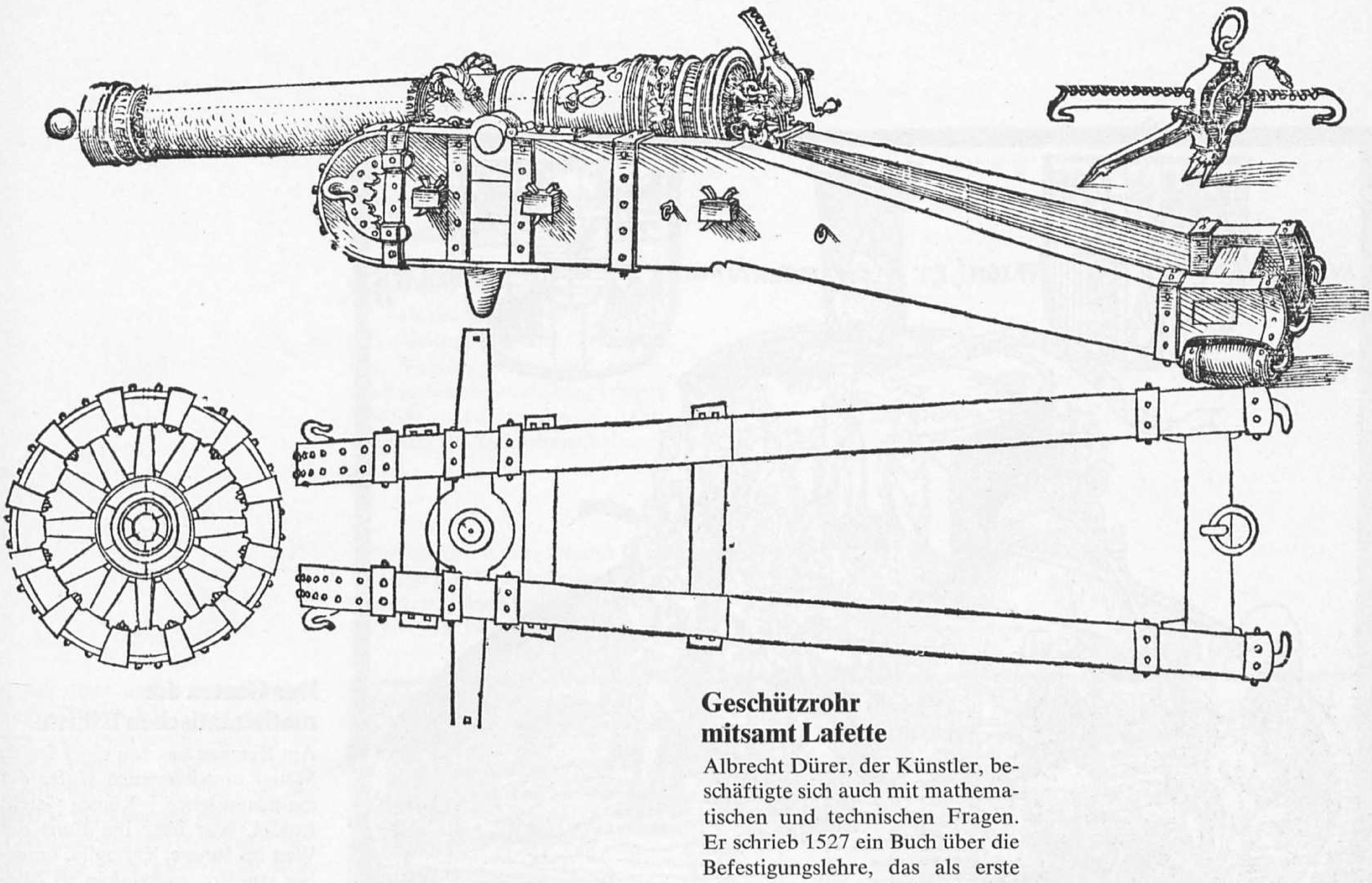
Die grundlegende Bedeutung des Buchdrucks für die Menschheit kann hier nur mit einigen Beispielen abgesteckt werden: Ohne die Verbreitung des Buchdrucks wäre die Reformation Luthers wie die seiner Vorläufer lokal begrenzt geblieben.

Die wissenschaftlichen Bestrebungen des Humanismus wurden durch den Buchdruck unterstützt und damit in weite Schichten der Bevölkerung getragen. Die in gedruckten Büchern niedergelegten Ergebnisse von Entdeckungen, Erfindungen und Erkenntnissen schufen für die Menschheit ein Bewußtsein, das die Grundlage für Aufklärung und politische Neuerungen bildete.



4. IMPRESSIO LIBRORVM.

Poteſt vt vna vox capi aure plurima: Linunt ita vna ſcripta mille paginas.



Geschützrohr mitsamt Lafette

Albrecht Dürer, der Künstler, beschäftigte sich auch mit mathematischen und technischen Fragen. Er schrieb 1527 ein Buch über die Befestigungslehre, das als erste gedruckte systematische Darstellung in deutscher Sprache des — nach dem Aufkommen der Feuerwaffen gewandelten — Fortifikationswesens gelten muß.
In seinem Werk gibt Dürer in meisterhafter Zeichnung ein Geschützrohr mitsamt Lafette wieder. Diese erscheint hier perspektivisch und im Grundriß. An der Lafette hinten sieht man Walzen zur seitlichen Bewegung, wobei eine besondere Winde angewandt wurde. Das Elevieren des Geschützrohres geschah mittels Kurbel und Verzahnung.

Holzschnitt aus: Albrecht *Dürer*, Etliche Vnderricht zu Befestigung der Stett, Schloß vnd Flecken. Nürnberg 1527. Bl. F 2 v.

Kupferstich von Theodor Galle nach Stradanus aus: Ioannes *Stradanus* (Jan van der Straet/ Giovanni Stradano), Nova Reperta. Amsterdam o. J. Taf. 4 (die den Stichen zugrundeliegenden Zeichnungen gehen auf 1570/80 zurück).

Der Garten der mathematischen Künste

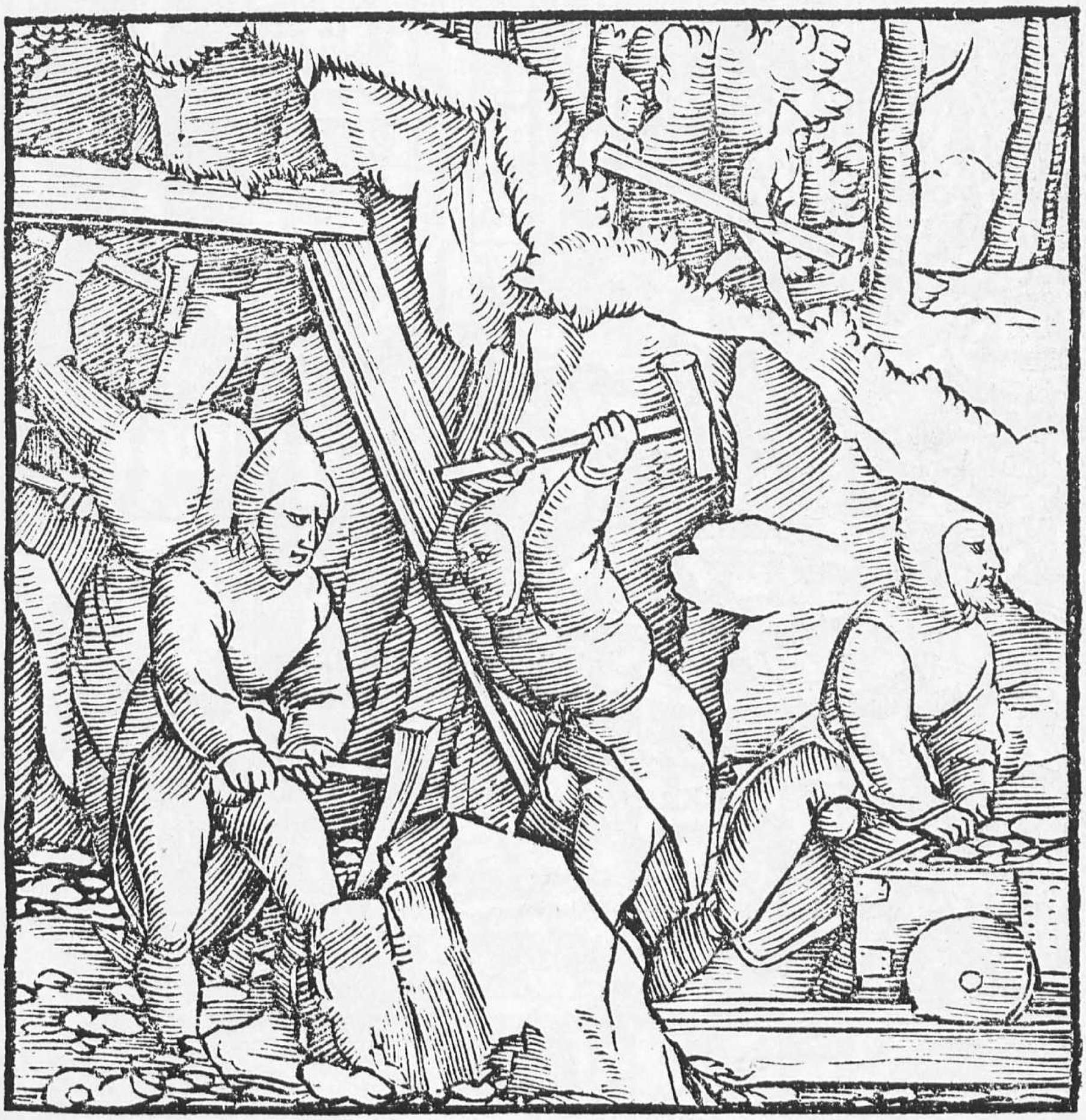
Am Eingang des von einer festen Mauer umschlossenen Hofes der mathematischen Künste steht Euklid. Nur über ihn führt der Weg ins Innere. Tartaglia, umgeben von Frauengestalten als Allegorien der mathematischen Künste, demonstriert mit einem Mörser und einem kleinen Feldgeschütz die Geschoßbahn, die hier beim Mörser die Gestalt einer überall gekrümmten Kurve hat. Die Frauen stellen die Arithmetica und Musica (zur Rechten von Tartaglia), die Geometria und Astronomia (zur Linken von Tartaglia), weiter u. a. die Geomantia, die Hydromantia, die Architectura, die Astrologia, die Cosmologia dar. Im Hintergrund thront in einem eigenen, höher gelegenen kleinen Hof die Philosophia; vor ihr stehen Platon und etwas tiefer Aristoteles, der dem Reigen der mathematischen Künste und den Demonstrationen des Tartaglia näher ist. Platon trägt einen Wimpel mit der Aufschrift: Nemo huc geometriae expers ingrediatur (nur der Geometrie-Kundige darf hier eintreten).

So werden uns hier drei Ebenen vor Augen geführt: 1. der Bereich der nicht wissenschaftlich orientierten Menschen, 2. der etwas erhöhte Hof der mathematischen Künste, von einer Mauer umschlossen und nur durch ein von Euklid gehütetes Tor zu erreichen, wo die Mathematik auch der Anwendung auf sinnliche Gegen-

Holzschienenbahn für Grubenhunde im spätmittelalterlichen deutschen Bergbau

Aus diesem »Hundelauf« entwikkelten sich in England seit dem 17. Jahrhundert die ersten längeren Gleisbahnen zum Transport von Steinen, Kohle und Erzen. Eiserne Geleise und Dampfwagen führten zu Beginn des 19. Jahrhunderts zur Dampfeisenbahn.

Titelholzschnitt aus: Johann *Haselberger,* Der Ursprung gemeynner Berckrecht. o. O. (1535/38).



ständе dient, und 3. der wiederum einige Stufen höher liegende Bezirk der Philosophia, wo es im Sinne Platons, was die Mathematik betrifft, nur um rein abstrakte Beziehungen geht.
Tartaglia behauptete als erster, daß die Bahn eines geworfenen Körpers in jedem ihrer Teile gekrümmt sei, während man bis dahin nach der Theorie der Aristoteliker angenommen hatte, der aufsteigende und der absteigende Ast der Bahn seien gerade Linien. Seine neue Anschauung verkündete Tartaglia 1546 in dem Werk »Quesiti«, während er in der »Nova scientia« von 1537 zum Teil noch der alten Meinung anhing, obgleich der hier wiedergegebene Titelholzschnitt von 1537, wie schon gesagt, die überall gekrümmte Geschoßbahn zeigt. Tartaglia stellte auch fest, daß man unter einem Erhebungswinkel von 45° die größte Wurfweite erreicht.

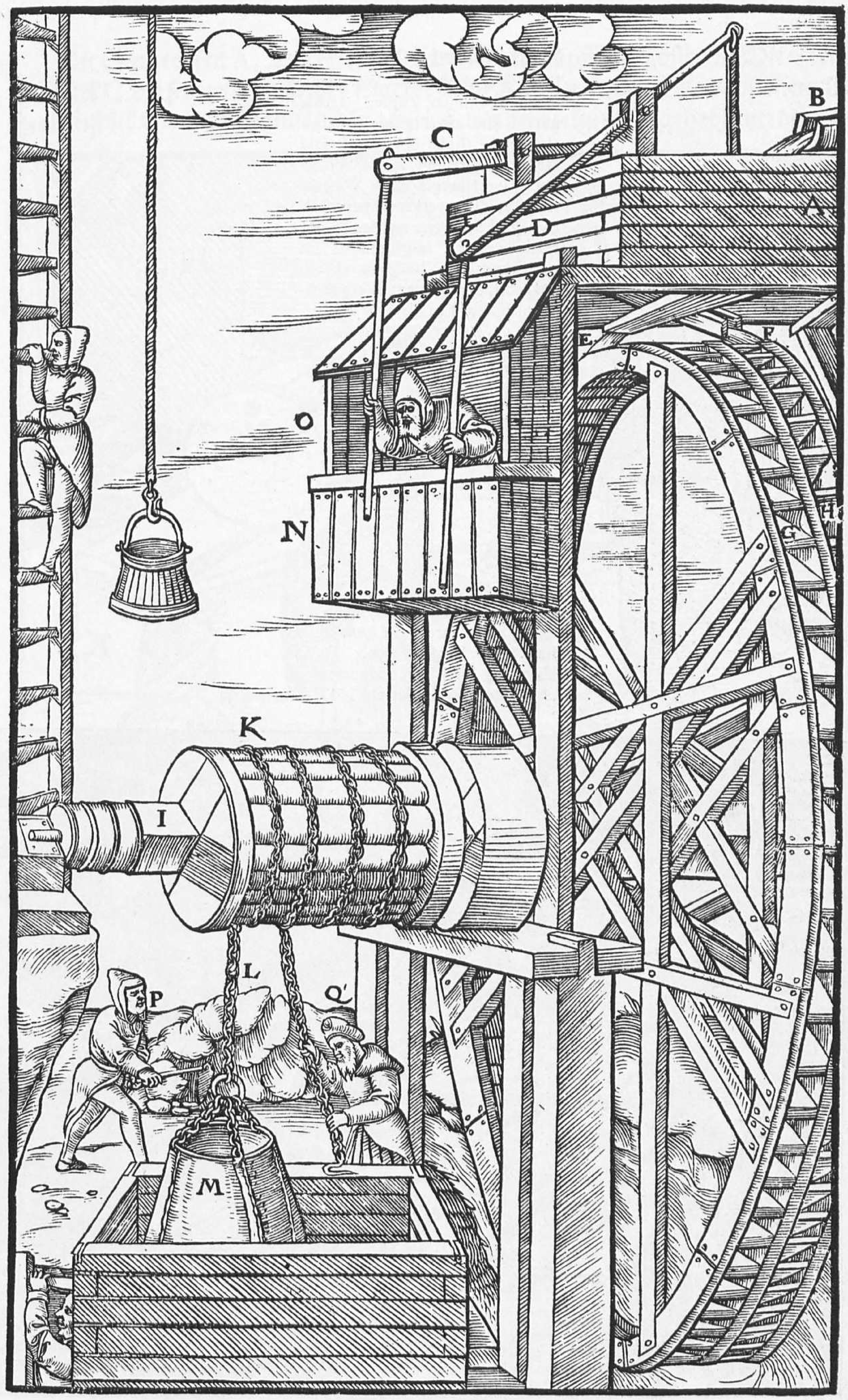
Titelholzschnitt aus: Niccolò *Tartaglia,* Nova scientia. Venedig 1537 (auch in Tartaglia, Opere, Venedig 1606).

Becherwerk mit Handbetrieb zur Wasserförderung

Man beachte die Wiedergabe von Details, darunter das gußeiserne Rad, in das Stahlzähne eingeschraubt sind.

Das Werk, aus dem der hier wiedergegebene und der folgende Holzschnitt entnommen sind, brachte der Humanist, Arzt und Mineraloge Georgius Agricola (eigentlich Georg Bauer) 1556 unter dem Titel »De re metallica« heraus. Er beschrieb darin das hochentwickelte erzgebirgische Berg- und Hüttenwesen, wobei er gelehrtes geschichtliches Wissen mit realistischer Naturbetrachtung und sicherem Blick für technische Gegenstände zu verbinden wußte.

Holzschnitt aus: Georgius *Agricola,* De re metallica libri XII. Basel 1556. S. 131.



Kehrrad zur Wasserförderung im Bergbau

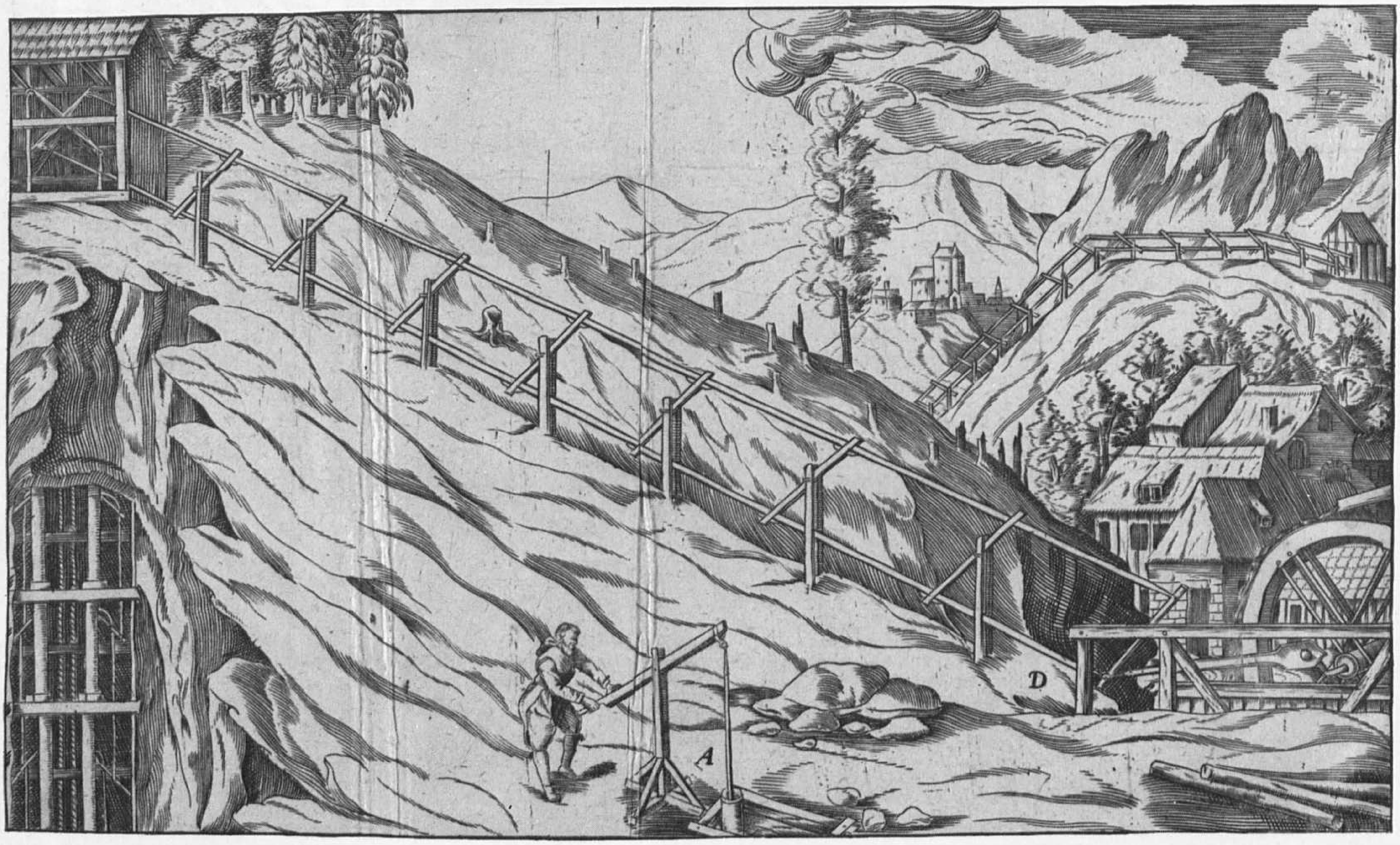
Das große Wasserrad mit einem Durchmesser von 10,7 m hat zwei entgegengesetzt gerichtete Beschaufelungen. Je nachdem, auf welche man das Wasser wirken läßt, dreht es sich im oder gegen den Uhrzeigersinn. Die Anlage zeugt von dem Streben nach großen Kraftmaschinen und von der stärkeren Nutzung des Wasserrades am Ende des Mittelalters und zu Beginn der Neuzeit.

Holzschnitt aus: Georgius *Agricola,* De re metallica libri XII. Basel 1556. S. 158.

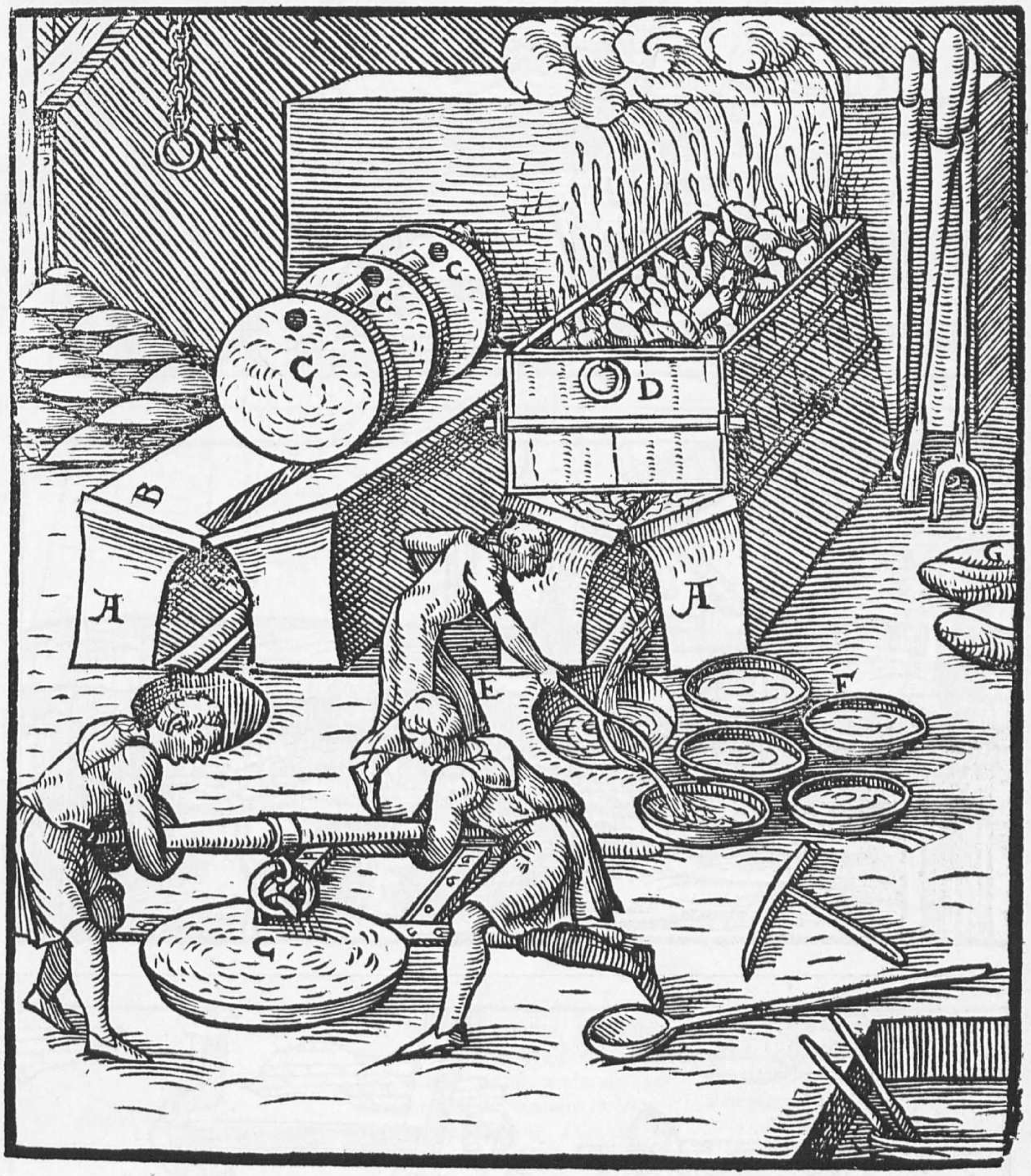
Stangenkunst

Diese Kunst weist am Wasserrad einen krummen Zapfen (rechts unten) und am Pumpengestänge ein Kreuz (links oben) auf. Die Gestänge dienten zur Übertragung der Energie eines Wasserrades zu Bergwerkspumpen. Solche Vorrichtungen wurden in der Mitte des 16. Jahrhunderts im mitteldeutschen Bergbau (Harz, Erzgebirge) erfunden; sie erstreckten sich zuweilen bis über 7 km.

Kupferstich nach M. Thym aus:
Georg Engelhard *von Löhneyß,*
Bericht von Bergwercken.
Hamburg 1680. Taf. 10 (zuerst
als Holzschnitt, Zellerfeld 1617).



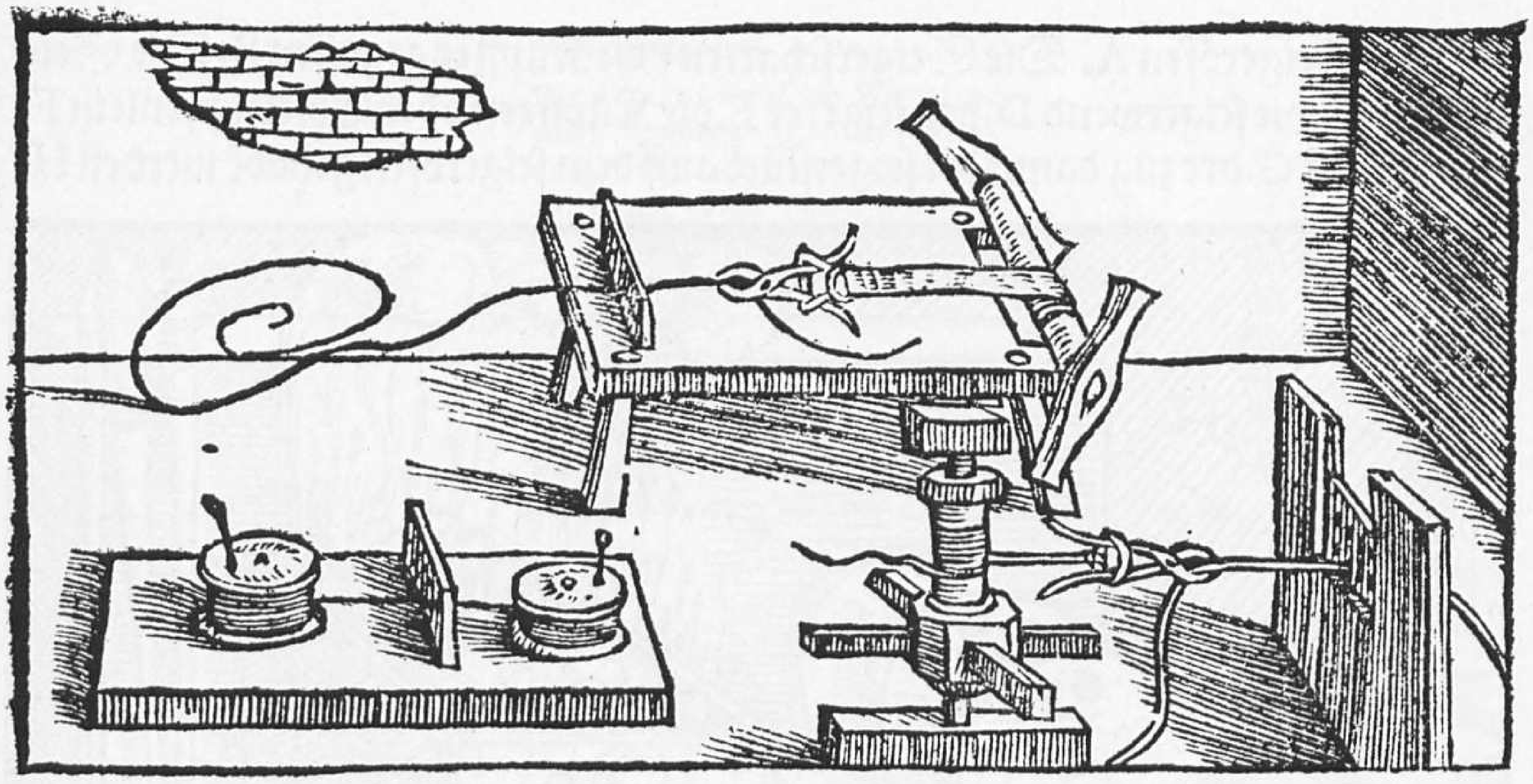
Die Seigeröfen A. Die Seigerſcharten von Kupffer gegoſſen B. Die Seigerſtück C. die ſeigerwend D. der ſeigerer E. die Küpffern oder Eyſern pfenlein F. die künſtöck G. der zug damit die ſeigerſtück auff dem ſeigerofen gehobē werden H.



Seigerherde

Beim Seigern, das hier von Lazarus Ercker, Oberstem Bergmeister in Böhmen, beschrieben wird, geht es um die Gewinnung von Silber aus silberhaltigem Kupfer. Dabei wird dieses mit Blei zusammengeschmolzen. Man erhält die sogenannten Frischstücke (Seigerstücke), die auf dem Seigerherd (rechts ein solcher in Betrieb) erhitzt werden, wobei das Blei mitsamt dem Silber herausfließt und in Pfannen geschöpft wird. Im Seigerherd bleiben die »Kienstöcke« als ungeschmolzenes, poröses Kupfergerüst zurück. Die Trennung des Silbers vom Blei geschieht in dem hier nicht dargestellten Treibherd, wobei das Blei zu Bleiglätte oxidiert wird. Die letztere wird abgelassen, bis das Silber zum Vorschein kommt (Silberblick).
Der Herd links wird gerade mit Frischstücken beschickt.
Das Seigern wurde um 1450 oder einige Jahrzehnte zuvor in Nürnberg erfunden, das damals ein hervorragendes Zentrum der Metallverarbeitung war.

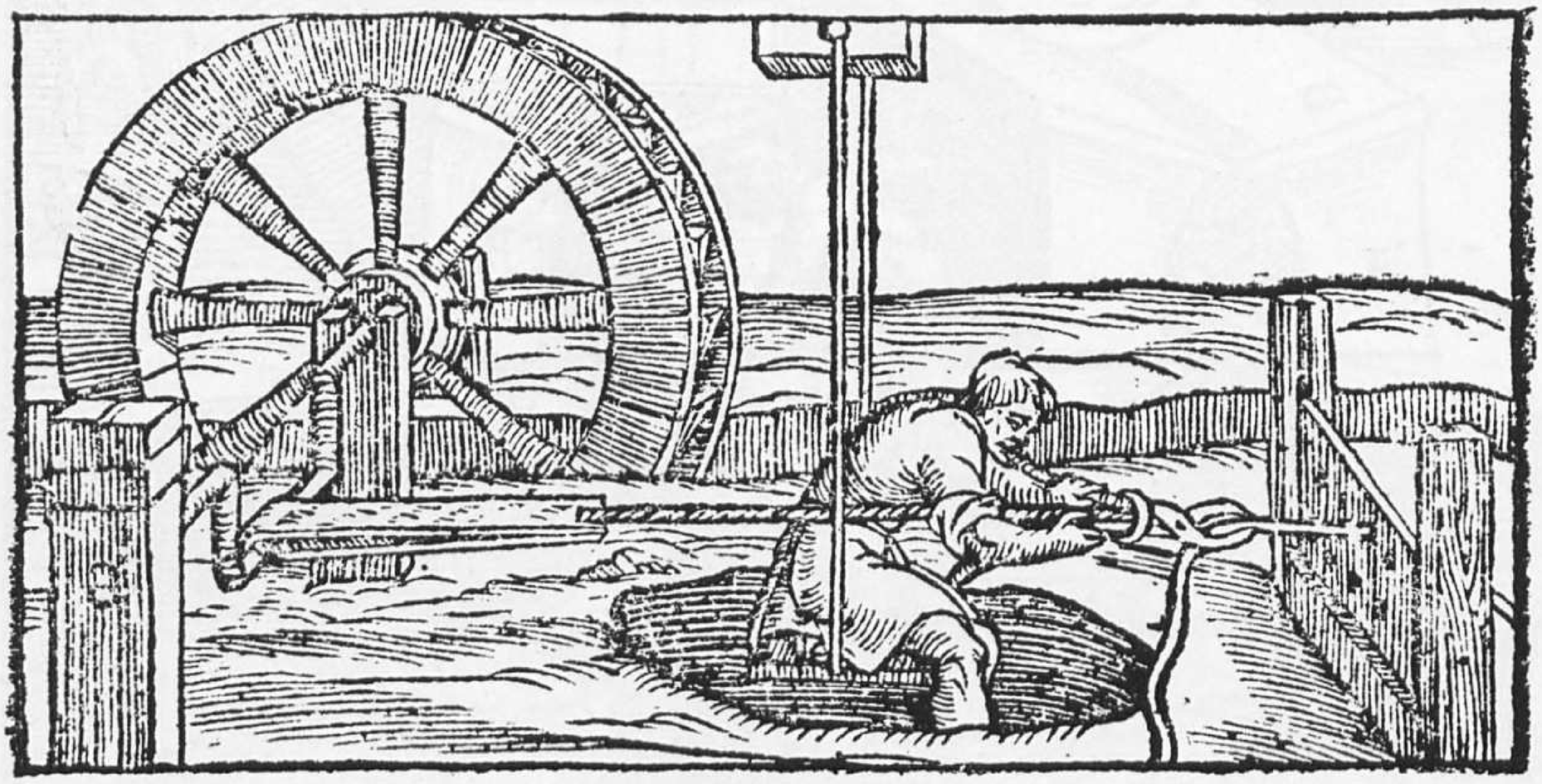
Holzschnitt aus: Lazarus *Ercker,* Beschreibung . . . mineralischen Ertzt vnnd Bergwercksarten. Frankfurt a. M. 1580. Bl. 107 v (zuerst 1574).



Ziehen von Gold- und Silberdraht

mittels Rolle, mittels waagerecht und mittels senkrecht gelagerter Haspel.

Holzschnitt aus: Vanoccio *Biringuccio,* De la pirotechnia. Venedig 1540. Bl. 140 r.



Ziehen von Eisendraht mit Wasserkraft

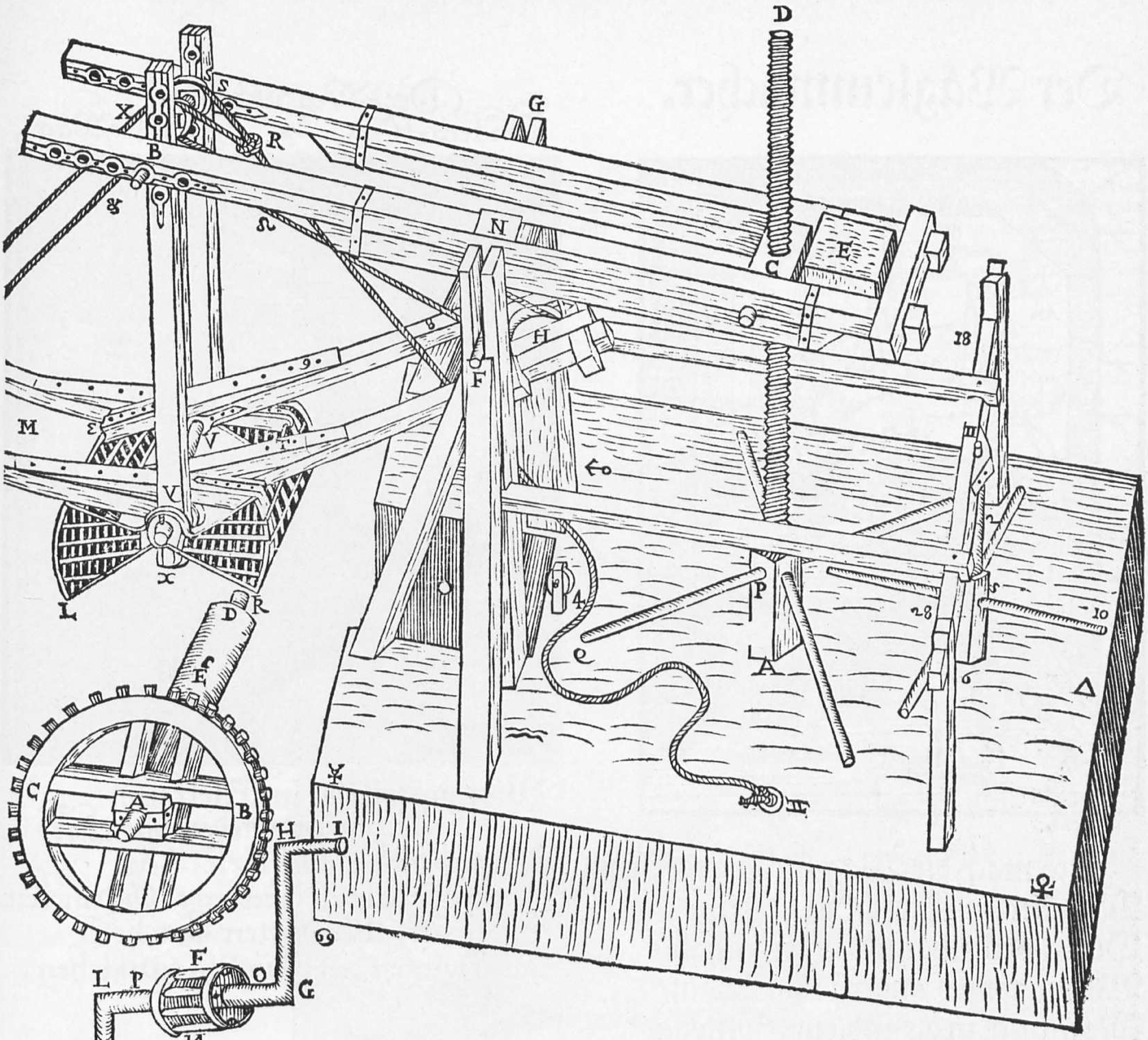
Der Arbeiter sitzt auf einer Schaukel. Die Zange, womit er den Draht durch das Zieheisen zieht, wird mittels eines Gurtes durch die gekröpfte Welle des Wasserrades im Wechselspiel nach hinten gezogen und wieder freigegeben.

Holzschnitt aus: Vanoccio *Biringuccio,* De la pirotechnia. Venedig 1540. Bl. 140 v.

Amalgamier-Mühlen

Bei diesen Vorrichtungen werden gold- und silberhaltige Abfälle (Schlacken, Kehricht) aus Werkstätten, in denen man mit Gold und Silber umgeht, mit Quecksilber unter dem Mühlstein verrieben. Gold und Silber werden vom Quecksilber aufgenommen; aus ihm gewinnt man dann die beiden Edelmetalle.

Die Mühle rechts wird von einem Arbeiter mittels eines senkrechten Schwengels, der durch eine Stange mit einer Kröpfung der Mühlspindel verbunden ist, in Bewegung gesetzt. Dem hier angewandten Mechanismus begegnet man im 16. und 17. Jahrhundert häufig.



Links unten:
Holzschnitt aus: Vanoccio *Biringuccio*, De la pirotechnia. Venedig 1540. Bl. 142 r.

Bagger

Der hier dargestellte, auf einem Schwimmkörper montierte Bagger wurde unter anderem gebraucht, um die Kanäle in Venedig auszubaggern. Die große Schraube mit der Mutter (C) dient zum Heben und Senken des Hebels (Waagebaums), an dessen linkem Ende das Baggergefäß (Baggerzange) befestigt ist. Durch den Göpel ganz rechts wird das jetzt auf dem Schwimmkörper liegende Seil angezogen, wenn die Zange geschlossen werden soll. Mit Hilfe des Göpels bei P wird die gefüllte Zange gehoben. Ein Transportnachen fährt darunter. Die Zange wird mit dem Göpel ganz rechts geöffnet.
Lorini, der Konstrukteur dieser Vorrichtung, war ein überaus fähiger Ingenieur, der mit praktischen Erfahrungen theoretische Kenntnisse verband. Er stand als Kriegsingenieur im Dienste der Republik Venedig. Sein Buch »Delle fortificationi« ragt aus der Literatur der Zeit heraus, da es nicht auf die Herstellung kleiner, nur halbwegs funktionierender Modelle, sondern immer auf die praktische Ausführung im Großen bedacht war.

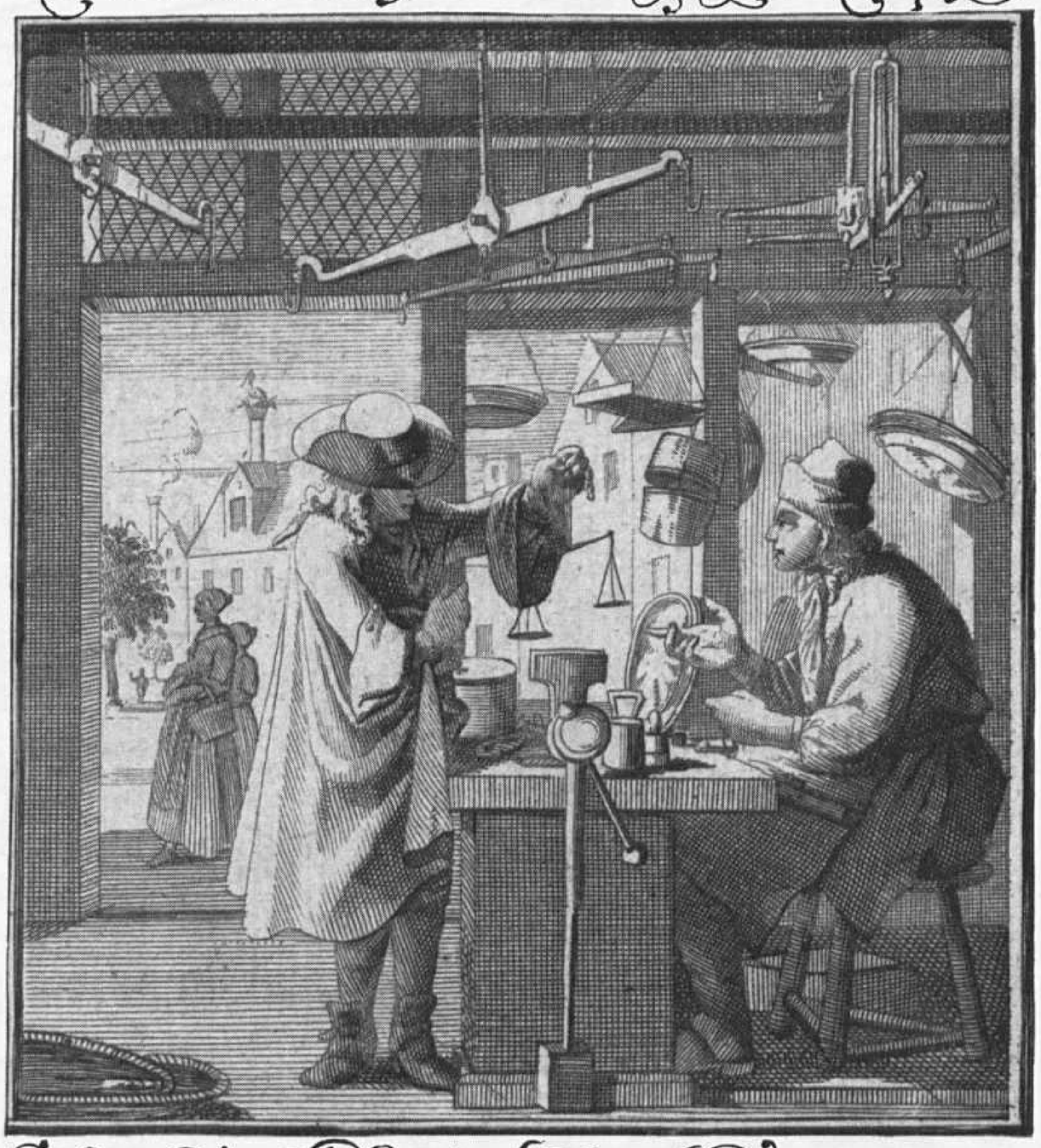
Holzschnitt aus: Buonaiuto *Lorini*, Delle fortificationi. Venedig 1596. S. 207 (deutsche Übersetzung Frankfurt a. M. 1607).

Der Wägleinmacher.

Ich mach die Wag / groß vnde klein/
Mit allerley Gwicht in gemein/
Die behenck ich mit Messingschaln/
Wo man mirs anderß thut bezaln/
Mach auch in die Lädlein Goltwag/
Nach den haben die Kauffleut frag/
Darzu ander Würtzwäglein gut/
Die man in Krämen brauchen thut.

Der Wagmacher.

Der letzte Tag, hält jüste Wag.



Wie lang wilt dü in Eitelkeit,
O Seele, hin vñ wieder wancken?
Wäg ab die Schätze dieser Zeit
auff Schalen schwebender Gedancken,
vñ laß in allen deinen Sachen,
die Ewigkeit den Außschlag machen.

Kupferstich aus: Christoph *Weigel,* Abbildung der gemeinnützlichen Haupt-Stände. Regensburg 1698. S. 328/329.

Waagenmacher

Intime Einblicke in die schon weitgehend spezialisierte Handwerkstechnik der Stadt Nürnberg des 16. Jahrhunderts bietet uns das Ammansche Ständebuch von 1568. Es zeigt nicht nur die Handwerker bei der Arbeit (wie in der Augsburger Zamorensis-Ausgabe, vgl. S. 10/11), sondern führt auch treu die vielerlei dazu benötigten Werkzeuge und Gerätschaften vor. Die von Hans Sachs geschriebenen Verse schließen sich inhaltlich und typographisch mit den Bildern zu einem ausgeglichenen Ganzen zusammen, das die Züge schlichter bürgerlicher Sachlichkeit trägt. Die Holzschnittfolge bringt neben der Vielzahl der Handwerke auch einige andere Stände und Berufe.

Holzschnitt aus: Jost *Amman,* Eygentliche Beschreibung aller Stände auff Erden. Frankfurt a. M. 1568. Bl. 13 r.

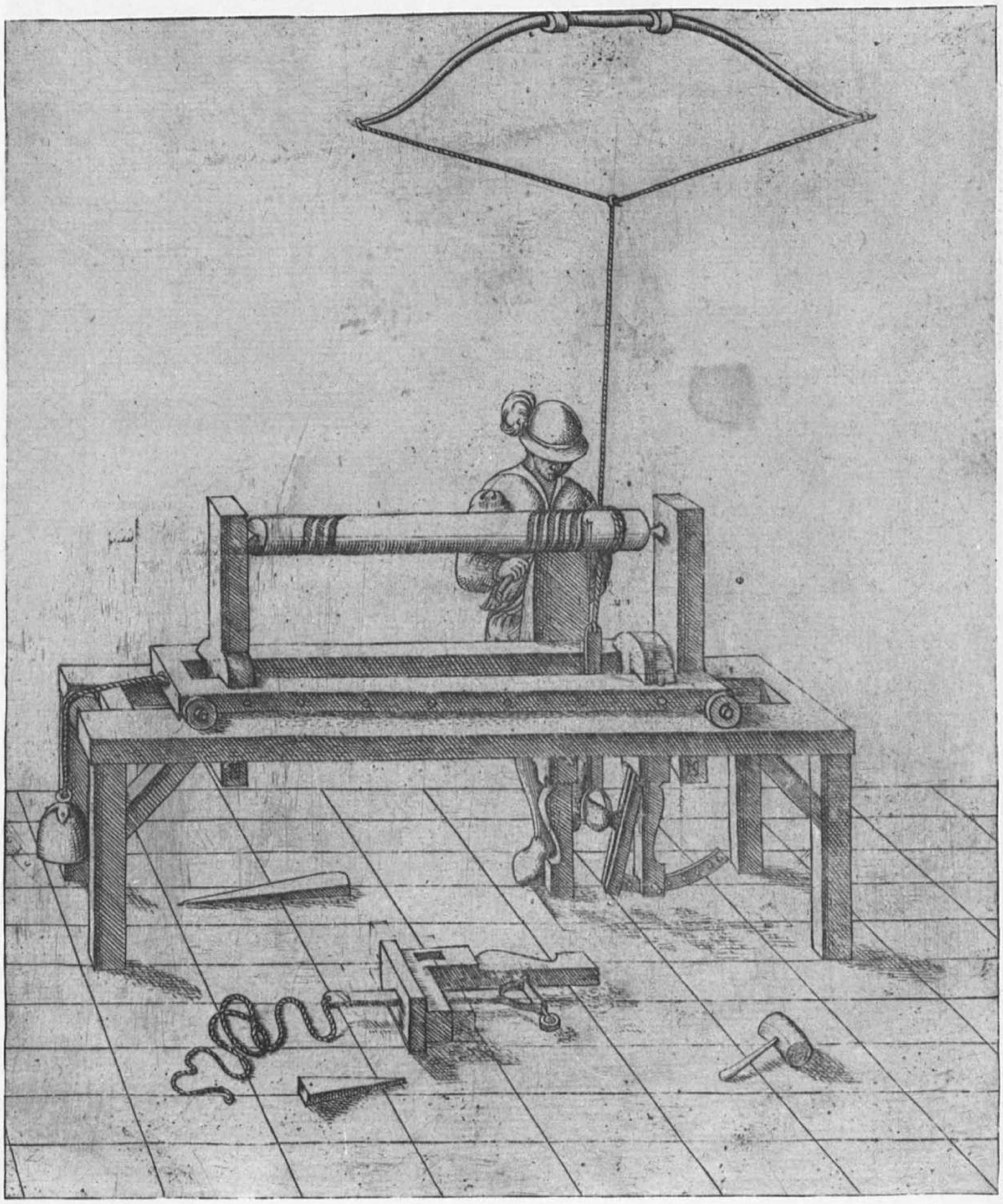
130 Jahre nach dem Ammanschen Ständebuch erschien 1698 in Regensburg das Ständebuch Christoph Weigels. Dieses Werk ist, ebenso wie das Ammans, eine Fundgrube für alle, die sich über das alte Handwerk in Bild und Wort unterrichten wollen. Darüber hinaus behandelt das Buch auch andere Berufsstände. Die Verse unter den Bildern schrieb der wortgewaltige Kanzelredner Abraham a Santa Clara. Es sind erbauliche Verse, die vom irdischen handwerklichen Tun, das Gegenstand des Bildes ist, in die überzeitliche Welt weisen. Neben dem »Gedenken zu leben« des Bildes steht das »Memento mori« der Verse. Dieser Gegensatz ist Ausdruck barocker Geistigkeit. Man vergleiche dazu die Realistik der Ammanschen Darstellungen, die der Renaissancezeit zugehören. Stilunterschiede zweier Epochen werden hier sichtbar.

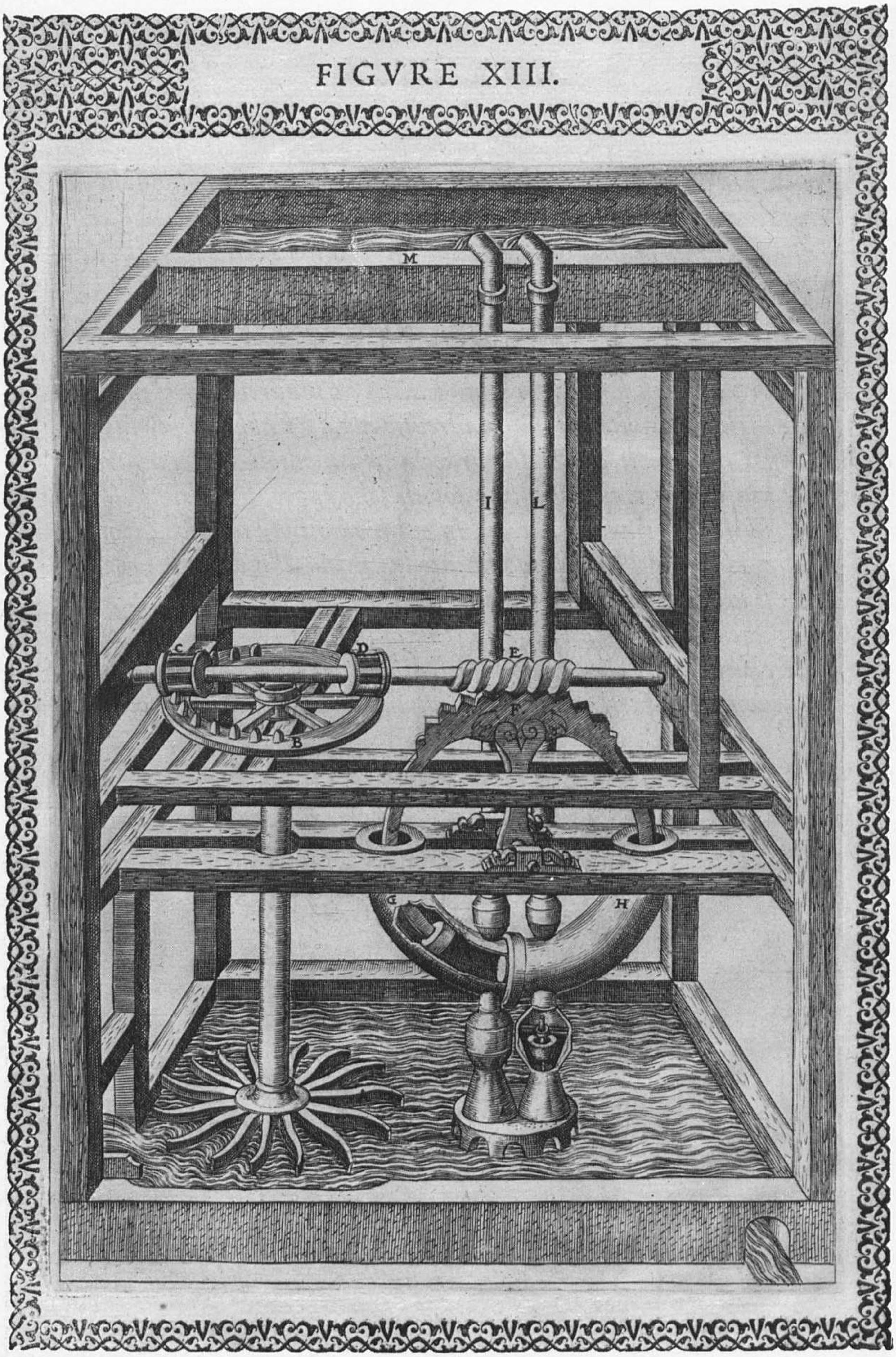
Drehbank

Hier geht es um eine »Drehbank, mit deren Hilfe man alle Arten Schrauben ohne jedwedes Modell drehen« kann. Die Vorrichtung arbeitet mit Fußantrieb über Sehne und Bogen. Das Pedal (Steigbügel) läuft entlang einer schräggestellten Schiene, deren Schräge der Steigung des Schraubenganges entspricht. Beim Drehen wird — indem der Arbeiter auf den Steigbügel tritt — das Werkstück in Drehung versetzt und zugleich der Wagen mitsamt dem Werkstück (vom Bildbetrachter aus gesehen) nach rechts gedrückt, entgegen dem Zug des Gegengewichtes links. Der Werkzeugstahl wird, auf einer Unterlage ruhend, fest gegen das Werkstück gedrückt.

Die Gedanken des Erfinders eilen den technischen Möglichkeiten der Zeit voraus, ganz davon abgesehen, daß der Entwurf auch andere Unstimmigkeiten enthält. Errard stand im Dienste des Herzogs von Lothringen und Bar-le-duc, dann des französischen Königs Heinrich IV. Er baute Festungen, so die Zitadelle von Amiens, und Schlösser, so das von Sedan.

Kupferstich aus: Jean *Errard,* Le premier livre des instruments mathématiques méchaniques. Nancy 1584. Fig. 3.





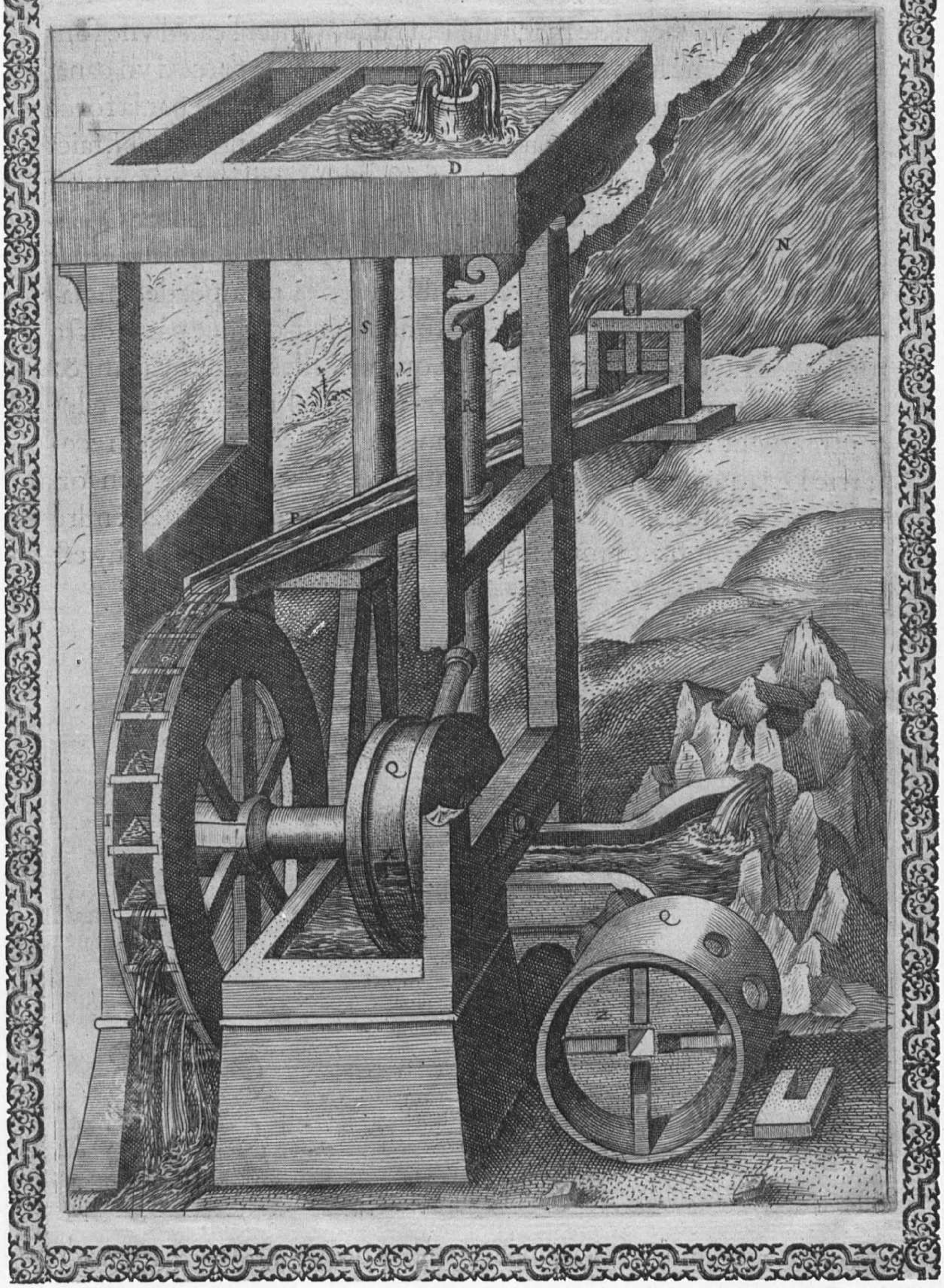
Kreiskolbenmaschine

Man sieht eine Pumpe (Saug-Druck-Pumpe) mit ringförmig gebogenem Zylinder; der Antrieb geschieht durch ein Wasserrad mit senkrechter Welle. Diese »Kreiskolbenmaschine« ist eine überaus kühne Konstruktion, die wirklich auszuführen mit den Mitteln der damaligen Zeit nicht gelingen konnte.

Viele der Entwürfe Ramellis, eines Ingenieurs der französischen Könige Heinrich III. und Heinrich IV., waren reine Papierprojekte, die sich im großen noch nicht realisieren ließen, höchstens als Modelle für fürstliche Kunstkammern. Aber diese phantasiereichen technischen Ideen bedeuteten doch eine Erweiterung des technischen Formenschatzes.

Kupferstich aus: Agostino *Ramelli,* Le diverse et artificiose machine (italienisch und französisch). Paris 1588. Fig. 13. Deutsch unter dem Titel: Schatzkammer mechanischer Künste. Leipzig 1620.

FIGVRE XXXVIII.



Kurbelkapselwerk

Hier handelt es sich um eine rotierende Pumpe, bei der ein exzentrisch gesetzter Verdränger in einer Kapsel läuft. Bewegliche Flügel (Schieber) legen sich unter dem Einfluß der Schwere der Innenseite der Kapsel an. Vielleicht werden die Schieber auch durch eine Führung (eine Rille oder Rippe) so geführt, daß sie mit der zylindrischen Kapselwand stets in Berührung bleiben.

Solcherlei Vorrichtungen, hier bei Ramelli 1588 noch eine Kuriosität, kommen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts häufiger vor. Der Antrieb der Pumpe erfolgt hier durch ein oberschlächtiges Wasserrad.

Kupferstich aus: Agostino *Ramelli,* Le diverse et artificiose machine (italienisch und französisch). Paris 1588. Fig. 38. Deutsch unter dem Titel: Schatzkammer mechanischer Künste. Leipzig 1620.

Pneumatisches Spielwerk von 1588

Ramelli führt hier eine Vorrichtung mit zwitschernden Vögeln nach Art Herons von Alexandrien (1. Jahrhundert n. Chr.) vor, wie sie die höfische Gesellschaft jener Zeit liebte. Die vier dargestellten Pfeifen werden von hinten durch eine verborgene Person angeblasen. Der Luftstrom bewegt auch die Äste mitsamt den Vöglein.

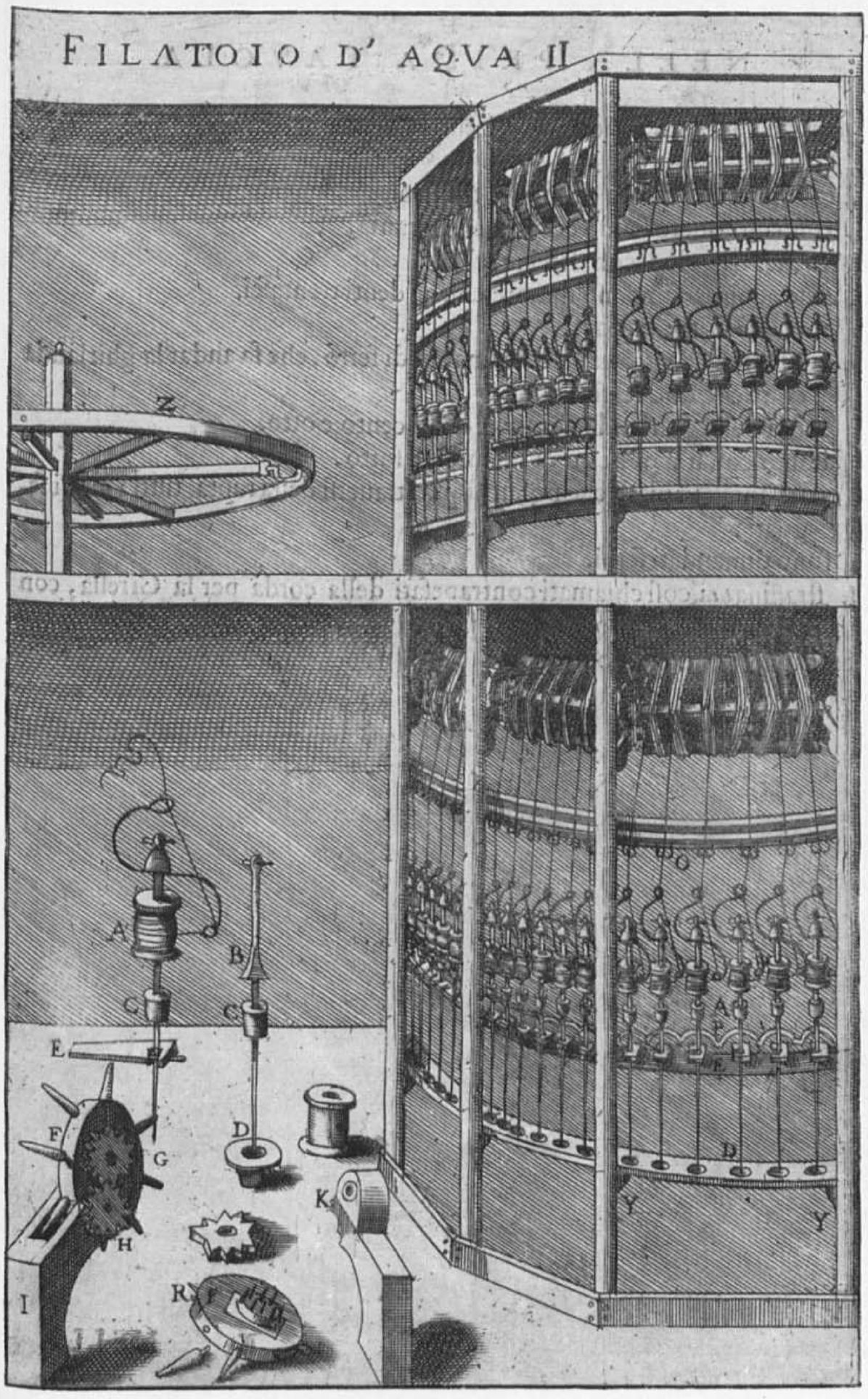
Kupferstich aus: Agostino *Ramelli,* Le diverse et artificiose machine (italienisch und französisch). Paris 1588. Fig. 187. Deutsch unter dem Titel: Schatzkammer mechanischer Künste. Leipzig 1620.

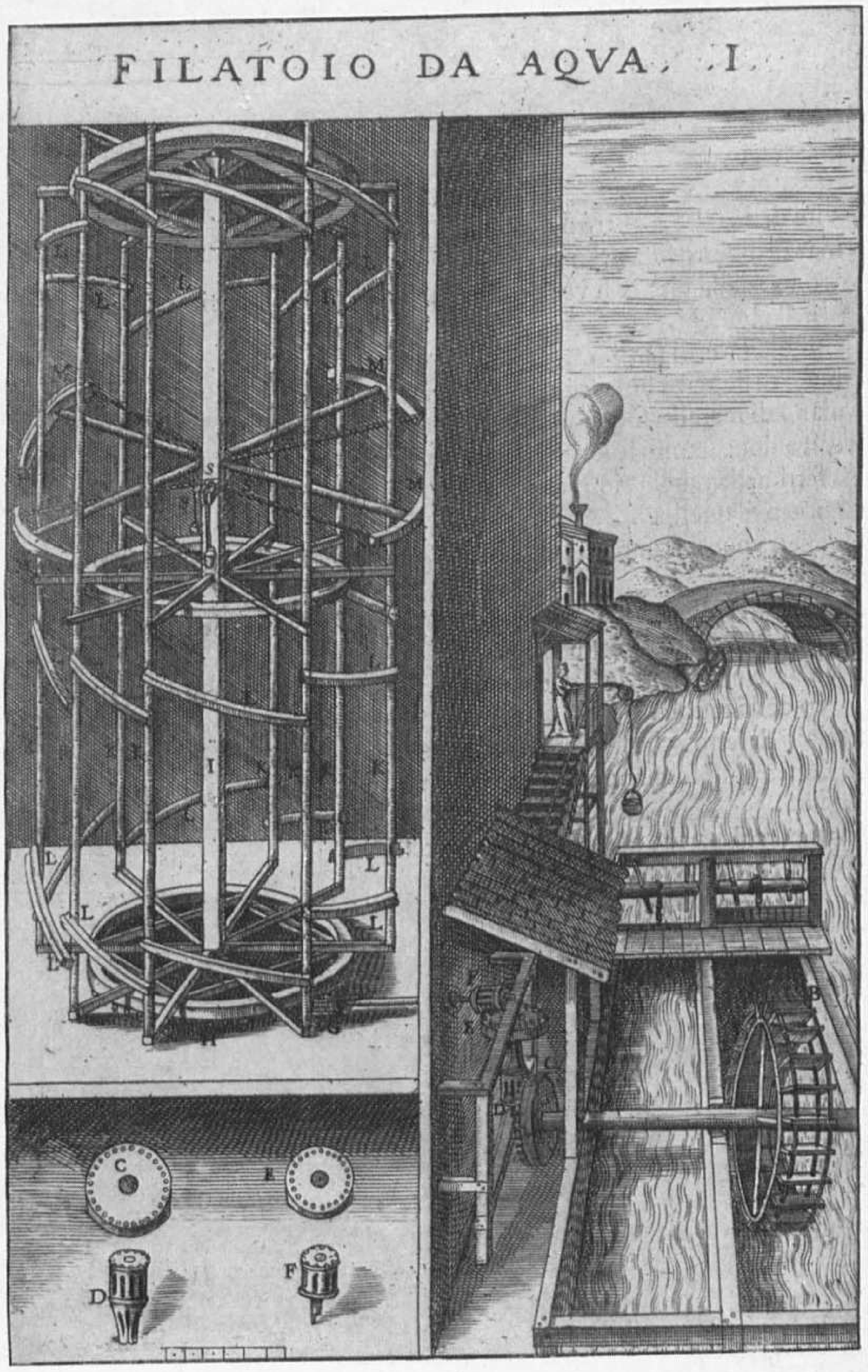
Seidenzwirnerei

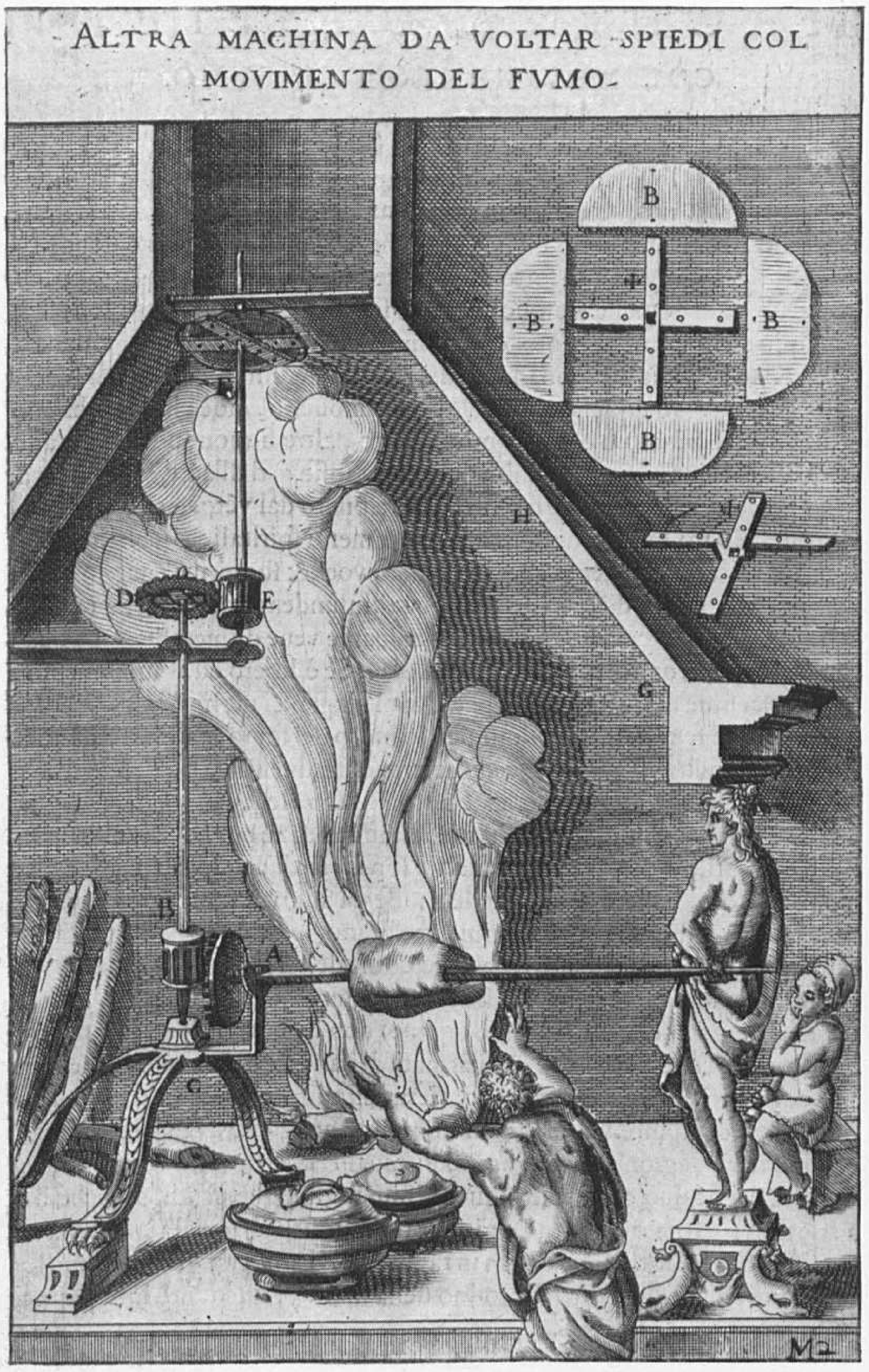
Die hier von Vittorio Zonca dargestellte, durch Wasserkraft betriebene, kreisförmige Seidenzwirnmaschine dient dem Zusammendrillen (Zwirnen) der feinen Seidenfäden zu einem festen Garn. Rechts sieht man den Antriebsmechanismus, der sich in der eigentlichen Zwirnvorrichtung (links) dreht und der die um eine waagerechte Achse sich drehenden Haspeln (jede sechs Garnsträhnen fassend) in Rotation versetzt. Dabei werden von den darunterliegenden Spulen, die sich auf senkrechten Spindeln drehen, durch mit anderer Geschwindigkeit rotierende Drahtflügel mehrere nebeneinanderlaufende Seidenfäden abgezogen und zu einem Garn gezwirnt. Eine solche Zwirnmaschine enthielt 192 bis 324 Spindeln.

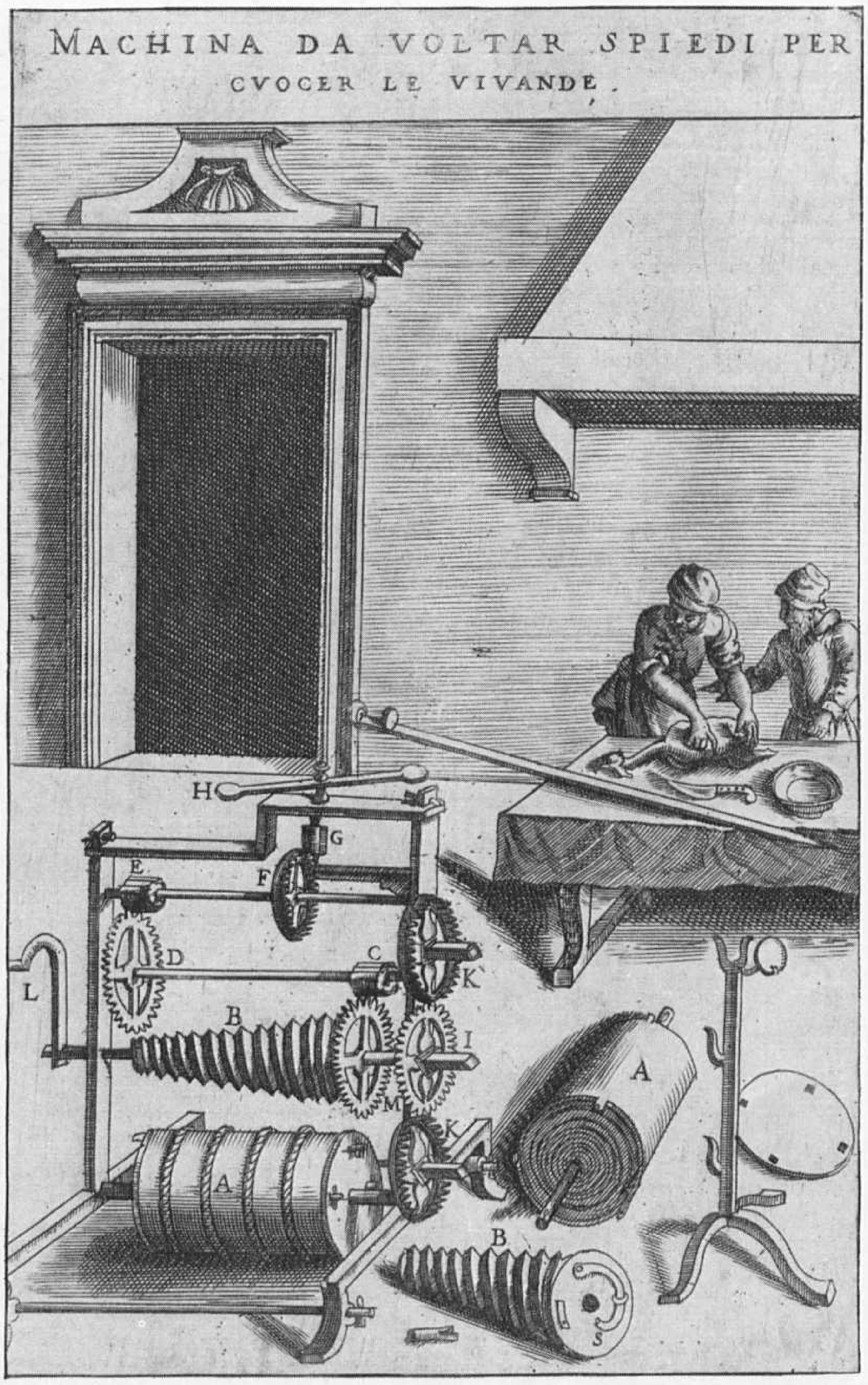
Seidenzwirnmaschinen ähnlicher Art mit Wasserradantrieb sollen schon um 1272 in Bologna aufgestellt worden sein, wobei jedes solche Filatorium 100 bis 280 Spindeln enthielt. Hier liegt also eine sehr frühe, weitgehende Mechanisierung eines textilen Prozesses vor, indem diese Maschine die Arbeit zahlreicher Menschen übernahm.

Kupferstich aus: Vittorio *Zonca,* Novo teatro di machine et edificii. Padua 1607. S. 68/74.









Bratenwender

Bei diesem Entwurf wird ein Bratenwender durch ein Windrad bewegt, das durch Rauch und aufsteigende erwärmte Luft angetrieben wird. Je heißer das Feuer brennt, um so schneller dreht sich der Braten.

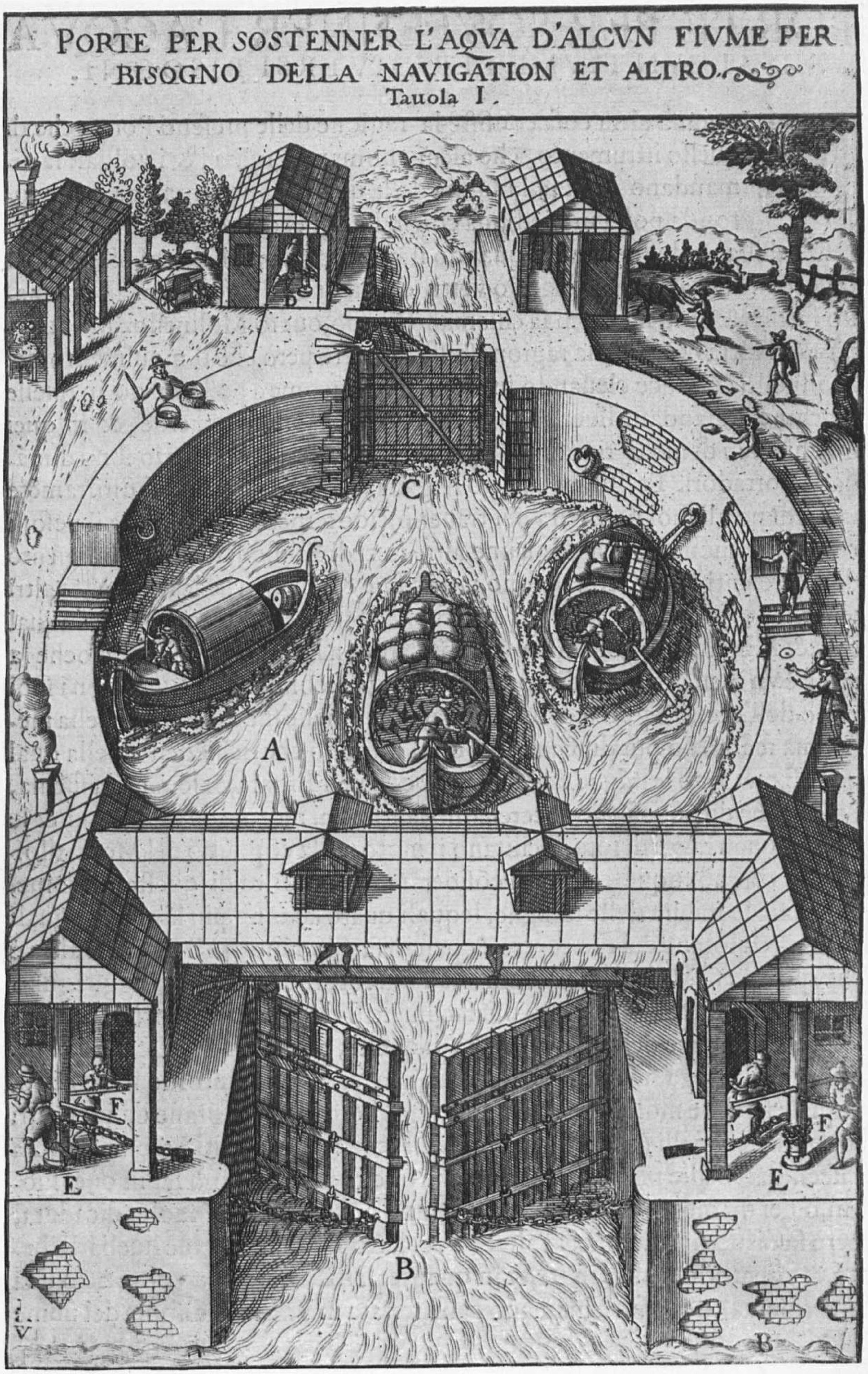
Zonca, Architekt der Stadt Padua, führt auch den Uhrfeder-Antrieb für einen Bratenwender vor, wobei eine Schnecke, wie sie seit dem 15. Jahrhundert auch für Federzuguhren gebraucht wurde, für den Ausgleich der abnehmenden Zugkraft der Spiralfeder sorgt. In der Zeichnung ist die um Federtrommel (unten) und Schnecke geschlungene Schnur nicht wiedergegeben. Mit der Kurbel links kann man durch Drehen die Feder spannen. Ganz oben ist eine sogenannte Löffelunruhe angebracht, welche die Geschwindigkeit reguliert.

Bartolomeo Scappi, Mundkoch von Papst Pius V., gibt übrigens bereits 1570 einen Bratenwender mit Uhrwerksantrieb an.

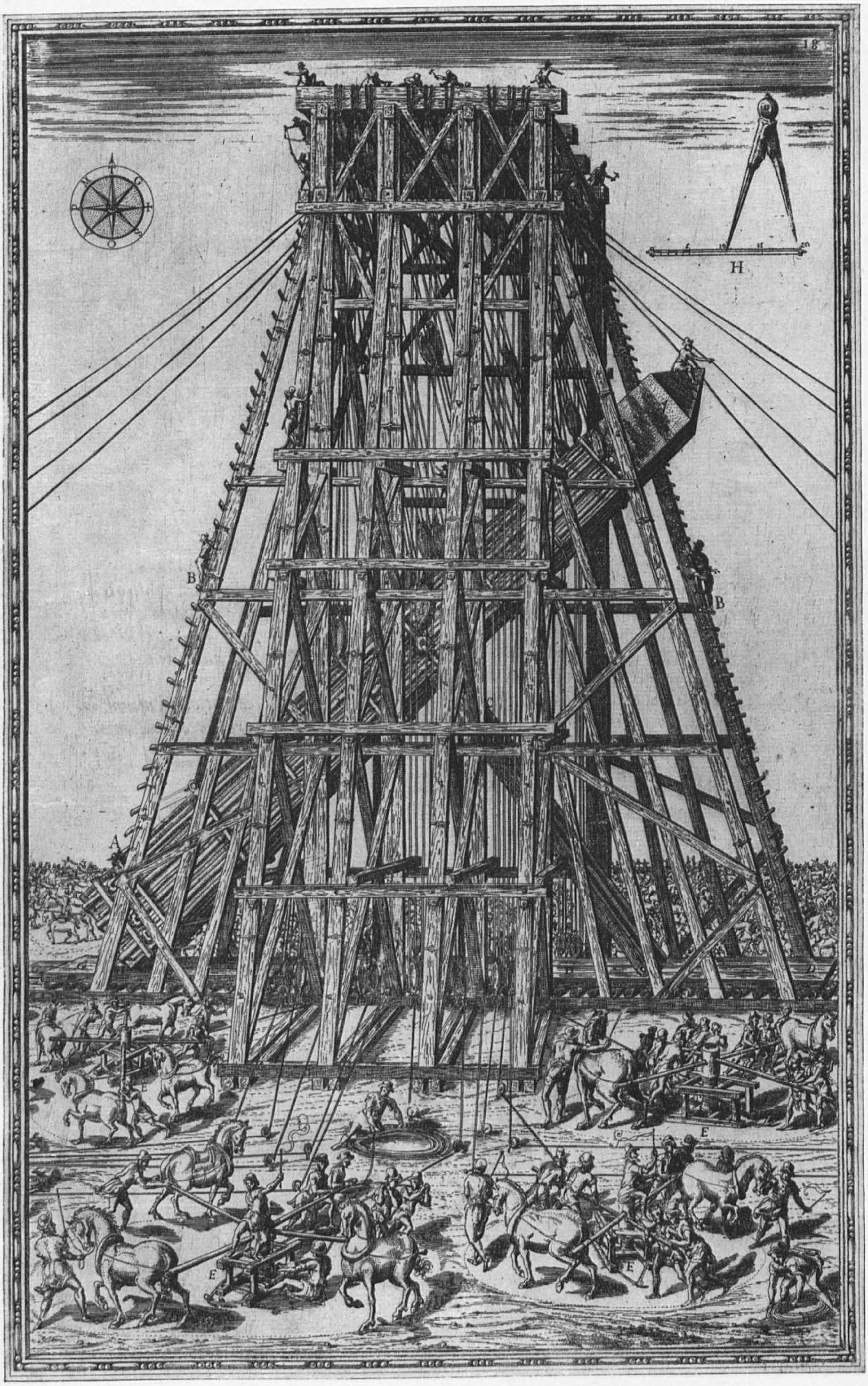
Kupferstiche aus: Vittorio *Zonca,* Novo teatro di machine et edificii. Padua 1607. S. 89/91.

Kammerschleuse

Die Kammerschleuse wurde in Europa im 16. Jahrhundert erfunden, in China bedeutend früher. In solcher Art, wie hier 1607 von Vittorio Zonca angegeben, war sie damals in und bei Padua in Betrieb.



Kupferstich aus: Vittorio *Zonca,* Novo teatro di machine et edificii. Padua 1607. S. 9.



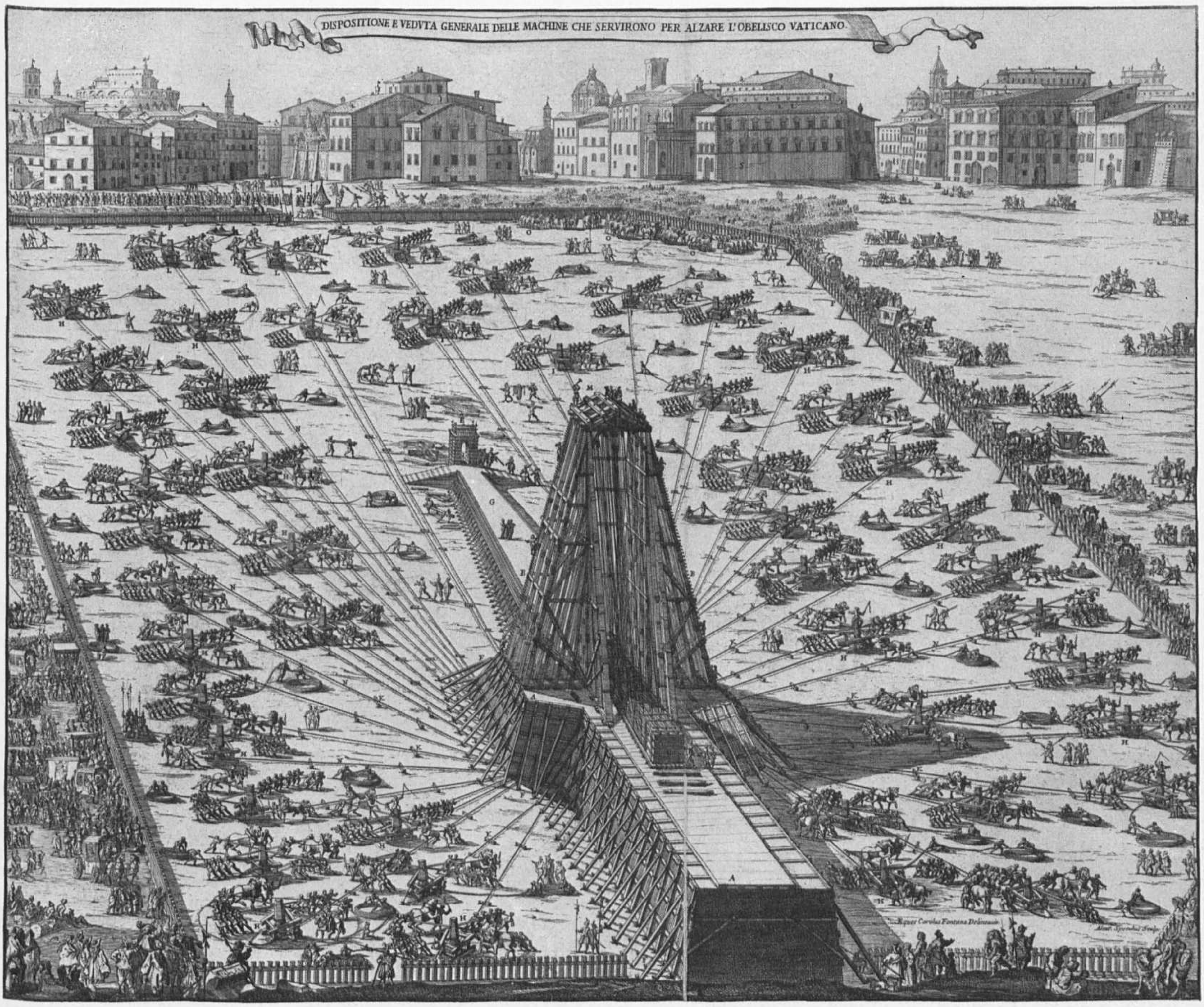
Die Niederlegung des Vatikanischen Obelisken

Bei der alten Sakristei der Peterskirche in Rom stand ziemlich im Verborgenen ein ägyptischer Obelisk, den Papst Sixtus V. auf dem großen Platz vor der Peterskirche aufzustellen wünschte. Der Obelisk, der aus dem 10. vorchristlichen Jahrhundert stammt und den die Römer unter Kaiser Caligula um 40 n. Chr. von Heliopolis nach Rom gebracht hatten, ist aus einem Stück (Monolith), 23 m hoch und 327 t schwer. Mit dem Transport des Granitkolosses wurde 1586 der Ingenieur und Architekt Domenico Fontana von Papst Sixtus V. beauftragt.

Zunächst mußte der Obelisk umgelegt werden. Dazu errichtete Fontana ein Gerüst um den Obelisken, hob ihn mit Flaschenzügen, die durch Göpel (Winden) in Bewegung gesetzt wurden, um 60 cm in die Höhe, schob eine auf Rollen laufende Plattform darunter und legte den noch an Flaschenzügen hängenden Koloß langsam um. (Bei den Flaschenzügen handelte es sich vornehmlich um solche aus einer Flasche mit zwei Rollen oben und einer Rolle unten.)

Bevor die große technische Aufgabe in Angriff genommen werden konnte, hatte Fontana durch Bestimmung des Volumens und des spezifischen Gewichts das absolute Gewicht des Obelisken ermittelt. Er hatte überschlagen, daß für die Anhebung des Steines 40 Göpel mit 40 Flaschenzügen nötig seien. Im ganzen wirkten bei dieser Arbeit der Umlegung 907 Menschen und 75 Pferde mit. Der umgelegte Obelisk wurde dann auf Walzen zum etwa 260 m entfernten neuen Aufstellungsort vor der Peterskirche gebracht.

Kupferstich aus: Domenico *Fontana,* Della trasportatione dell'Obelisco Vaticano. Rom 1590. Taf. 18.

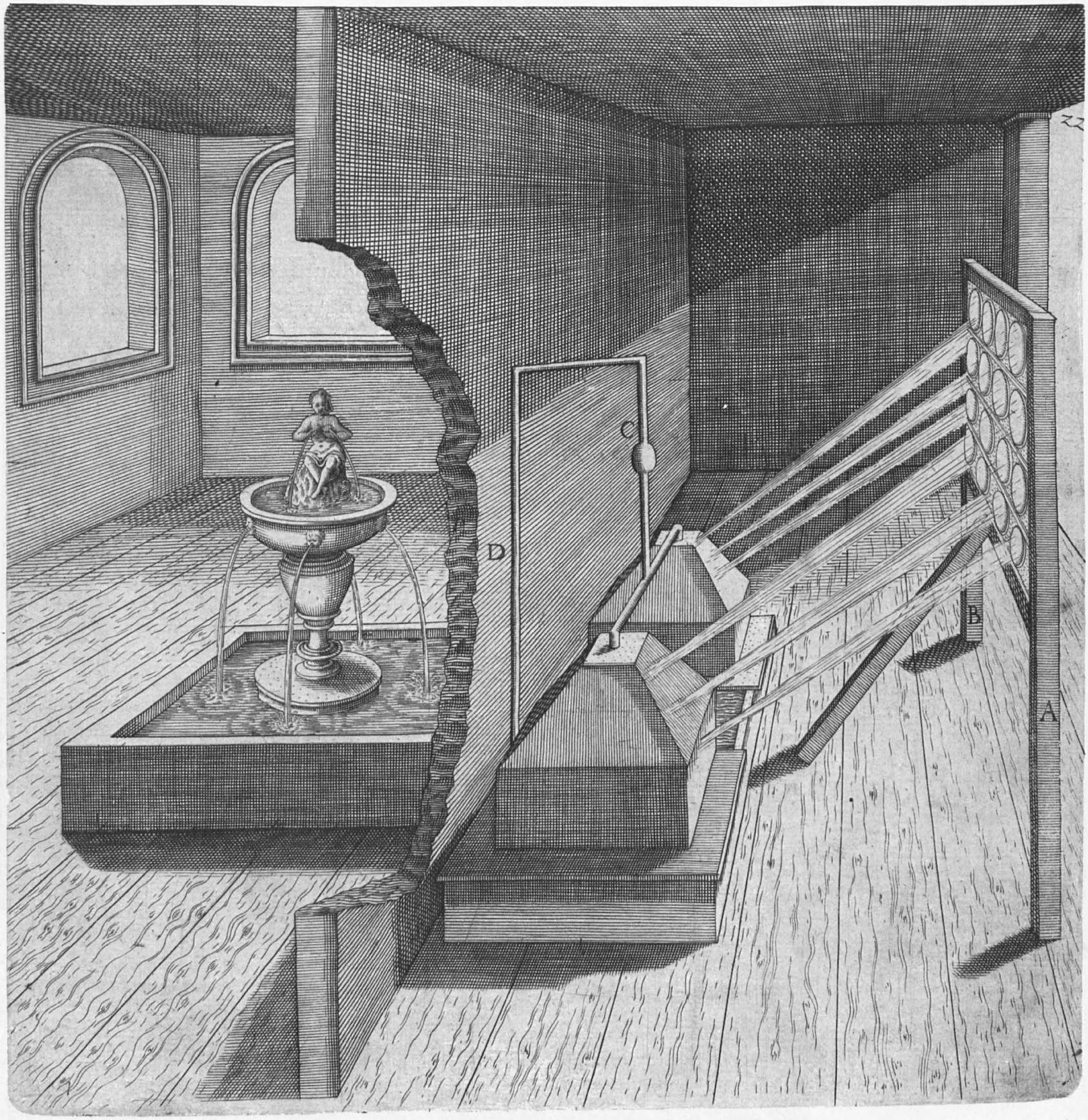


Die Aufrichtung des Vatikanischen Obelisken auf dem Platz vor der Peterskirche

Mit denselben Mitteln, die bei der Niederlegung angewandt worden waren, arbeitete man auch bei der Aufrichtung. Hier wurden 800 Menschen und 140 Pferde eingesetzt. Der ganze Obeliskentransport dauerte rund ein halbes Jahr. Diese große Leistung ist mit den herkömmlichen, einfachen technischen Mitteln der damaligen Zeit — jedoch in Vielzahl angewandt — gelöst worden. Voraussetzung für ein Gelingen mit diesen einfachen Methoden war eine streng hierarchische Organisation, an deren Spitze in diesem Fall der Papst selbst stand.

In der römischen Antike, über anderthalb Jahrtausende vor Sixtus V. und seinem Architekten und Ingenieur Domenico Fontana, waren Obelisken schon in ähnlicher Weise transportiert worden. Fortschritte sind insofern zu verzeichnen, als Fontana die Kräfte rationeller anzuwenden vermochte, indem er die Zahl der Göpel auf das durch Berechnung ermittelte Obeliskengewicht abstellte. Und außerdem setzte Fontana im Gegensatz zur Antike, wo beim Obeliskentransport nur Menschenkraft gebraucht worden war, auch Pferde ein. Das war möglich durch das zu besseren Zugleistungen befähigende Kummetgeschirr, das die Antike nicht gekannt hatte. Es trat in Europa erst in der karolingischen Zeit auf.

Kupferstich aus: Carlo *Fontana,* Il Tempio Vaticano. Rom 1694. S. 169.
Orig. 38,8×47,5 cm.



Sonnenkraftmaschine

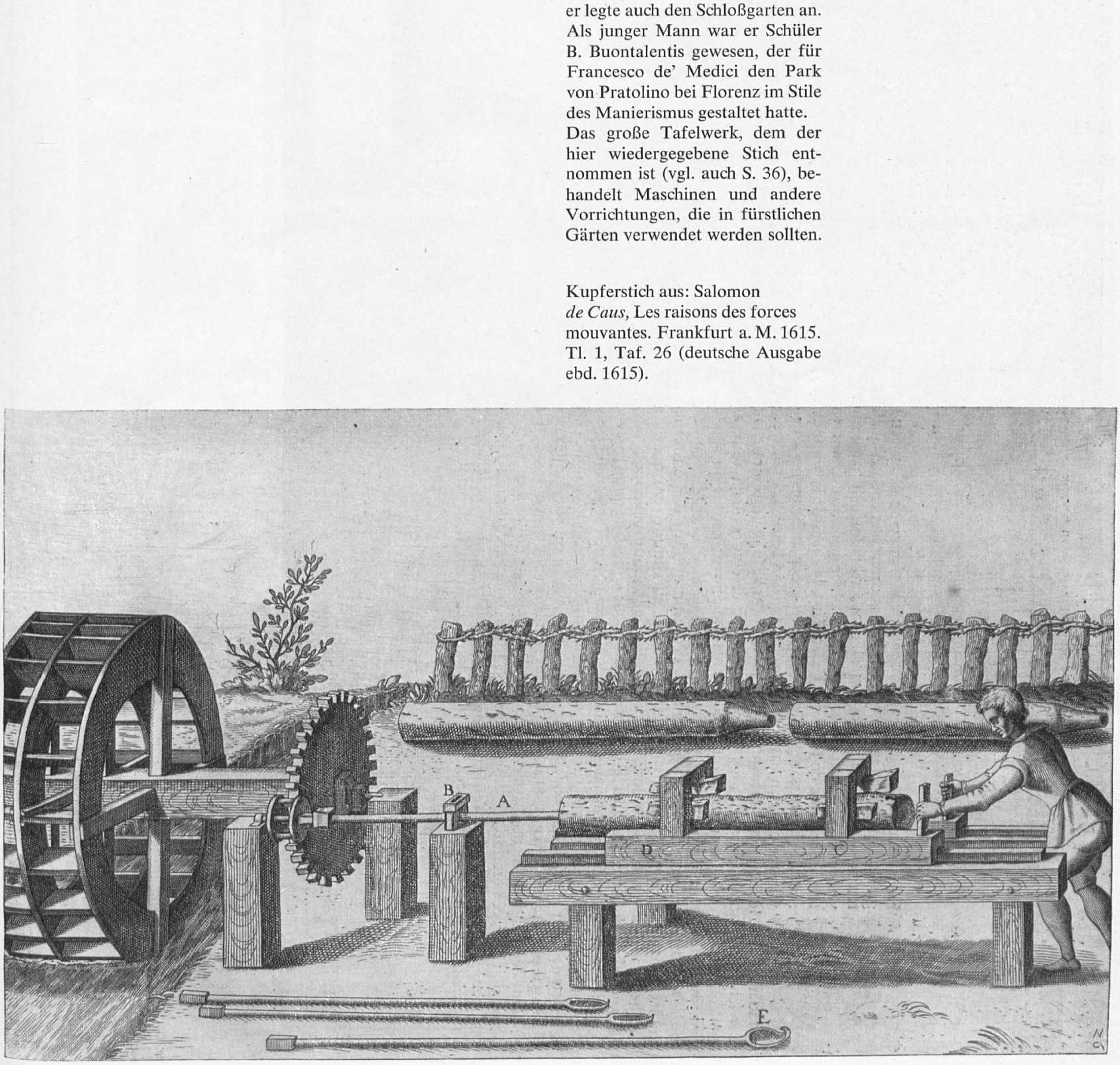
Salomon de Caus, kurfürstlich-pfälzischer Ingenieur und Baumeister in Heidelberg, führt 1615 den Entwurf einer Sonnenkraftmaschine vor. Durch Linsen gebündelte Sonnenstrahlen fallen auf Kupferkästen, die zu einer Hälfte mit Wasser, zur anderen mit Luft gefüllt sind. Die darin erwärmte Luft läßt das Wasser in einem Springbrunnen aufsteigen. Wenn es kühl wird und sich die Luft in den Kästen wieder zusammenzieht, läuft das Wasser in diese zurück.

Kupferstich aus: Salomon *de Caus,* Les raisons des forces mouvantes. Frankfurt a. M. 1615. Tl. 1, Taf. 22 (deutsche Ausgabe ebd. 1615).

Bohrmaschine

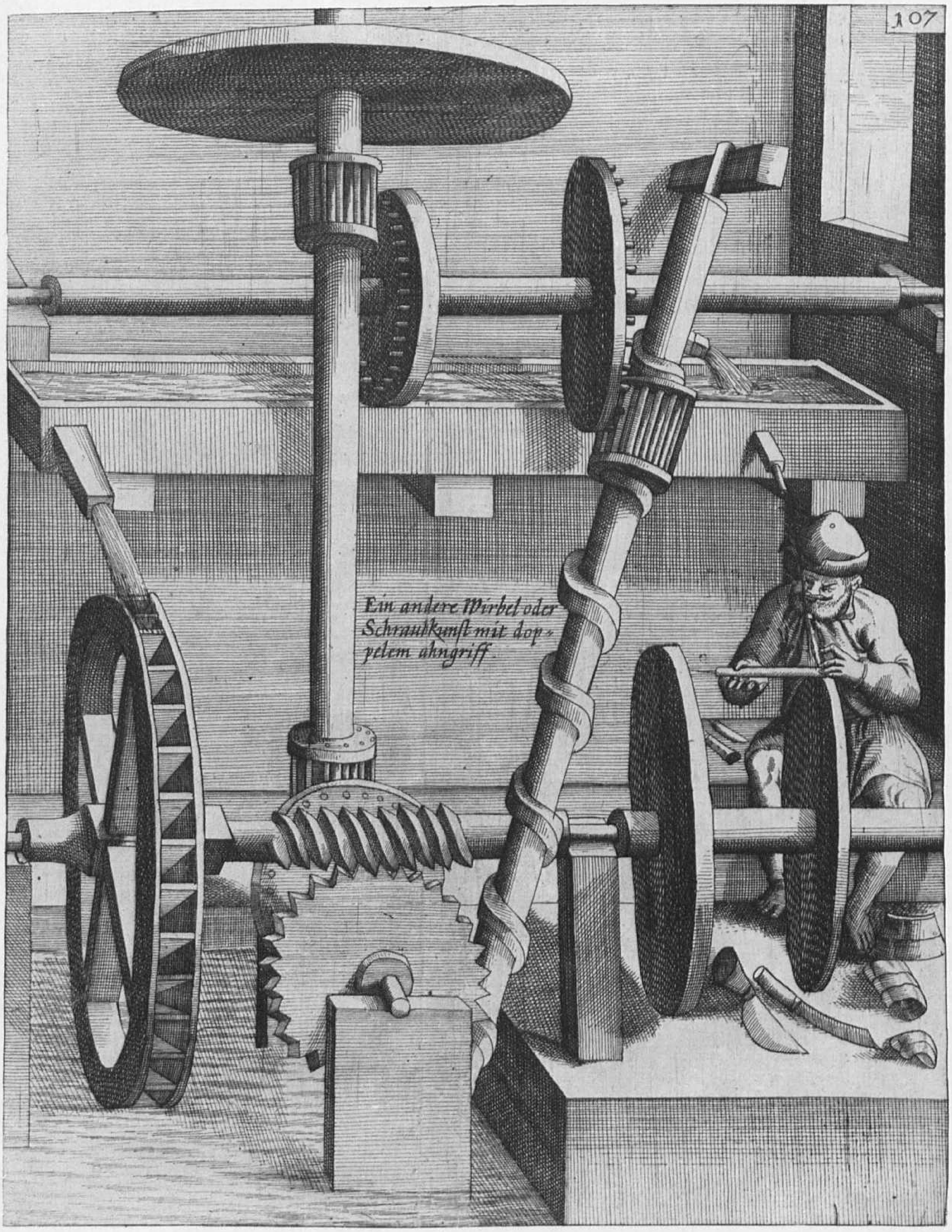
Die von einem Wasserrad angetriebene Maschine konstruierte S. de Caus, um hölzerne Wasserrohre zu bohren. Sie waren für Wasserleitungen zur Versorgung der Springbrunnen nötig.
S. de Caus, gebürtiger Franzose, als Protestant vor dem Erlaß des Edikts von Nantes aus Frankreich geflohen, baute während seines Aufenthalts in der Pfalz nicht nur Teile des Heidelberger Schlosses; er legte auch den Schloßgarten an. Als junger Mann war er Schüler B. Buontalentis gewesen, der für Francesco de' Medici den Park von Pratolino bei Florenz im Stile des Manierismus gestaltet hatte.
Das große Tafelwerk, dem der hier wiedergegebene Stich entnommen ist (vgl. auch S. 36), behandelt Maschinen und andere Vorrichtungen, die in fürstlichen Gärten verwendet werden sollten.

Kupferstich aus: Salomon *de Caus,* Les raisons des forces mouvantes. Frankfurt a. M. 1615. Tl. 1, Taf. 26 (deutsche Ausgabe ebd. 1615).

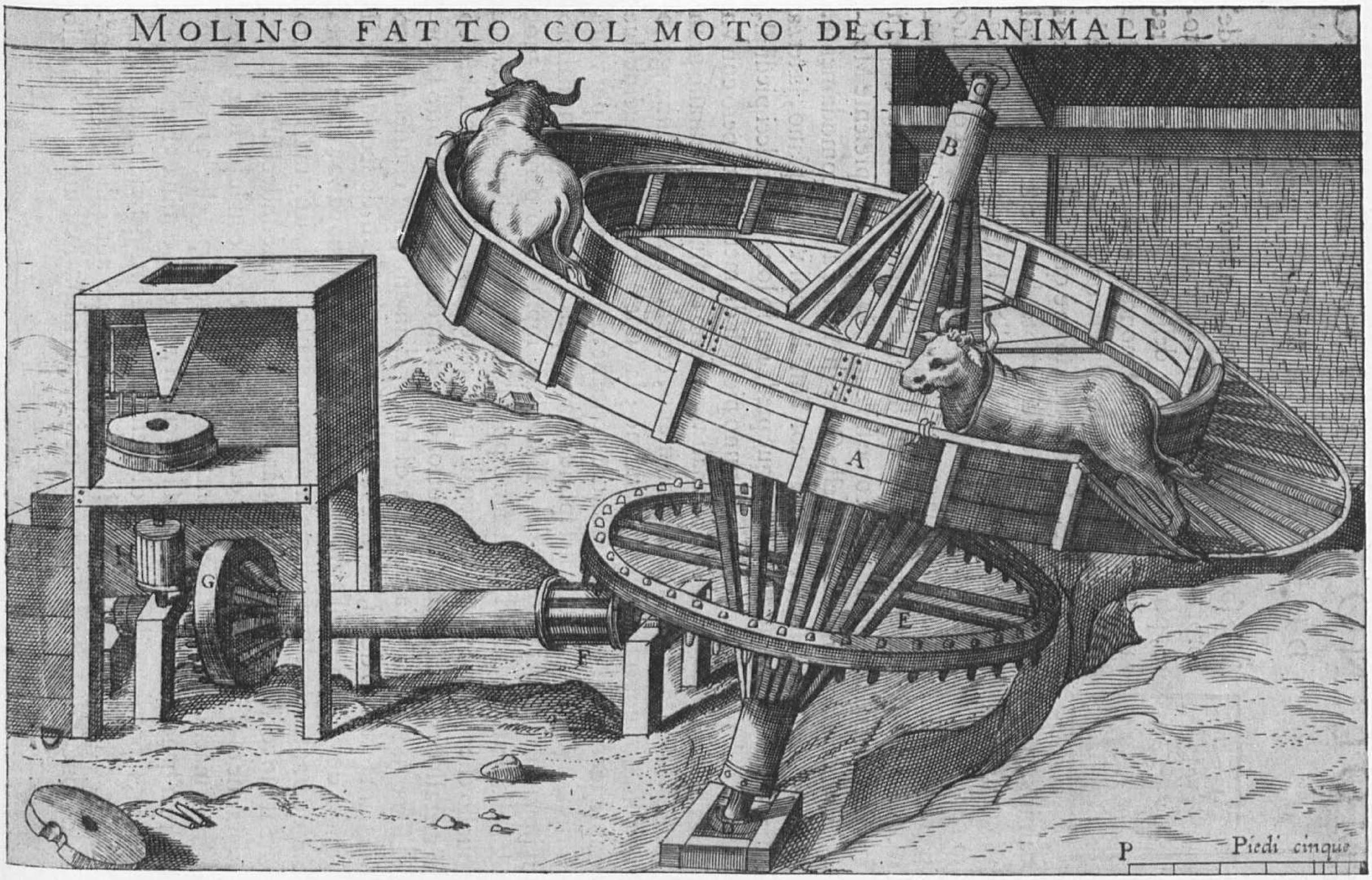


Perpetuum mobile

Diese Vorrichtung geht nicht auf Strada († 1588) selbst zurück (1. Ausg. 1617/18), sondern erschien erst in der erweiterten Ausgabe seines Mühlenbuches (1629). Das Wasser, das aus dem Kasten herabfällt, treibt das Wasserrad. Dieses bewegt über einen Schnekkentrieb und verschiedene Kammrad-Stockgetriebe eine archimedische Schraube, die das herabgefallene Wasser wieder in den Kasten befördert, der keinen Wasserzufluß hat. Es soll also eine immerwährende Bewegung erreicht werden. Doch nicht genug, im Text zu dem Bild heißt es: »Damit man aber etwas Nützliches mit dieser Invention oder Machina ausrichten möge, hat der Inventor ein paar Schleifräder an den Wellbaum angeordnet.« Uns leuchtet die Unmöglichkeit dieser »Invention« ein, nicht aber jener Zeit, der energetische Betrachtungen noch fremd waren.



Kupferstich aus: Jacopo *Strada,* Kunstliche Abriß allerhand ... Mühlen. Erweiterte Ausgabe. Frankfurt a. M. 1629. Taf. 107.

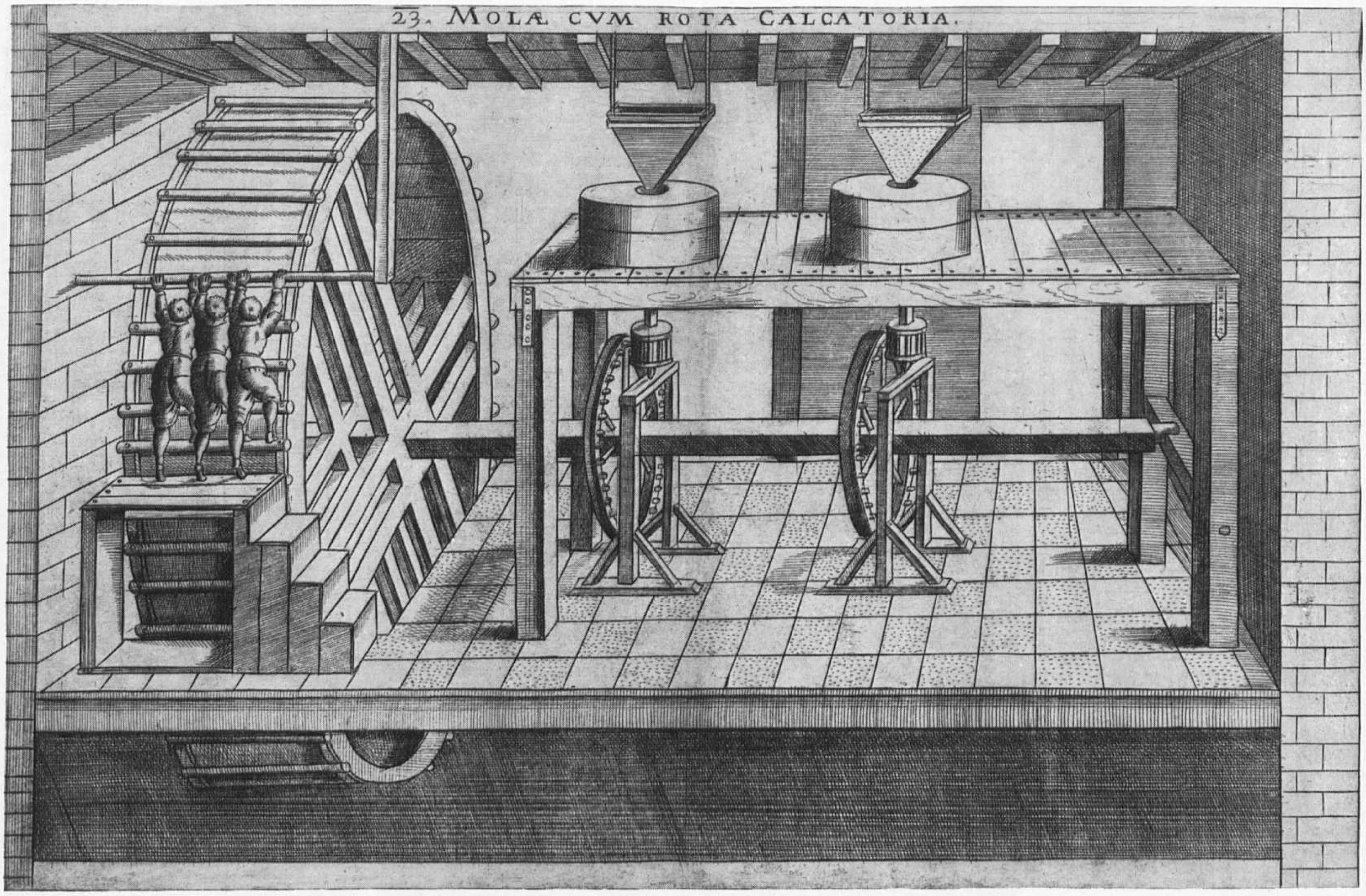


Mühle mit Antrieb durch Rindertretscheibe

Eine solche Mühle wurde, wie V. Zonca 1609 berichtet, in der Stadt Venedig, wo Wasserkraft nicht zur Verfügung stand, zum Mahlen von Getreide mit Erfolg angewandt. Die Tiere treten, indem sie die Scheibe bewegen, immer an demselben Ort. Sie müssen etwa alle zwei Stunden ausgewechselt werden, da die Arbeit sehr ermüdet.

Das Kammrad (E) unter der Tretscheibe hat, wie Zonca schreibt, 144 Zähne. Es treibt ein Rad mit 12 Triebstöcken (F), auf dessen Welle ein Kammrad (G) mit 48 Zähnen sitzt. Sie greifen in ein Rad mit 12 Triebstöcken (H) ein, welches den Mühlstein dreht. Dieser macht 48 Umdrehungen, während die von den Tieren angetriebene Scheibe *eine* Kreisbewegung ausführt.

Kupferstich aus: Vittorio *Zonca,* Novo teatro di machine et edificii. Padua 1607. S. 25.



Getreidemühle mit Tretradantrieb

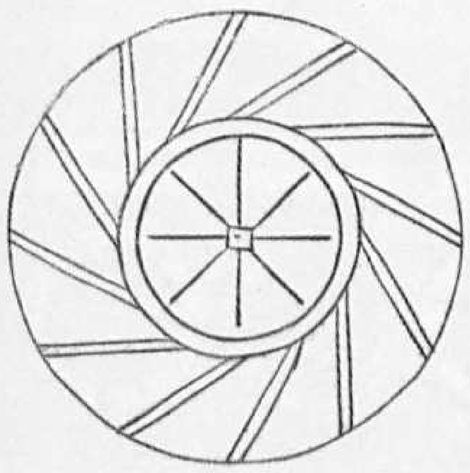
Die drei Männer treten die Trommel von außen, so daß ein großes Drehmoment erreicht wird. »Dieser neuen Radtrieb-Erfindung mögen wir uns billig rühmen, weil wir bisher von dergleichen nichts gehört oder gesehen haben.«

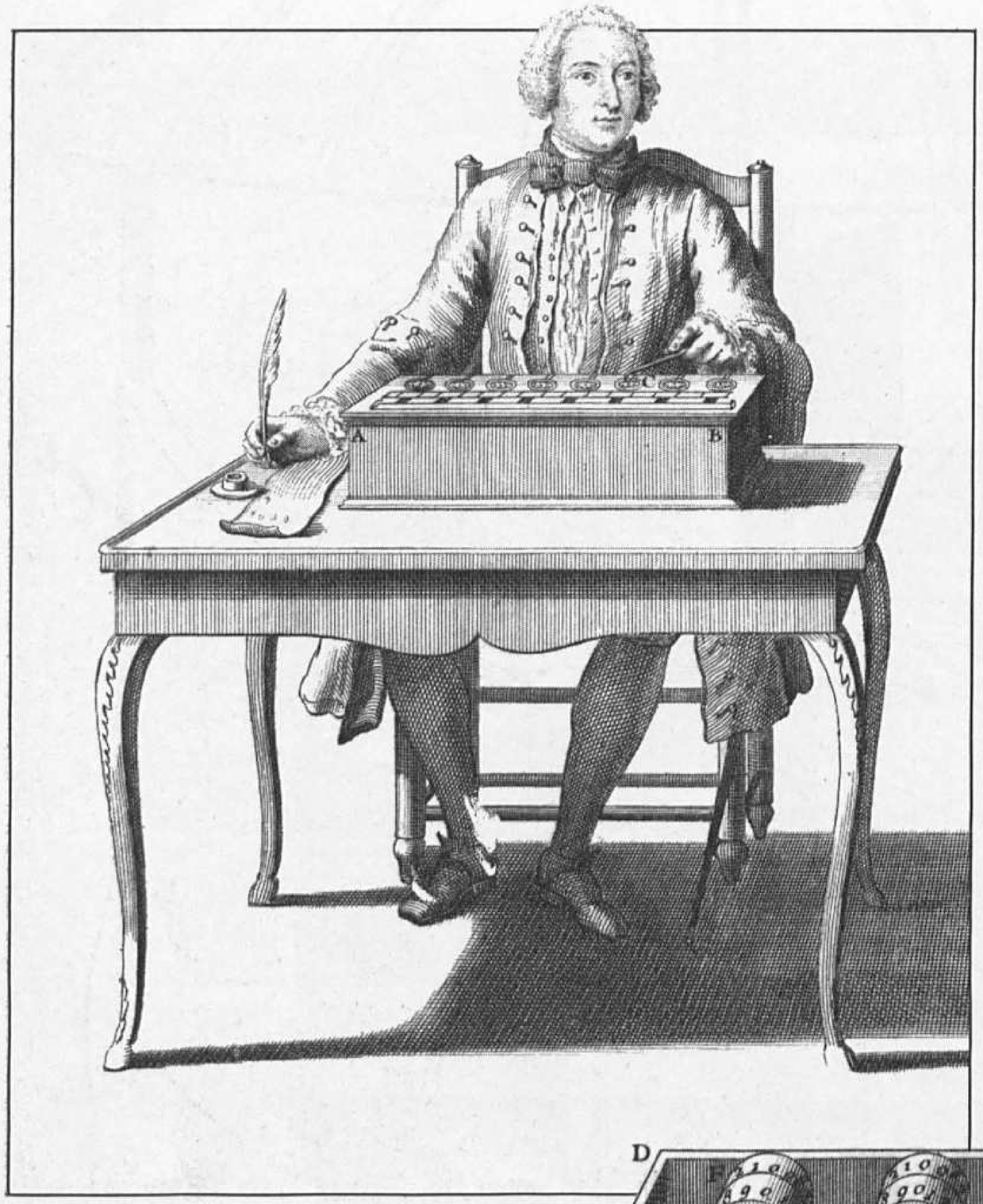
Kupferstich aus: Faustus *Verantius* (Fausto Veranzio), Machinae novae. Venedig 1615 oder 1616. Taf. 23.

Windturbine

Es ist ein Windrad mit senkrechter Welle. Der Wind, ganz gleich, aus welcher Richtung er weht, wird durch gewölbte Leitschaufeln auf die Flügel des Rades geleitet. Mit dieser Konstruktion ist Veranzio seiner Zeit voraus. Windkraftmaschinen der hier angegebenen Art mit Leitschaufeln begegnen uns sonst erst im 18. Jahrhundert.

Kupferstich aus: Faustus *Verantius* (Fausto Veranzio), Machinae novae. Venedig 1615 oder 1616. Taf. 13.





Pascals Rechenmaschine

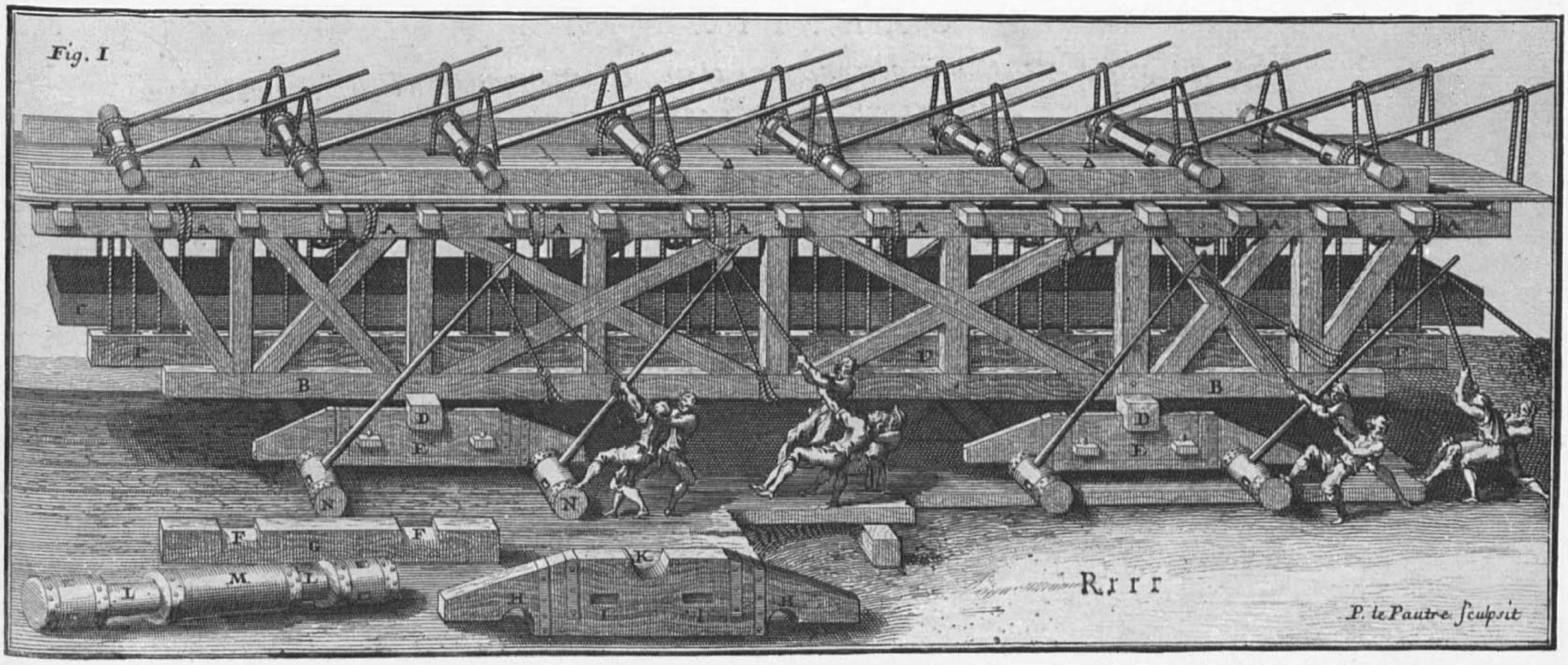
Die ersten Rechenmaschinen wurden im 17. Jahrhundert entwikkelt. Man kam zum mechanischen Rechnen sowohl aus Gründen der Nützlichkeit als auch von der Philosophie her, die einen Kalkül logischer Operationen erstrebte und dabei auch an die mechanische Ausführung dachte, wenn auch nur von arithmetischen Verknüpfungen.

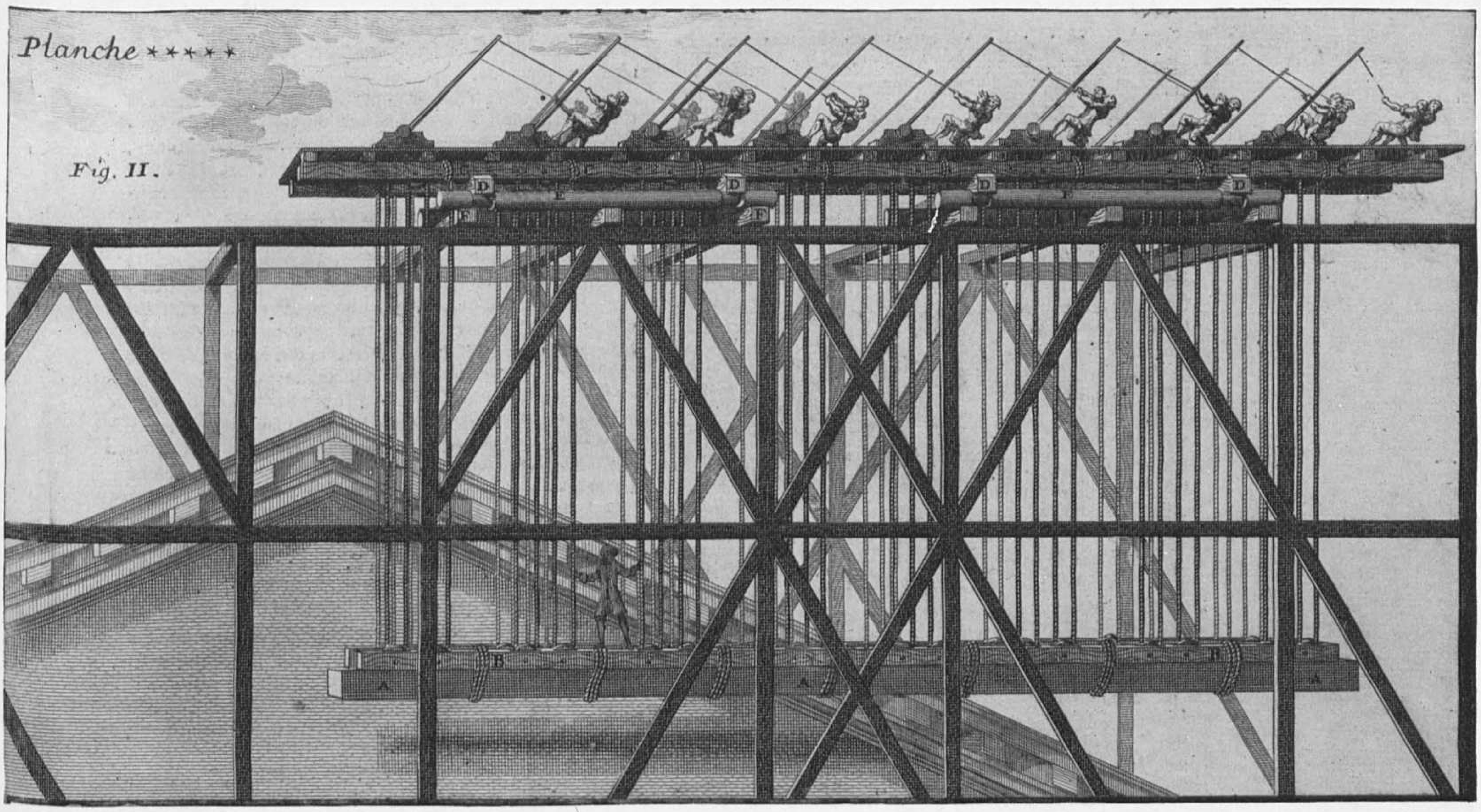
Schon 1623 baute der Tübinger Orientalist und Mathematiker Wilhelm Schickard eine mit Zahnrädern arbeitende, durch automatische Zehnerübertragung mittels Einzahns ausgezeichnete Maschine zum Addieren und Subtrahieren. Dabei konnten mit einem Hilfswerk, dem das Prinzip der Neperschen Rechenstäbchen zugrunde lag, Multiplikationen und Divisionen vorgenommen werden. Schickards Maschine funktionierte, ging aber verloren, ebenso wie das Wissen um sie. Doch konnte man dieses Gerät nach alten handschriftlichen Angaben 1960 rekonstruieren.

Erst 20 Jahre nach Schickard baute der junge französische Philosoph und Mathematiker Blaise Pascal 1642/45 eine Addiermaschine mit Räderwerk und Zehnerübertragung, die aber hier einen Hebelmechanismus anwandte. Die Räder des Einstellwerkes wurden — wie das auch bei Schickard der Fall war — mit einem Griffel gedreht. Es haben sich noch acht Originalmaschinen erhalten. Pascals Maschine fand nachträgliche Aufnahme in das von J.-G. Gallon herausgegebene Werk »Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences« (Vol. 4, Paris 1735. S. 137).

Auf Pascals Addiermaschine folgte in den Jahren 1671 ff. die Rechenmaschine von G. W. Leibniz, die durch die Verwendung von Staffelwalzen, einer seiner Erfindungen, auch für Multiplikationen und Divisionen gebraucht werden konnte.

Kupferstich aus: Jean-Gaffin *Gallon,* Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences. Vol. 4. Paris 1735. S. 137.





Steintransport für den Bau des Louvre

Diese Vorrichtungen wurden zum Transport und zur Hebung von zwei sehr langen (17 m), aber relativ dünnen (49 cm) und dadurch zerbrechlichen Steinen angewandt, die man beim Bau des Hauptportals der von Claude Perrault errichteten Ostfassade des Louvre in Paris benötigte (um 1677). Die Steine, jeder an die 35 t schwer, wurden von einem Steinbruch bei dem etwa 10 km entfernten Meudon nach Paris gebracht.

Fig. 1 zeigt, wie der Stein in einem hölzernen Gehäuse aufgehängt ist. Die starken Seile, die ihn tragen, laufen unten über Rollen und sind oben an waagerecht liegenden Haspeln befestigt, die durch Hebel gedreht werden können. Wenn der Stein die richtige Lage hat, werden die Hebel durch Seile befestigt. Das ganze Gestell läßt sich auf Walzen bewegen, die durch Hebel betätigt werden. Die Vorrichtung wurde im übrigen noch unter Zuhilfenahme von Göpeln, die auf dem Bilde nicht zu sehen sind und die rechts außen liegen, durch Seile gezogen.

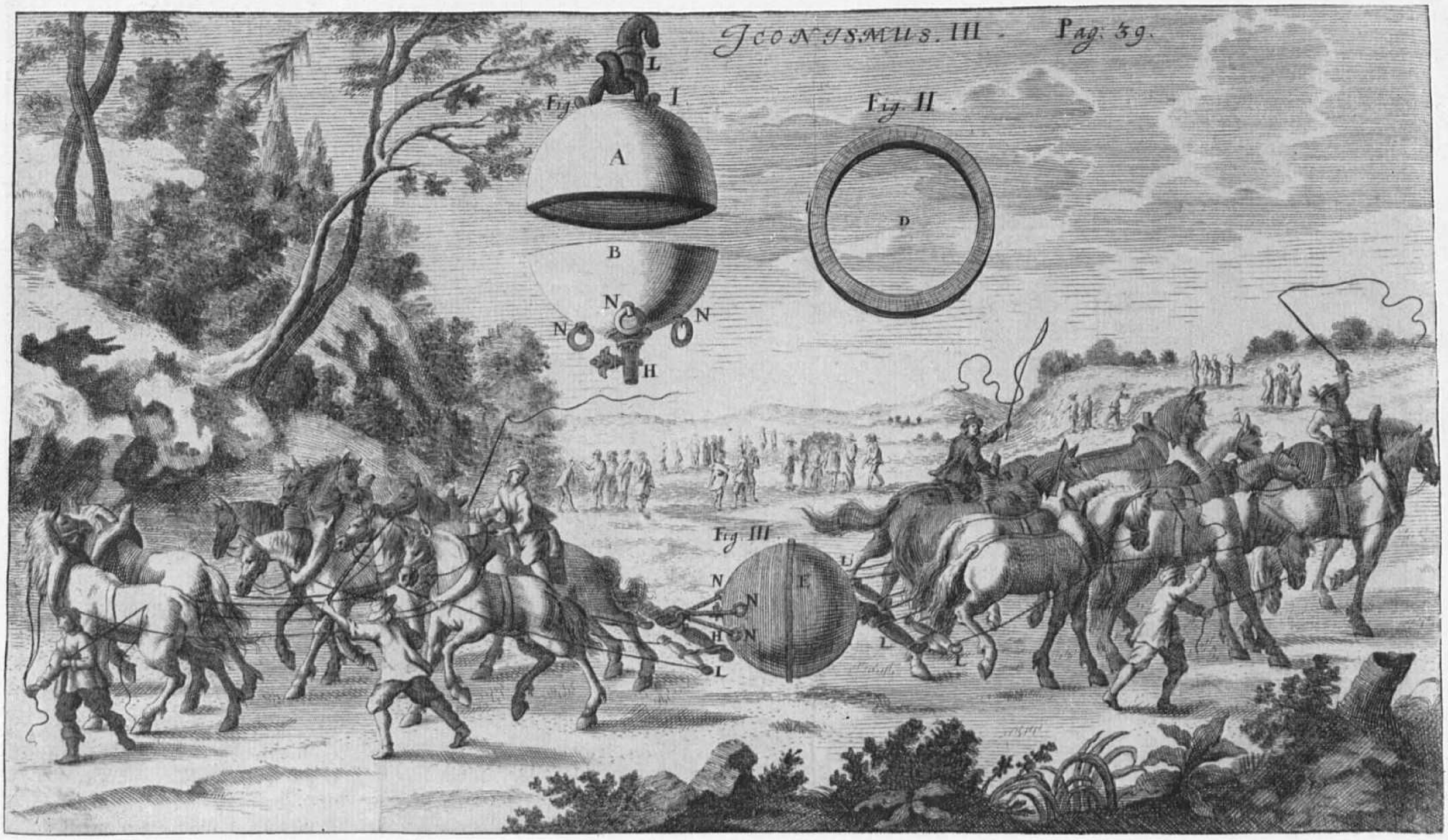
Fig. 2 zeigt die Vorrichtung, um den Stein (A A), an den Balken (B B) hängend, mittels waagerechter Haspeln um etwa 14,5 m in die Höhe zu ziehen. Auf einem der Balken über dem Stein steht »der Director, so die Seile examiniret«.

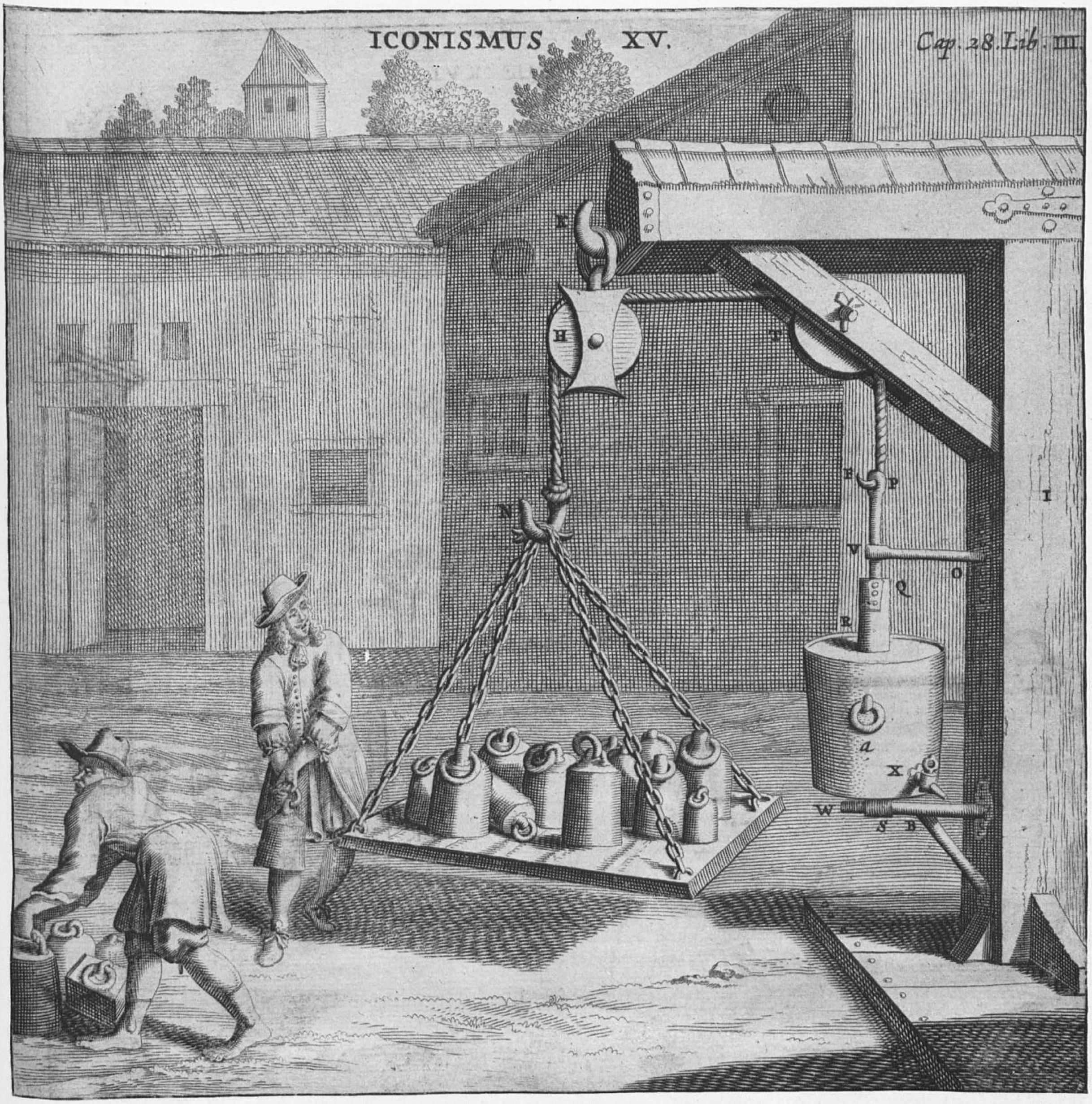
Kupferstich aus: Claude *Perrault,* Les dix livres d'architecture de Vitruve. 2. Aufl. Paris 1684. S. 341 (1. Aufl. 1673).

Guerickes Pferdeversuch

Otto von Guericke entwickelte in langer, schwieriger Arbeit von etwa 1650 bis 1663 Luftpumpen verschiedener Form, um die Luft aus Gefäßen »auszuschöpfen«. Den bekannten Versuch mit den gut aufeinandergepaßten Halbkugeln, die — wenn sie evakuiert waren — selbst von 16 Pferden nicht auseinandergerissen werden konnten, zeigte er zuerst 1657 in Magdeburg. 1663 wartete Guericke mit diesem typisch barocken Schauversuch auch dem Großen Kurfürsten in Cölln an der Spree auf. Auf dem Reichstag zu Regensburg 1654 hatte er einfachere Vakuumversuche vorgeführt.

Kupferstich aus: Caspar *Schott*,
Technica curiosa. Nürnberg 1664.
Taf. 3.





Der Arbeit leistende Luftdruck

Guericke zeigte 1661, daß ein Kolben, der durch den Luftdruck in einen evakuierten Zylinder hineingetrieben wird, zur Arbeitsleistung benutzt werden kann; er maß dieses Arbeitsvermögen. Von diesem Versuch führt der Weg zu D. Papins Dampfzylinder und zur atmosphärischen Dampfmaschine, ebenso wie zum atmosphärischen Verbrennungsmotor.

Kupferstich aus: Otto *von Guericke,* Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio.
Amsterdam 1672. Bild 15, S. 111.

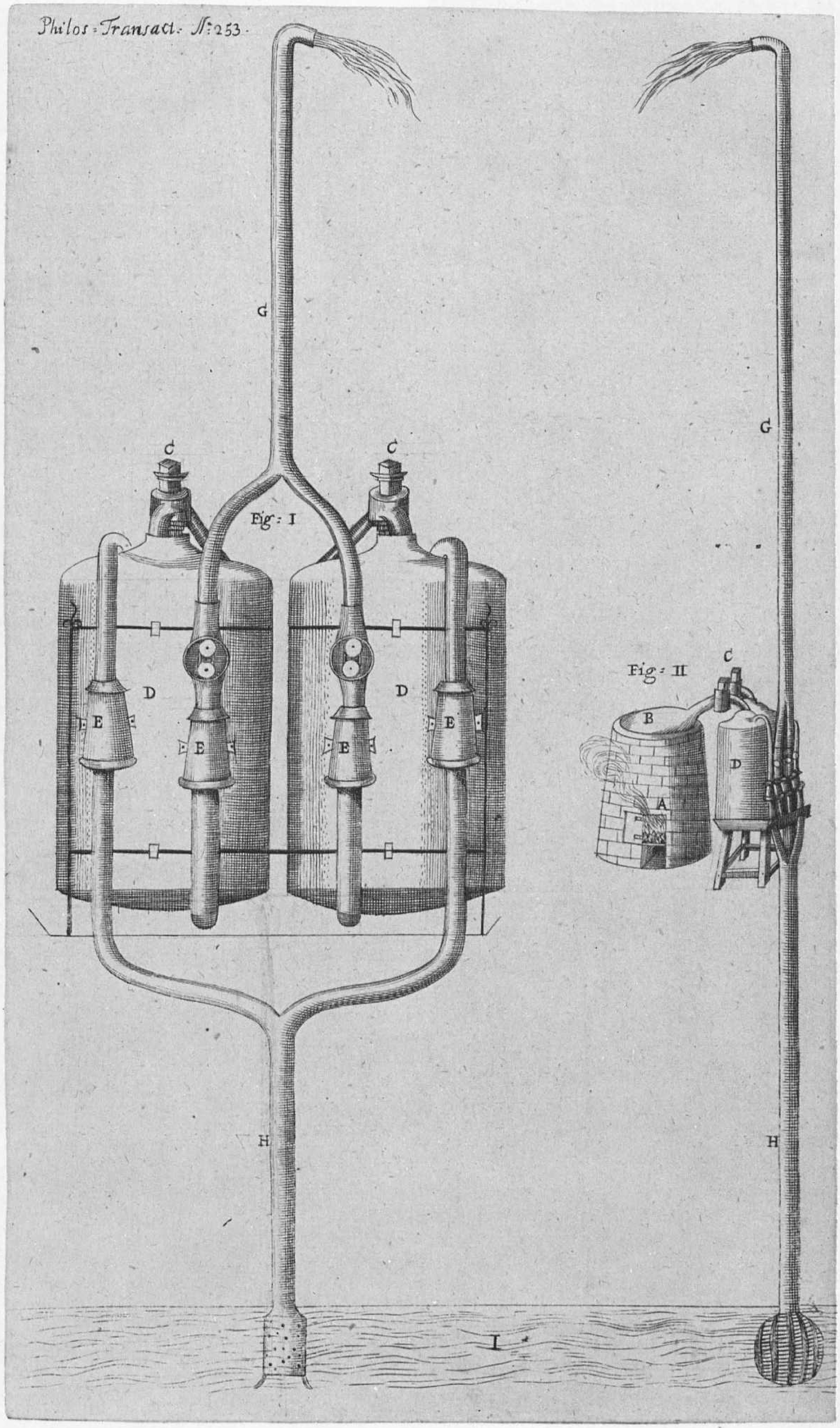
Feuerspritze

Diese Feuerspritze mit Windkessel wurde 1655 von dem Nürnberger Zirkelschmied Hans Hautsch konstruiert. Mit ihr beginnt die Entwicklung der großen, weitreichenden Feuerspritzen mit stetiger Strahlgebung. Der Windkessel war allerdings bereits in der Antike bekannt (Heron von Alexandrien, 1. Jahrhundert n. Chr.), aber die Kenntnis davon war verlorengegangen.

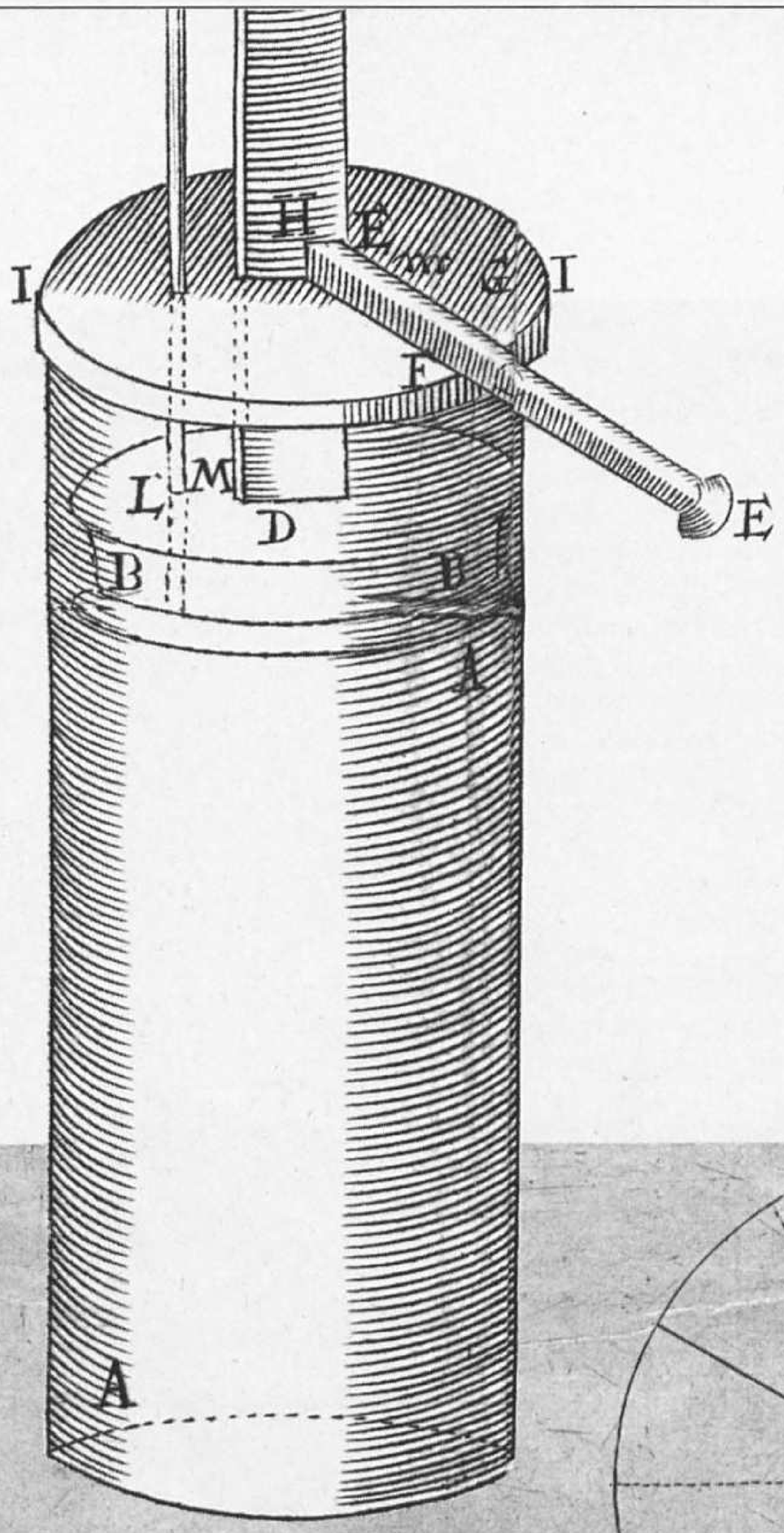
Kupferstich aus: Georg Andreas *Böckler,* Theatrum machinarum novum. Nürnberg 1661. Bl. 154.

Thomas Saverys Dampfpumpe von 1698

Der Dampf, der aus dem Kessel (Fig. 2 bei B) kommt, drückt in einem Dampfgefäß (Fig. 1 und 2 bei D) Wasser im Steigrohr (G) in die Höhe. Die Dampfzufuhr wird nun gesperrt; der Dampf im Dampfgefäß wird durch eingespritztes kaltes Wasser verdichtet. Wasser wird vermöge des Unterdrucks angesogen (Saugrohr H). Nun wirkt der Dampf wieder direkt. Es wechseln also die expansive Kraft des Dampfes und der Druck der Atmosphäre ab.
Savery stellte in der Praxis zwei Dampfgefäße (D) nebeneinander auf. Wenn in dem einen Niederdruck herrschte, stand das andere unter Dampfdruck. Die Hähne für den Dampf und das kalte Wasser wurden von Hand betätigt. Die Maschine war sehr wenig rationell, da ja der Dampf unmittelbar auf das kalte Wasser drückte. Wenn sie wegen der großen Förderhöhen auch nicht zum Wasserheben in Bergwerken angewandt werden konnte, so leistete sie doch in Landhäusern für die Wasserversorgung Dienste.



Kupferstich aus: Philosophical Transactions. Vol. 21, 1699, S. 188/189.



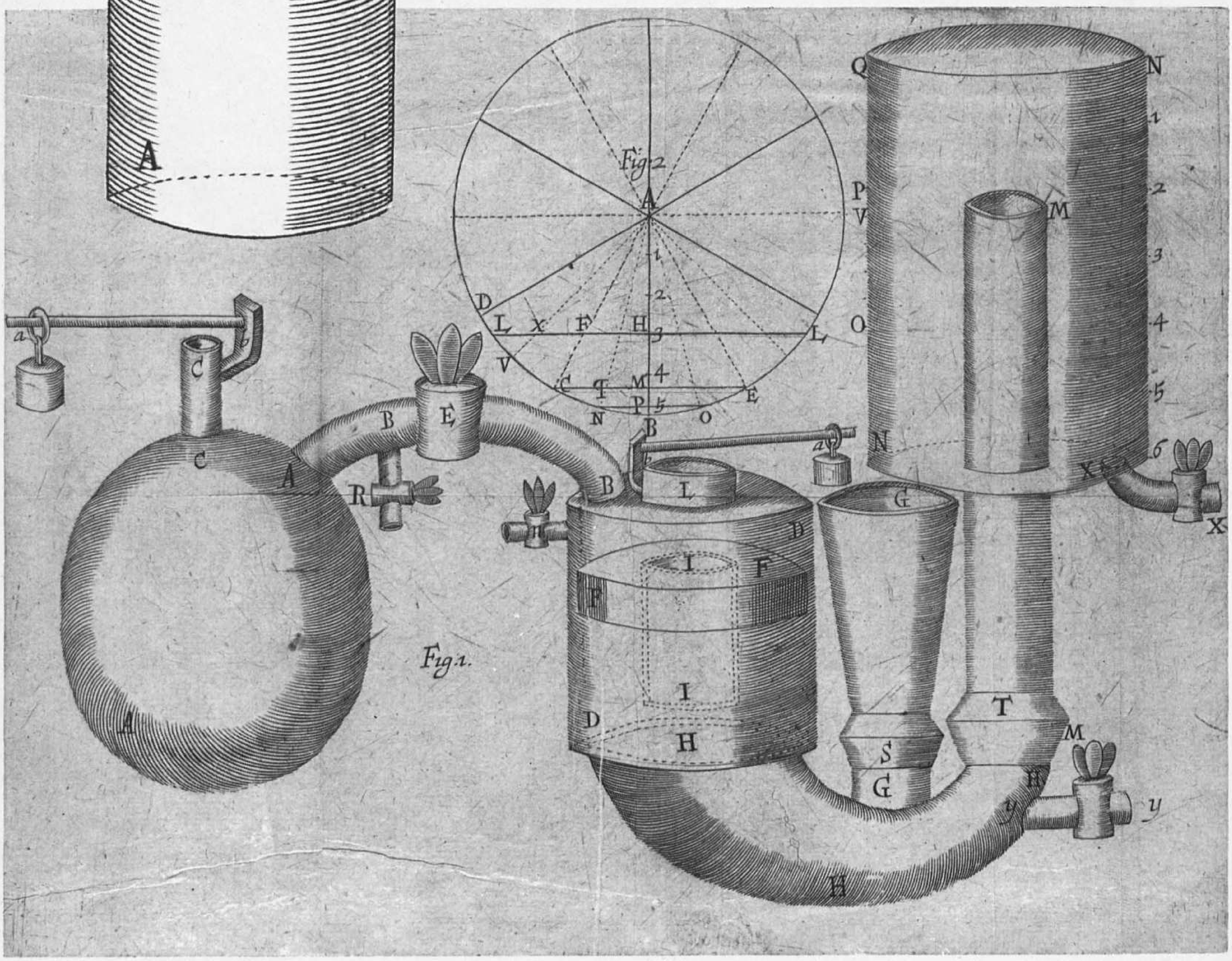
Papins atmosphärische Versuchsdampfmaschine von 1690

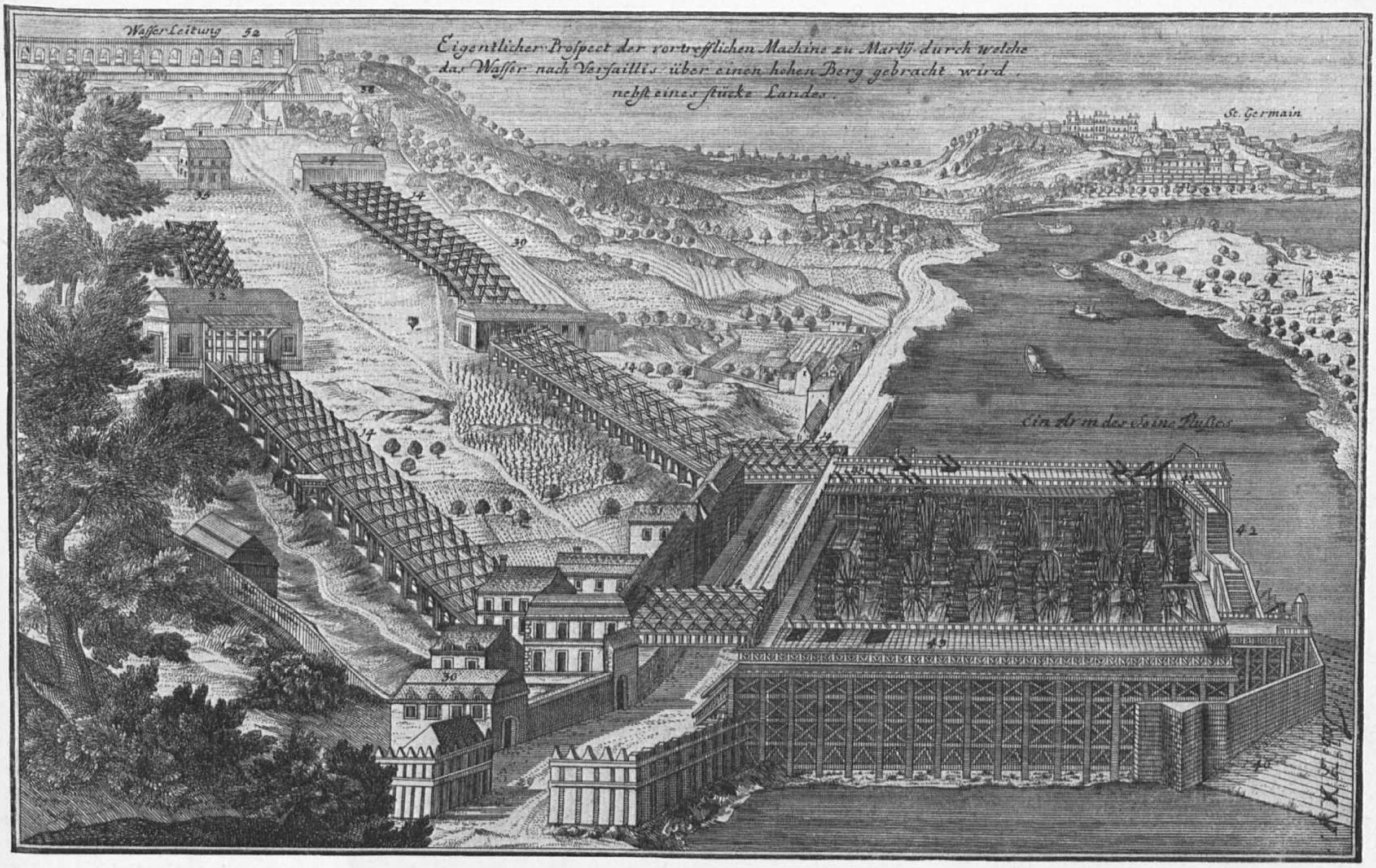
Im unteren Teil des Zylinders, den man durch Feuer erhitzte, wurde Wasser zum Sieden gebracht. Der Wasserdampf bewegte den Kolben in die Höhe. Nun wurde das Feuer weggenommen; der Zylinder kühlte ab. Der Wasserdampf im Zylinder verdichtete sich, es entstand Unterdruck. Der Kolben, der in der oberen Lage arretiert worden war, wurde jetzt freigegeben; der Luftdruck schob ihn im oben offenen Zylinder nach unten. Es konnte Arbeit geleistet werden. So vermochte man ein Gewicht, das mit dem Kolben durch eine über eine Rolle laufende Schnur verbunden war, zu heben.

Vorläufer dieser atmosphärischen Kraftmaschine waren die Schießpulver-Maschinen von Leonardo da Vinci (um 1508) und Christiaan Huygens (1673). Dabei wurde durch die Explosion von Schießpulver Unterdruck erzeugt.

In Papins kleiner atmosphärischer Maschine war der Zylinder zugleich Dampfkessel und Gefäß, in welchem die Kondensation vorgenommen wurde. Das ergab große Energieverluste.

Kupferstich aus: Denis *Papin,* Recueil de . . . quelques nouvelles machines. Kassel 1695.
Taf. vor S. 1 (Ausschnitt).





Direktwirkende Hochdruck-Dampfpumpe Papins von 1706

Der im Kessel links erzeugte Dampf drückt im Zylinder (Mitte) durch einen schwimmenden Kolben das Wasser über einen Windkessel in das Steigrohr. Hat der Kolben seine untere Lage erreicht, so wird der Dampf abgestellt. Der Zylinder füllt sich wieder mit Wasser, und der Kolben kehrt in die Anfangsstellung zurück. Das Spiel kann von neuem beginnen. Der bei der Maschine verwandte Kessel (Durchmesser 51 cm) ist mit einem Sicherheitsventil ausgerüstet, wie es Papin auch bei seinem Dampfkochtopf (1679) gebrauchte.
Papin führte die Maschine 1706 in Kassel vor; sie funktionierte, aber die Verbindungsstücke der Steigleitung hielten nicht dicht.

Kupferstich aus: Denis *Papin,*
Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissime elevandam.
Frankfurt a. M. 1707.
Taf. am Ende des Buches.

Wasserhebemaschine von Marly

Die Wasserhebemaschine bei Marly an der Seine, erbaut 1681 bis 1685 unter Ludwig XIV., diente zur Versorgung der Brunnen im Park von Versailles mit Wasser. Vierzehn Wasserräder von je 12 m Durchmesser, die in der Seine standen, betätigten Pumpen, durch die Seinewasser in gußeisernen Rohren stufenweise über Zwischenbehälter um 48,5 m + 56,5 m + 57 m = 162 m gehoben wurde.
Unten wirkten 64, in 48,5 m Höhe 79 und in 105 m Höhe 78 Pumpen. Vom obersten Behälter wurde das Wasser in einem Aquädukt nach Versailles (17 km) geleitet. Um die Pumpen in den Höhen 48,5 m und 105 m anzutreiben, mußte die mechanische Energie von den Wasserrädern in der Seine durch Gestänge (hölzerne Schwingen, eiserne Zugstangen) zu den Pumpen bei den Zwischenbehältern geleitet werden (vgl. auch S. 22). Hierbei gab es große Energieverluste.

Die riesenhafte Anlage, an der 1800 Menschen fünf Jahre gearbeitet hatten, ist ein typisches Beispiel höfischer Technik in der Zeit des Barocks. Die Anlage war sehr unwirtschaftlich. Die effektive Leistung betrug etwa 80 PS.

Kupferstich aus: Jakob *Leupold,*
Theatrum machinarum hydraulicarum.
Tl. 2. Leipzig 1725. Taf. 25.

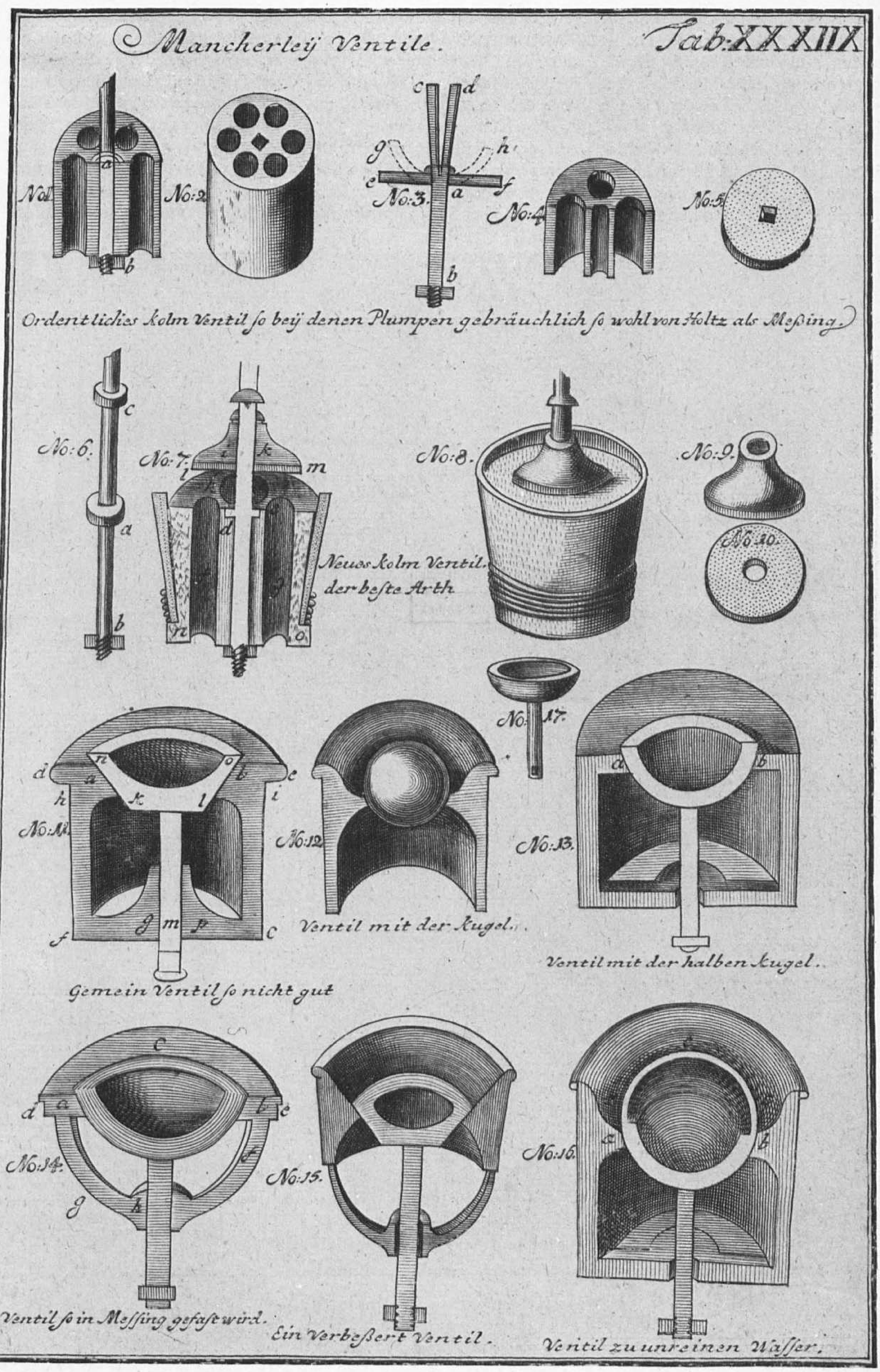
Labor sanus — Labor insanus

Die Glasmacherkunst arbeitete bis zum Beginn des 17. Jahrhunderts nach geheimgehaltenen Überlieferungen. Erst von da an begann man, glastechnische Fragen rational zu durchleuchten und durch Publikation vor der Öffentlichkeit zu erörtern. Besondere Verdienste erwarb sich in dieser Hinsicht der deutsche Chemiker Johann Kunckel, der Erfinder des in der Masse gefärbten Goldrubinglases. Er schrieb 1679 ein Werk »Ars vitraria experimentalis«, in das er auch Übersetzungen der glastechnischen Schriften des Italieners Antonio Neri (1612) und des Engländers Christopher Merret (1662) aufnahm. Kunckel war eine typisch barocke Persönlichkeit, die praktischen und kritischen Sinn, der auf Versuch und Erfahrung gerichtet war, mit alchemistischen Neigungen verband. Aber im Vordergrund seines Schaffens stand doch das Streben nach »experimenta und rationes«. Im hier wiedergegebenen allegorischen Titelkupfer zur »Ars vitraria experimentalis« werden die richtige (links) und die falsche Arbeitsweise (rechts) dargestellt. Links im einzelnen: Das »Licht der Wahrheit« (lux veritatis) wird vom »Verstand« (mens) durch das in der rechten Hand gehaltene Brennglas der »Vernunft« (ratio) auf das natürliche Erkenntnisvermögen, das »Licht der Natur« (lumen naturae), geleitet, das von der »Erfahrung« (experientia) gehalten wird. Der »Verstand« (mens) schenkt mit der linken Hand gleichzeitig aus der mit »Weisheit« (sapienta) bezeichneten Kanne »Tatsachen« (res) in die von der »Erfahrung« (experienta) in der rechten Hand gehaltenen Schale »Wissenschaft« (scientia). Neben der Experientia ein mit Schmelztiegel und Zange ausgerüsteter Knabe, Allegorie für die »richtige Arbeitsweise« (labor sanus). Und rechts: Die »Finsternis der Ungewißheit« (tenebrae incertitudinis), der »Unverstand« (amentia), mit einer Binde vor den Augen, mit Windbrüsten, mit einer Laterne ohne Kerze in der Rechten und mit einem Tintenfaß in der Linken, aus dem die in der Luft schwebende »Phantasie« mit der Feder »Irrtümer« (errores) entnimmt. Der Knabe rechts ist eine Allegorie der »vergeblichen Arbeit« (labor vanus); er steht auf dem Boden der »Nutzlosigkeit« (inutilia). Noch manche weitere Einzelheiten ließen sich aus diesem allegoriereichen Bilde herauslesen.

Titelkupfer aus: Johann *Kunckel,* Ars vitraria experimentalis. Frankfurt a. M. 1679.

Verschiedene Arten von Ventilen

Der Leipziger Mechaniker Jacob Leupold schrieb ein umfangreiches, wahrhaft enzyklopädisches Werk der Technik mit dem Titel »Theatrum machinarum«; es umfaßt neun Teile in zwölf Bänden mit 1800 Seiten Text und über 500 Kupfertafeln. Leupold führt darin auch verschiedene eigene Erfindungen vor und entwickelt mancherlei eigene Gedanken. So unternimmt er es u. a., einzelne Maschinenelemente und Mechanismen vor Augen zu stellen. Damit wird der schon bei Leonardo da Vinci angebahnte Schritt getan, »das Allgemeine im Besonderen zu sehen«, wie F. Reuleaux (1875) sagt, und die Maschinen nicht wie bisher nur im ganzen zu betrachten, sondern einzelne Mechanismen loszulösen und für sich zunächst nur mit nebensächlicher Rücksicht auf ihre spezielle Verwendung zu behandeln.

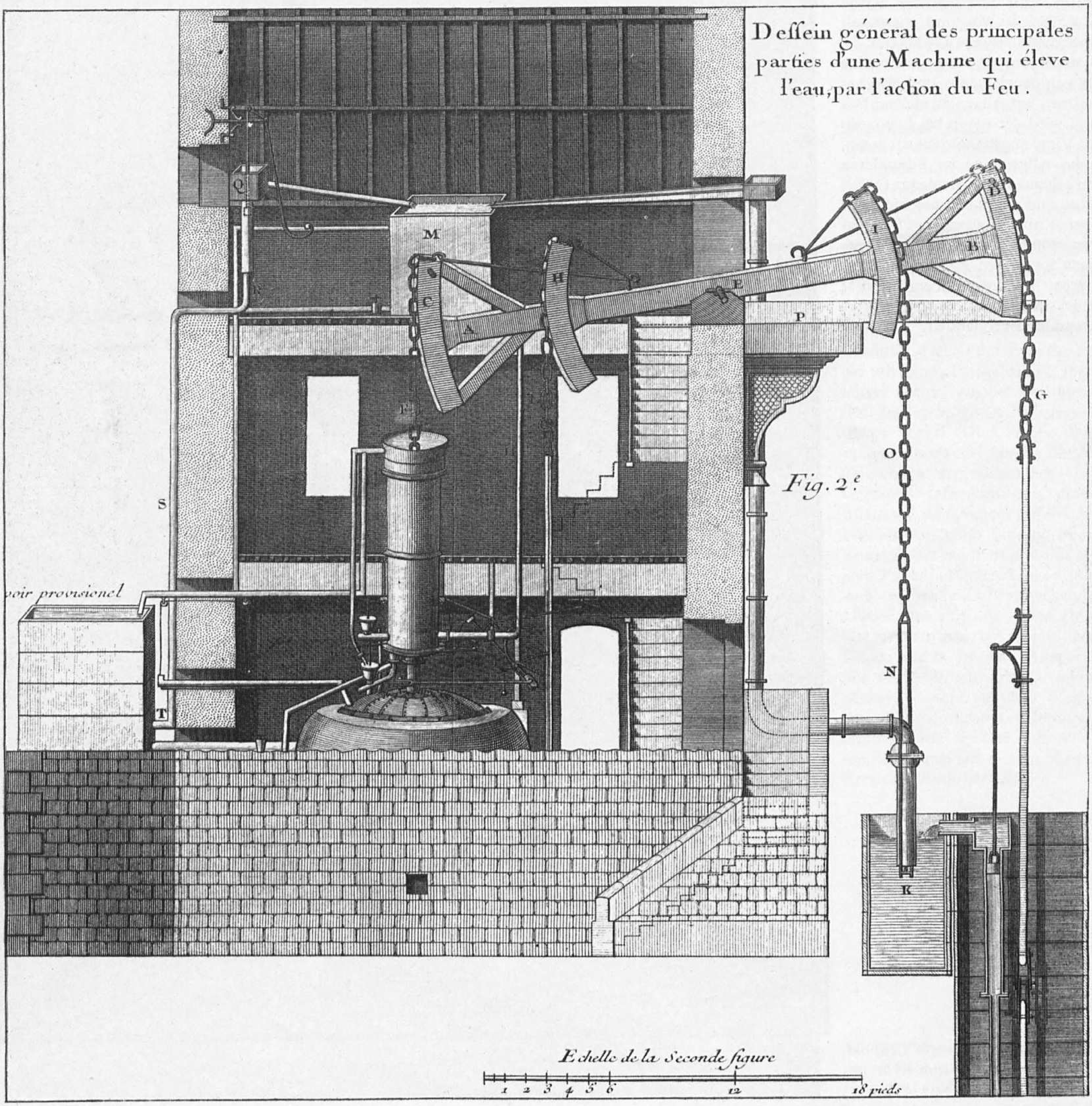


Kupferstich aus: Jacob *Leupold*, Theatrum machinarum hydraulicarum. Tl. 1. Leipzig 1724. Taf. 38.

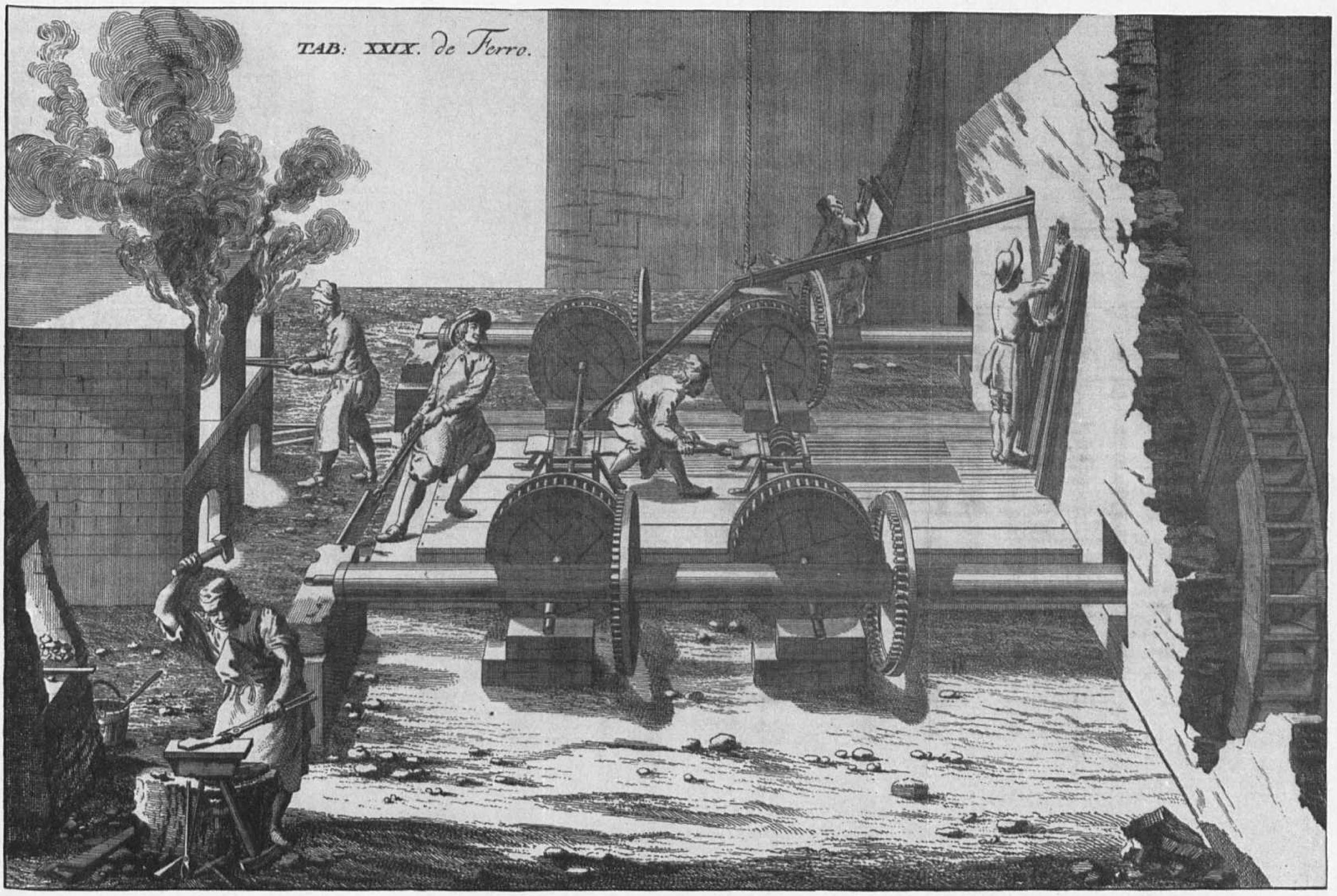
Newcomensche atmosphärische Dampfmaschine

Die große atmosphärische Balancier-Dampfmaschine des englischen Schmieds Thomas Newcomen ist die erste Maschine, die im englischen Bergbau seit 1711/12 bei der Wasserförderung praktische Arbeit leistete. Sie wurde bald auch auf dem Festland eingesetzt, um Fontänen in fürstlichen Gärten mit Wasser zu versorgen und um Pumpen für die Wasserhaltung in Bergwerken anzutreiben. Newcomensche Maschinen wurden im 18. Jahrhundert für Leistungen von 10 bis 76 PS gebaut.

Auf der Zeichnung ist unten der Dampfkessel zu sehen, darüber der Zylinder, der über 3 m hoch und über 85 cm weit ist. Der Kolben hängt an einer Kette, die am Balancier (Waagebaum) befestigt ist. An der anderen Seite des fast 10 m langen Waagebaums hängt eine Kette, an der das Pumpengestänge angebracht ist. In den Zylinder wird von unten Dampf eingelassen. Der Kolben wird durch den Dampf und das Gewicht des Pumpengestänges gehoben. Hat er seine höchste Stellung erreicht, so wird der Dampfzutritt gesperrt. Mit kaltem Wasser wird nun der Dampf im Zylinder verdichtet. Es entsteht Unterdruck. Der Luftdruck vermag jetzt den Kolben im Zylinder nach unten zu drücken und damit das Pumpengestänge zu heben. Nun wiederholt sich das Spiel.



Die Hähne für Dampf und Kühlwasser wurden zunächst von Hand bedient, bald aber mechanisch vom Waagebaum aus gesteuert. Newcomens Maschine war sehr unrationell, vor allem, weil der Zylinder einmal sehr heiß (Dampfeintritt), ein andermal möglichst kalt (Kondensation des Dampfes) sein mußte. Hier schuf erst die direktwirkende Dampfmaschine von James Watt (1765/69) Abhilfe, bei der der Dampf selbst beim Arbeitshub auf den Kolben wirkte.

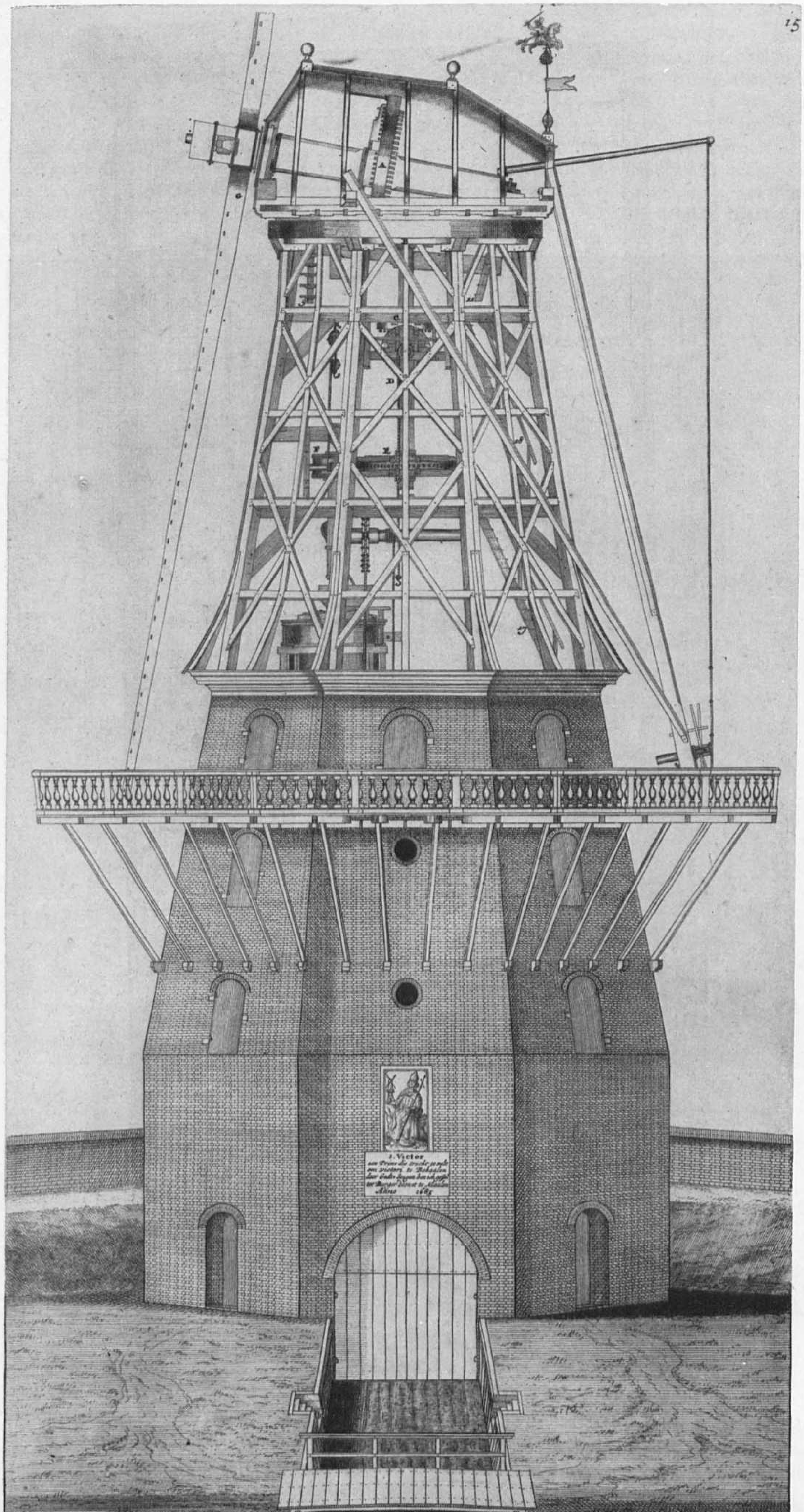


Kupferstich aus: Forest *de Bélidor,* Architecture hydraulique. Bd. 2, Tl. 1. Paris 1739. Kap. 3, Taf. 1.

Eisenschneidwerk bei Lüttich

Die Anlage arbeitet mit Wasserkraft. Das Eisen wird gewalzt und in kleine Stäbe geschnitten. Links ein Glühofen zum Anwärmen des Eisens vor dem Walzen und Schneiden.

Kupferstich von I. W. Stör aus: Emanuel *Swedenborg,* De ferro. Dresden 1734. Taf. 29.

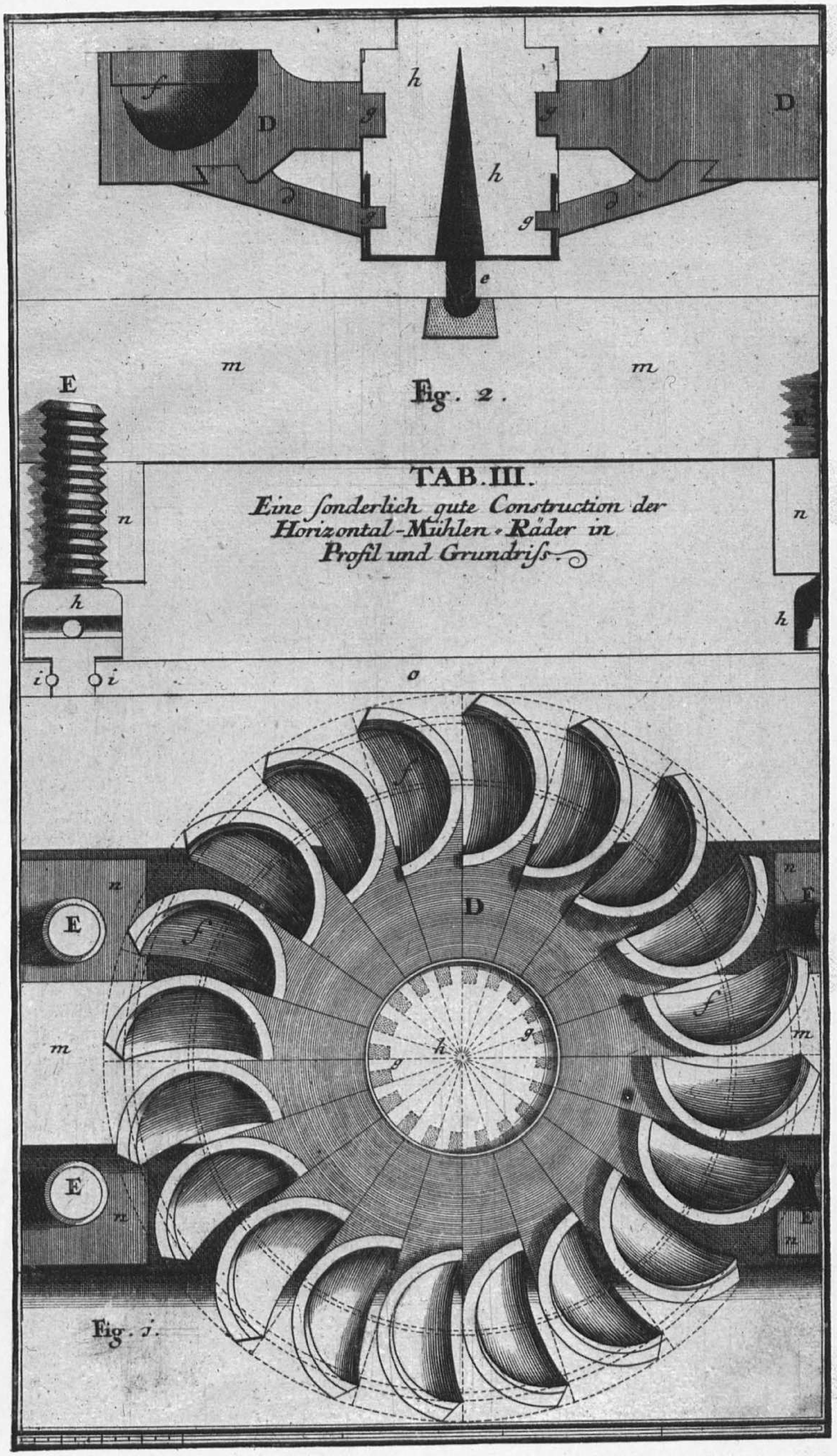


Holländische Windmühle von 1685

Das holländische Mühlenwesen war schon im 17. Jahrhundert weitgehend entwickelt. Die hier wiedergegebene, sehr exakte Mühlendarstellung mit Maßangaben zeigt eine »holländische« Windmühle. Bei diesem Windmühlentyp wird nur das Dach mitsamt dem Flügelwerk in die windgünstigste Lage gedreht. Solcherlei Windmühlen kamen im 17. Jahrhundert in Holland auf, wenn auch Leonardo da Vinci bereits um 1500 eine verwandte Konstruktion angegeben hatte.

Das Linperghsche Mühlenbuch, aus dem das vorliegende Bild entnommen wurde, ist ein Vorläufer der dem Mühlen- und Wasserbau gewidmeten, großen niederländischen Kupfertafelwerke, die seit den dreißiger Jahren des 18. Jahrhunderts zu erscheinen begannen (vgl. Bilder Seiten 56 und 57).

Kupferstich aus: Pieter *Linpergh,* Architectura mechanica. Moole boek. Amsterdam o. J. (um 1690). Taf. 15.



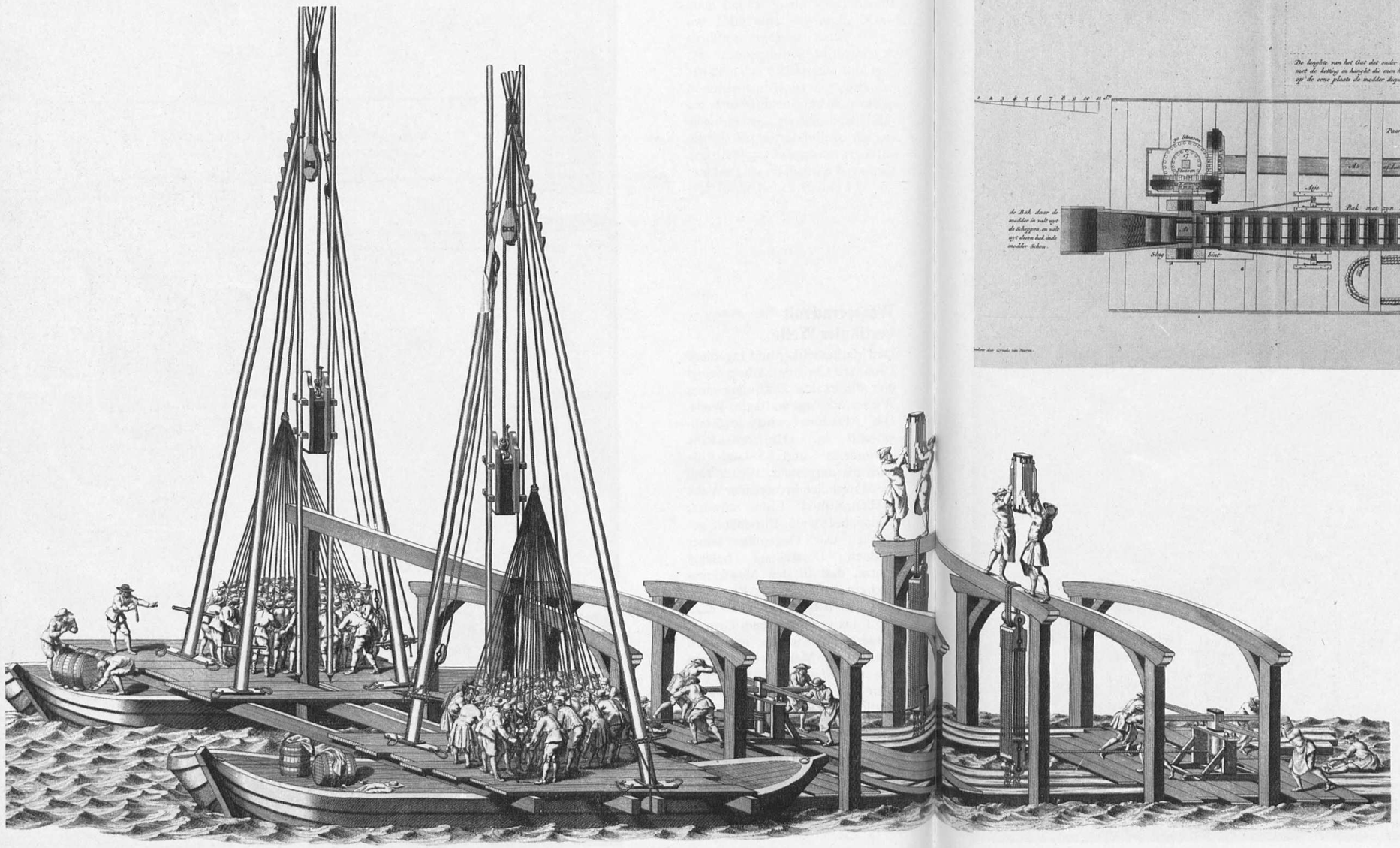
Wasserrad mit vertikaler Welle

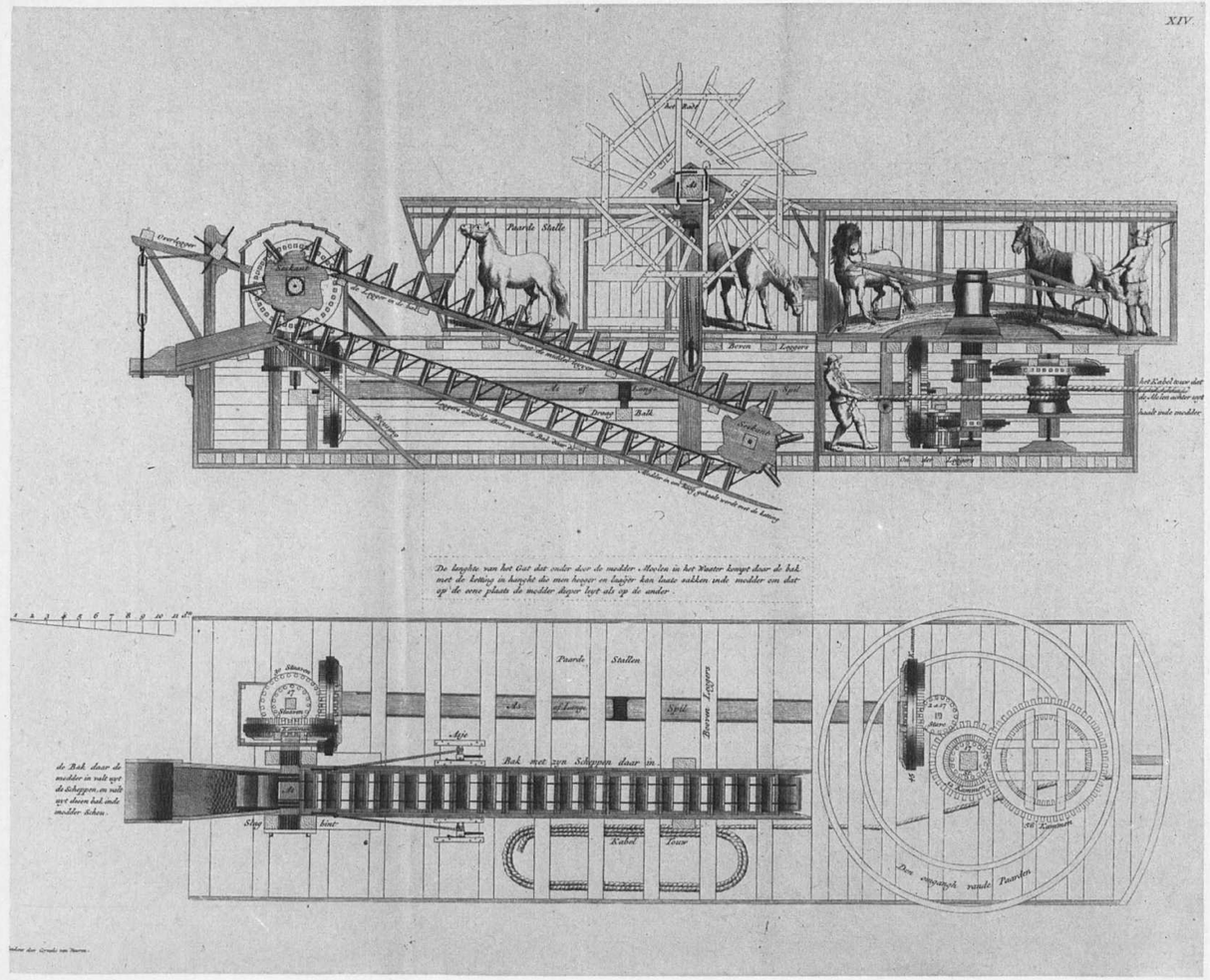
Der Mathematiker und Ingenieur Leonhard Christoph Sturm bringt hier die exakte Zeichnung eines Wasserrades mit vertikaler Welle. Die Maschine wird maßstabgerecht in »Horizontal-Riß« (Grundriß) und »Stand-Riß« (Aufriß) dargestellt. Weiter sind die Materialien in folgender Weise gekennzeichnet: Eisen schwarz; Tannenholz weiß; Eichenholz gestrichelt usw. Gegenüber seiner exakten Darstellung beklagt Sturm, daß in den Maschinenbüchern vor ihm »die Risse alle perspectivisch und solches dazu nicht aus geometrischem Grunde aufgezogen, sondern nur nach dem Augen-Maaß meistens von freyer Hand gezeichnet (sind), daß man also kein Maaß noch Proportion daraus abnehmen kan«.

Kupferstich aus: Leonhard Christoph *Sturm,* Vollständige Mühlen-Baukunst. Augsburg 1718. Taf. 3.

Einrammen von Schlagbindern für Schleusen in Holland

Kupferstich aus: Tileman van der *Horst*, Theatrum machinarum universale of grote waterwerken. Tl. 1. Amsterdam 1736. Taf. 20/21.

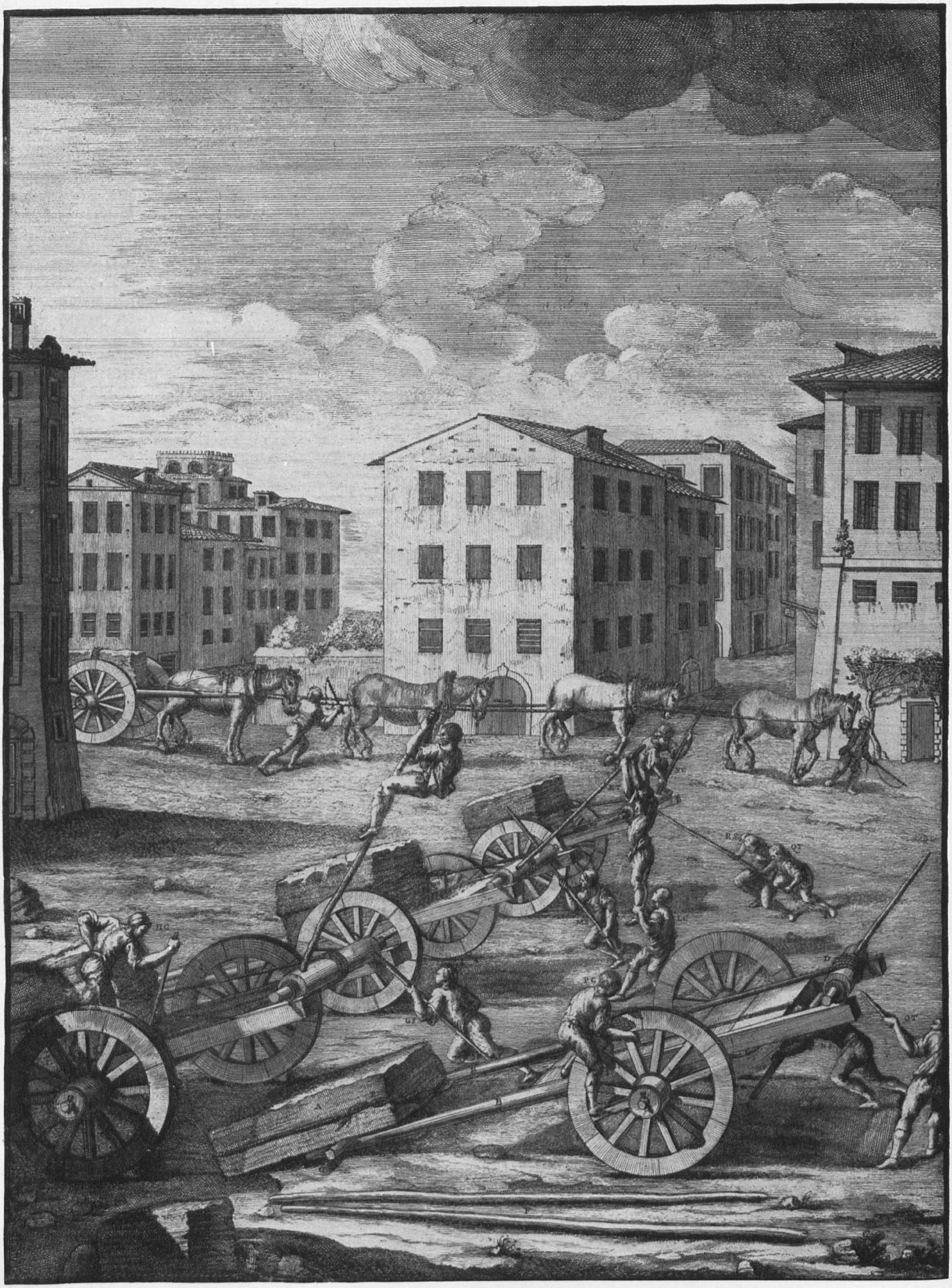




Amsterdamer Baggermühle

Diese sogenannte Moddermole ist ein Schaufelketten-Bagger mit Pferdegöpelantrieb. Die Abbildung zeugt von der großen Fähigkeit der holländischen Mühlenbauer, technische Gegenstände auch zeichnerisch einwandfrei darzustellen. Die Moddermole wurde Ende des 16. Jahrhunderts in Holland erfunden. Mit Göpelantrieb kennt man sie seit Anfang des 17. Jahrhunderts.

Kupferstich aus: L. van *Natrus*, J. *Polly* und C. van *Vuuren*, Groot volkomen Moolenboek. Tl. 1. Amsterdam 1734. Taf. 14.



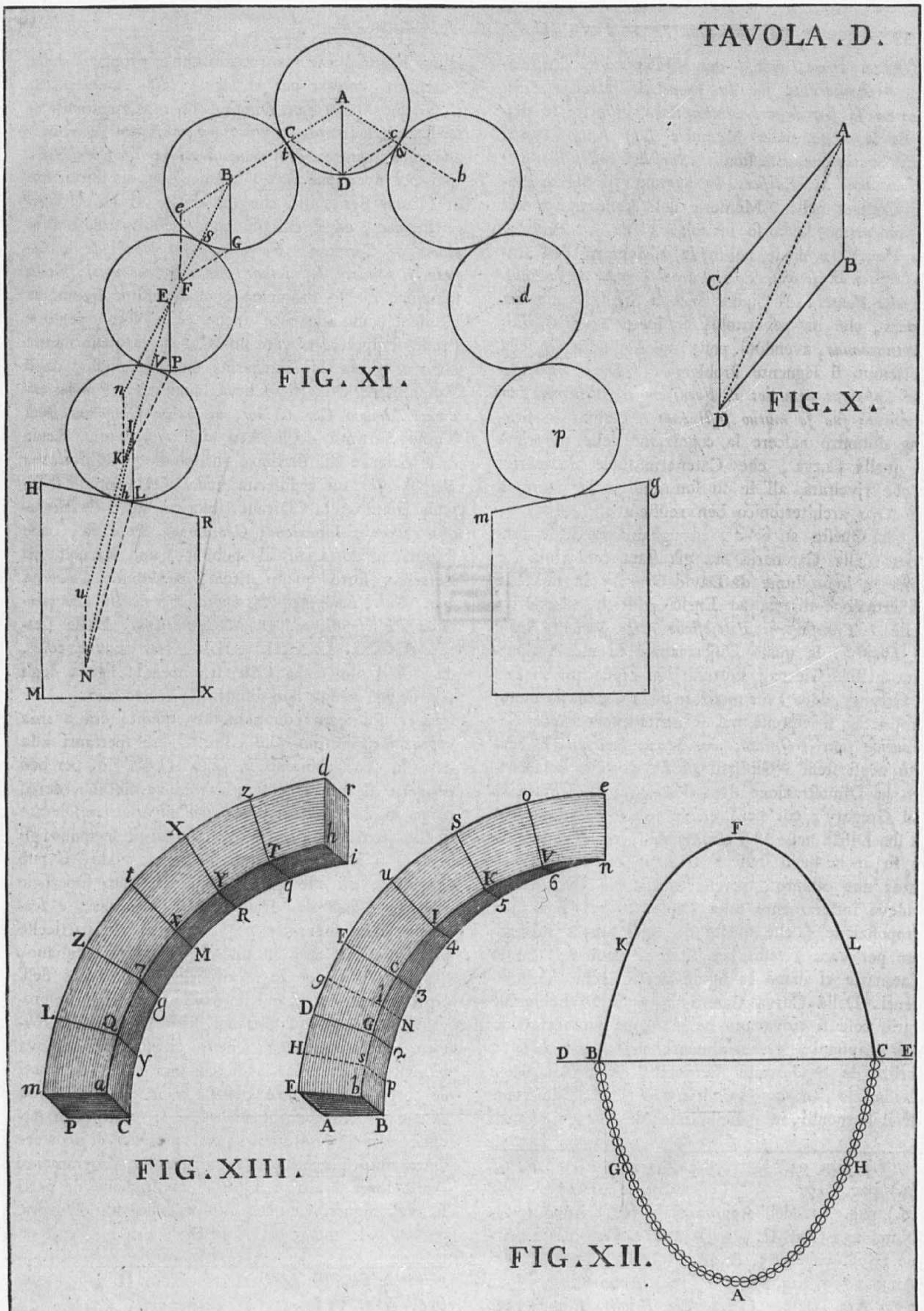
Verladen von Travertin-Steinen für die Bauten Roms in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts

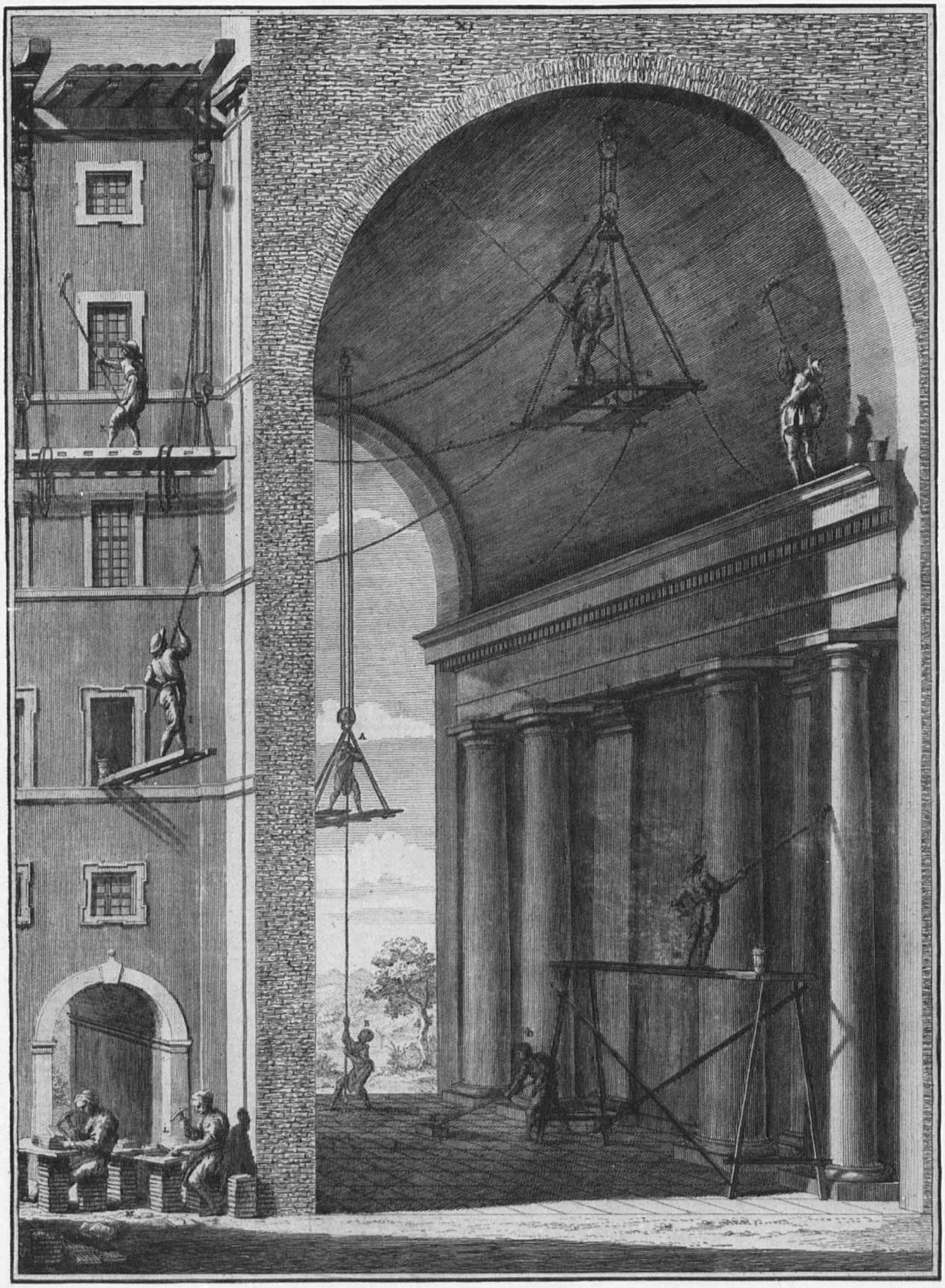
Kupferstich von F. Mazzoni nach F. Rostagni aus: Niccolà *Zabaglia*, Castelli e ponti. Rom 1743. Taf. 15.

Theorie des Gewölbes bei Giovanni Poleni, 1748

Seit Ende des 17. Jahrhunderts wandte man physikalische Erkenntnisse auf bautechnische Probleme an. Schon Philippe de La Hire hatte 1695 für die Standfestigkeit eines Gewölbes dargelegt, daß jeder Gewölbestein mit der Resultierenden aus Eigengewicht und Reaktion des vorhergehenden Steines senkrecht auf den nächstfolgenden drücken muß. 1697 erkannte David Gregory, daß die theoretisch richtige Bogenachse nach einer umgekehrten Kettenlinie (Seilkurve) gestaltet sein müsse, wobei immer fehlende Reibung zugrunde gelegt wird. Die Reibungslosigkeit läßt sich gut demonstrieren, wenn man sich die Gewölbesteine als Kugeln denkt. Eine solche Darstellung verdankt man James Stirling, 1717. Das Kugelbeispiel mit Anwendung des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte und die Deutung der Stützlinie als umgekehrter Seilkurve begegnet uns dann 1748 in dem umfassenden Werk des italienischen Mathematikers und Ingenieurs Giovanni Poleni über die Kuppel der Peterskirche in Rom.

Kupferstich aus: Giovanni *Poleni*, Memorie istoriche della gran cupola del Tempio Vaticano. Padua 1748. Taf. D.

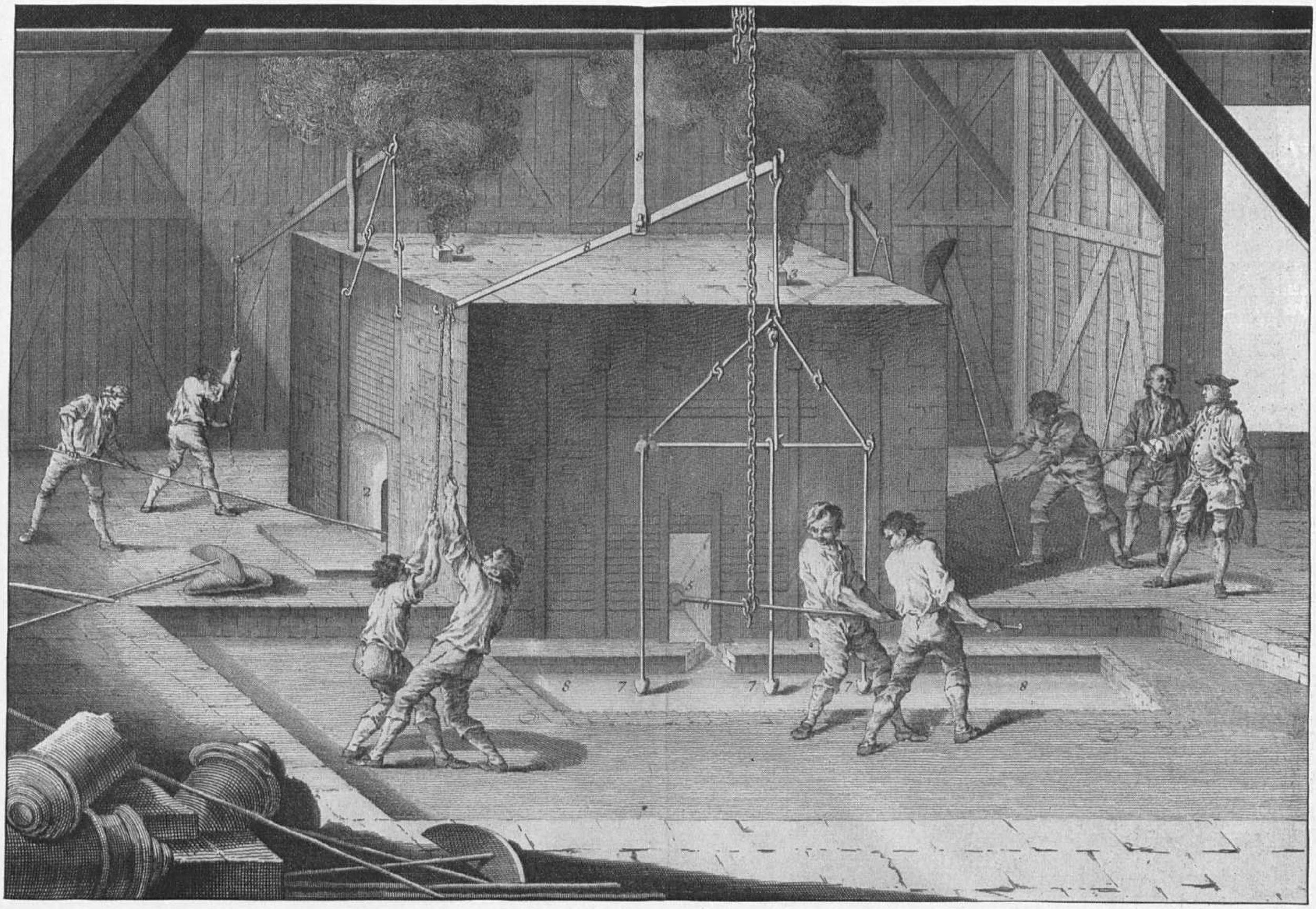




Unterhaltsarbeiten an päpstlichen Bauwerken in Rom

N. Zabaglia (vgl. auch S. 58), dessen Werk von 1743 der Stich mit den auf hängenden Gerüsten arbeitenden Tünchern und Anstreichern entnommen ist, wirkte als Baumeister in Rom. Er war für die Unterhaltsarbeiten an den päpstlichen Gebäuden zuständig, wobei oft recht komplizierte Gerüste errichtet werden mußten.

Kupferstich von G. Vasi nach F. Rostagni aus: Niccolà *Zabaglia,* Castelli e ponti. Rom 1743. Taf. 11.



Gießofen für Bronzeguß

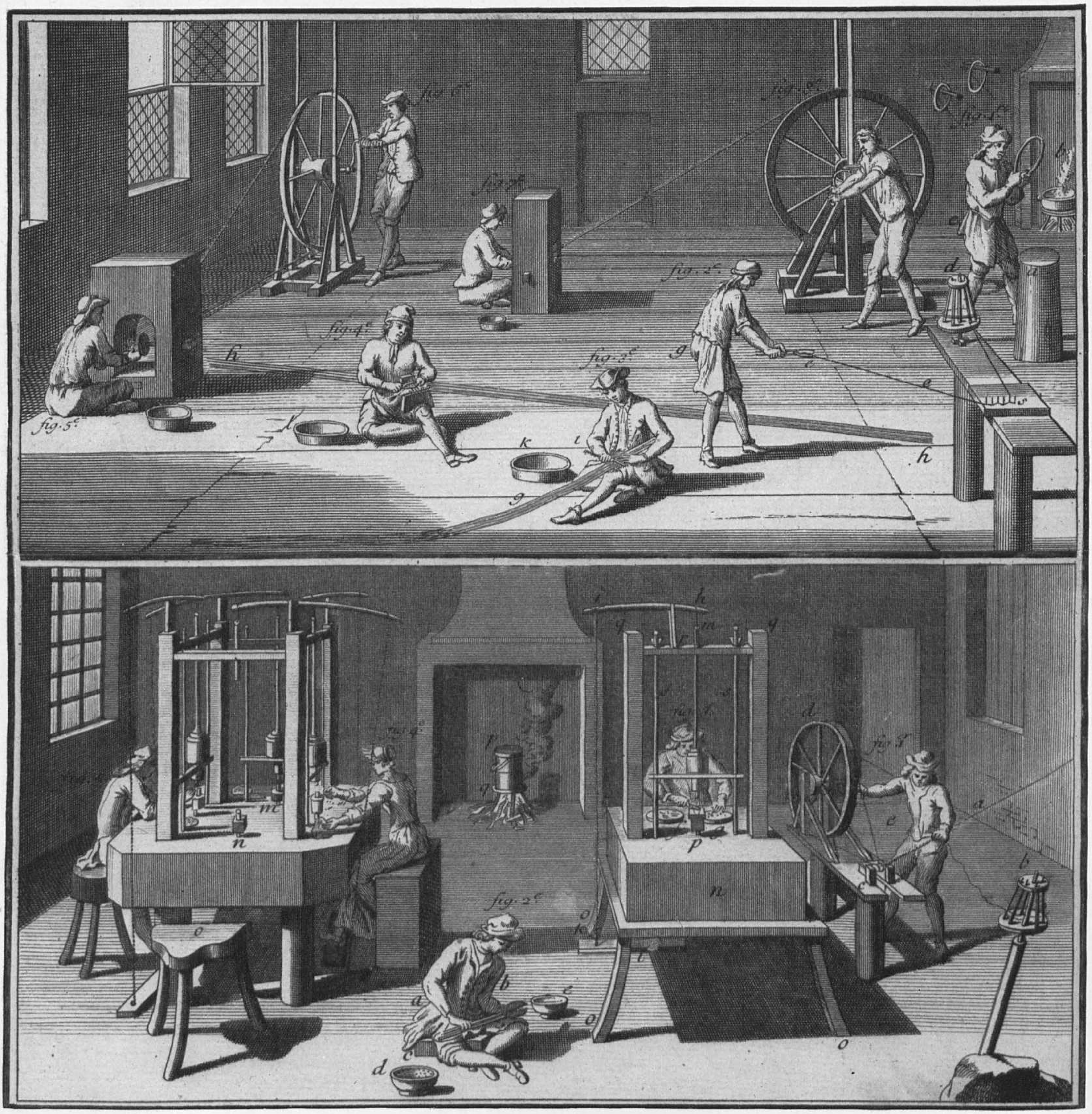
Das Bild zeigt den um die Gießform gemauerten Ofen während des Gusses. Das von F. Girardon entworfene, von J. B. Keller 1692 ungeteilt gegossene und 1699 enthüllte Bronzedenkmal Ludwigs XIV. war in seiner Größe (Pferd mit Reiter 6,82 m hoch) eine bis dahin unerreichte Meisterleistung der Gußtechnik.
Der französische Architekt G. Boffrand, ein Schüler Girardons, gab 1743 eine mit 19 vorzüglichen Kupfertafeln geschmückte Beschreibung vom Guß des Monuments heraus. In der Französischen Revolution wurde das künstlerisch und technisch bedeutsame Denkmal 1792 zerstört.

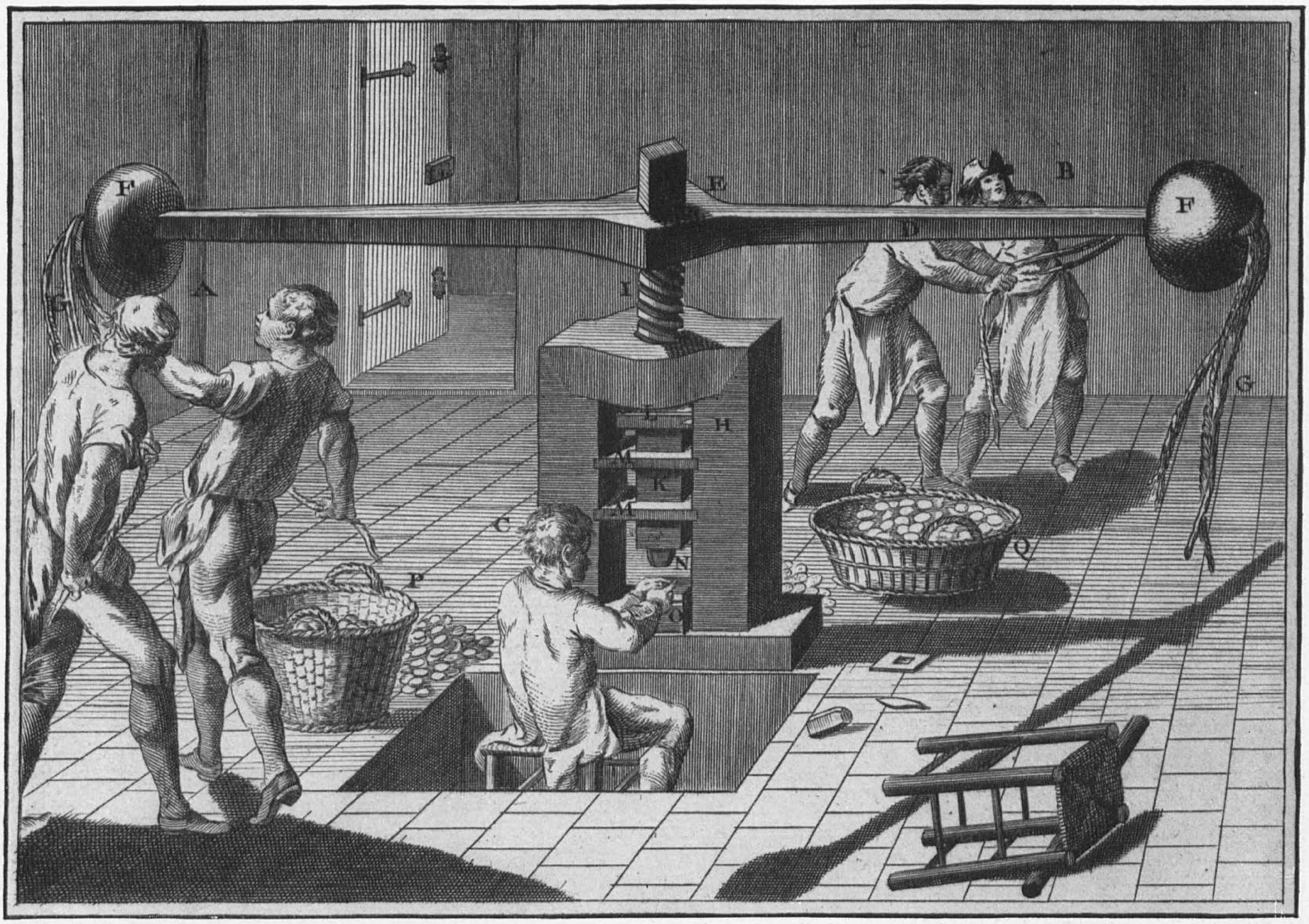
Kupferstich von J.-F. Blondel
aus: Germain *Boffrand*, Description de ce qui a été pratiqué pour fondre . . . la figure équestre de Louis XIV. Paris 1743. Taf. 18 bis.

Stecknadelherstellung im arbeitsteiligen Manufakturbetrieb

Die Stecknadelherstellung wurde in den französischen »Descriptions des arts et métiers« von R.-A. de Réaumur, H. L. Duhamel de Monceau und J.-R. Perronet bearbeitet. Dabei stellte Perronet, der hervorragende Straßen- und Brückenbauingenieur, 1762 die ersten arbeitsökonomischen Untersuchungen an. Wir geben einen Abschnitt von Perronets Zeitstudien in deutscher Übersetzung wieder:

»Eine Mannsperson kann in einer Minute 20 Nadelknöpfe, sowohl große als kleine, stämpen; und indem er 5- bis 6mal auf jeden Knopf schlägt, so bekömmt der Amboß in einer Minute 100 bis 120 Stöße. Ein Stämper bereitet gemeiniglich 1000 Nadeln in einer Stunde, und 10 bis 12 000 in einem Tage; das 13. vor den Abgang von eingehende nicht mitgerechnet. Die Stämper bekommen zweierlei verschiedenen Lohn; nämlich 9 Stüber vor das Dutzend Tausende, wobei er beständig das 13. oben einliefern muß, vor Stämpung starker Nadeln, von Nr. 22 bis 14; und 8 Stüber vor die Nadeln unter diesen Num-





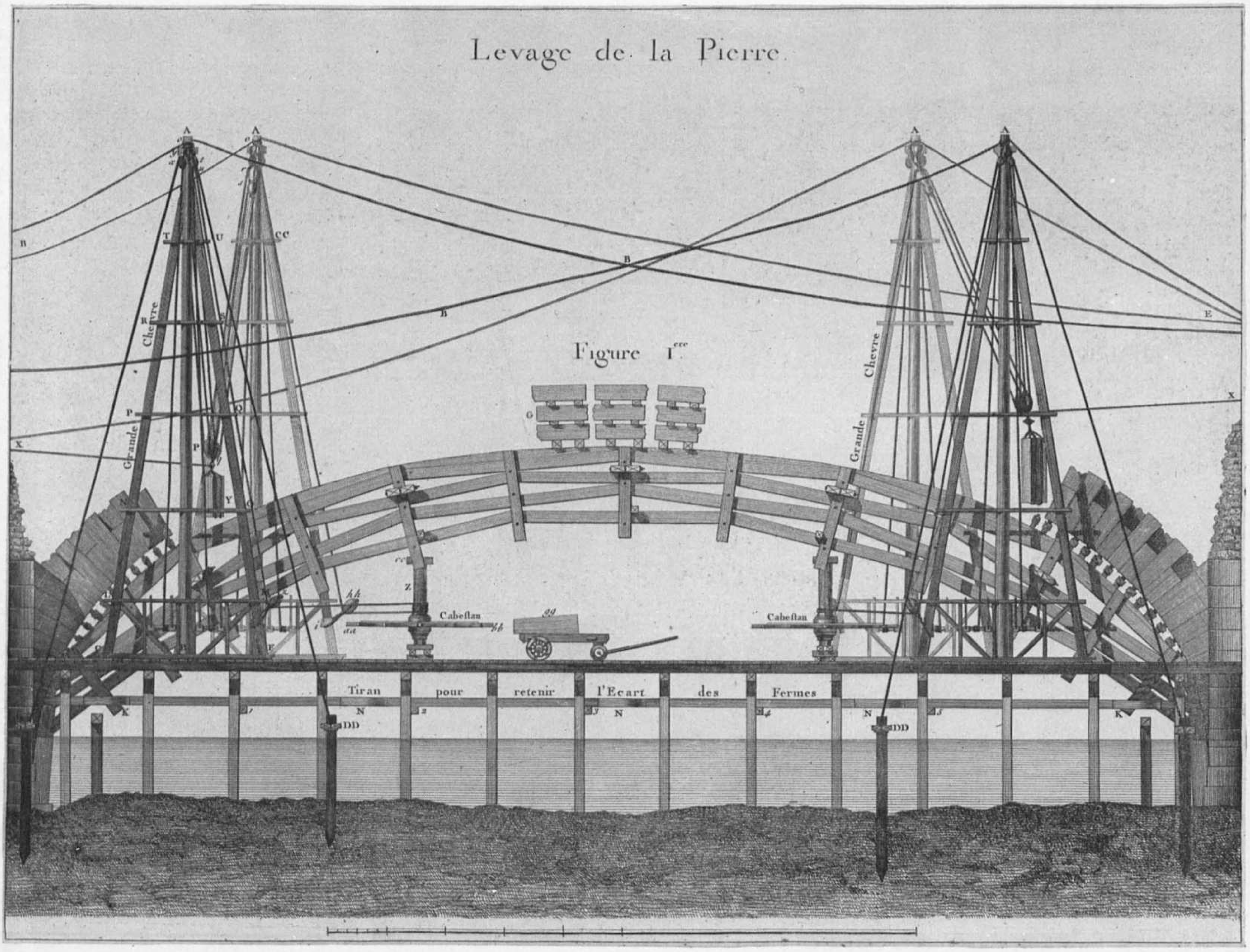
mern, welches ihnen den Tag über 7 bis 8 Stüber einbringt; wobei sie sich aber Ober- und Unterstämpel selbst halten müssen, welche insgesamt 10 Stüber kosten; auch müssen sie selbige, wenn Nadeln von anderer Dicke verfertigt werden sollen, wieder umstechen lassen, welches ihnen monatlich ohngefähr zwei Stüber kostet . . .«
Die Stecknadelherstellung als Beispiel der Arbeitsteilung und der zeitmäßigen Erfassung der einzelnen Handgriffe wurde von Adam Smith (1776), Ch. Babbage (1832) und Karl Marx (1867) besonders hervorgehoben.
Das hier reproduzierte obere Bild zeigt das Reinigen und Richten des Messingdrahtes (Fig. 1/2), das Zerschneiden des Drahtes (Fig. 3/4) und das Zuspitzen und Polieren der Schäfte (Fig. 5/8).
Das untere Bild führt vor: rechts (Fig. 1) und in der Mitte unten (Fig. 2) die Herstellung der Nadelköpfe; links (Fig. 5) und rechts vom Kamin (Fig. 3) das Aufsetzen (Aufstämpen) der Köpfe (Knöpfe) auf die Nadeln.

Kupferstich aus: Descriptions des arts et métiers. Art de l'épinglier. Paris 1762. Taf. 3. Deutsche Übersetzung davon in: Schauplatz der Künste und Handwerke, Bd. 1. Berlin 1762. S. 191—294, dazu 7 Taf.

Münzprägen mit der Schraubenpresse

Das Bild ist der der Initiative D. Diderots und J. Le Rond d'Alemberts entsprungenen französischen »Encyclopédie« (1751 bis 1780) entnommen. Es war vor allem Diderots Verdienst, daß darin die Technik weitgehend berücksichtigt wurde. Durch die »Encyclopédie«, die große Verbreitung fand, drang technisches Wissen stärker ins allgemeine Bewußtsein.

Kupferstich von R. Bénard nach J. L. Lucotte aus: Encyclopédie. Recueil de planches. Bd. 8. Monnoyage. Paris 1771. Taf. 15.



Bau der Seine-Brücke bei Mantes

Jean-Rodolphe Perronet, der Direktor der renommierten Ecole des ponts et chaussées in Paris, errichtete — von der ursprünglichen Planung durch einen anderen Ingenieur abweichend — in den Jahren 1763 bis 1765 die hier dargestellte Brücke. Der Kupferstich zeigt, wie Gewölbesteine (Keilsteine) auf das Lehrgerüst eines der drei Bögen aufgebracht werden. Große Hebezeuge, die von Göpeln angetrieben werden, dienen zum Aufziehen der Steine.

Mit Perronet ging der Brückenbau von der »Kunst« zur Ingenieurwissenschaft über. Durch genaue Beachtung der Möglichkeiten des Baumaterials, über die ihm Widerstands- und Tragkraftversuche Auskunft gaben, und durch die Konstruktion wichtiger Baumaschinen vermochte Perronet meisterhafte Brückenbauten zu schaffen. Besonderen Ruhm erwarb er sich mit dem Bau der Seine-Brücke zu Neuilly (1768/74), die in fünf äußerst flachen und weiten Bögen mit einem Verhältnis Pfeilerstärke : lichter Weite (Bogenöffnung) von nur 1:9,23 den Fluß überspannte. Die Römer, welche die aus Keilsteinen gewölbte Bogenbrücke wesentlich entwickelt hatten, waren kaum unter das Verhältnis 1:3 gekommen.

Kupferstich aus: Jean-Rodolphe *Perronet,* Description des projets et de la construction des ponts . . . Nouv. éd. Paris 1788 (erste Ausgabe 1782). Atlas Taf. 27 (deutsche Übersetzung, Halle 1820).

Kultur und Technik im Verlag Karl Thiemig München

Kultur

Die Kunst und das schöne Heim

Monatsschrift für Malerei, Plastik, Graphik, Architektur und Wohnkultur. Jahresabonnement (zuzüglich Versandspesen) DM 80,— in Deutschland, Österreich und der Schweiz, DM 96,— im übrigen Ausland

Anni Wagner: Von Ädikula bis Zwerggalerie

Hundert Begriffe der Architektur in Bildern vorgestellt. 264 Seiten mit 315 Photos und 112 Skizzen und Zeichnungen. Ganzleinen mit Schutzumschlag, DM 28,—

Carl Ernst Köhne: Glanz des Abendlandes

Ein europäisches Kulturmosaik mit Kunstwerken, Gestalten und Ereignissen aus vier Jahrtausenden. 236 Seiten mit 31 mehrfarbigen Abbildungen und 165 Schwarzweißtafeln sowie Zeichnungen und Skizzen im Text, Ganzleinen mit Schutzumschlag, DM 88,—

Gerhard Wietek: Deutsche Künstlerkolonien und Künstlerorte

216 Seiten mit 191 Abbildungen, 35 davon in Farbe, Ganzleinen mit Schutzumschlag im Schuber, DM 68,—

Technik

Atomkernenergie

Unabhängige Zeitschrift über die Anwendung der Kernenergie in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft mit Beiträgen aus dem gesamten Gebiet der Strahlenforschung. Bezugspreis pro Band (4 Lieferungen), jeweils zuzüglich Versandspesen, DM 160,— in Deutschland, Österreich und der Schweiz, DM 200,— im übrigen Ausland

Kerntechnik, vereinigt mit Atompraxis

The journal for nuclear engineers and scientists. Jahresabonnement (12 Ausgaben), jeweils zuzüglich Versandspesen, DM 120,— in Deutschland, Österreich und der Schweiz, DM 160,— im übrigen Ausland

Aus der Reihe »Thiemig-Taschenbücher«

Prof. Dr. Johannes Meißner: Kernenergie und Leben

VIII und 80 Seiten, 9 Abbildungen (Thiemig-Taschenbuch Band 20), kartoniert DM 4,80

Prof. Dr. Fritz Regler: Licht und Farbe — Physikalische Grundlagen und Anwendungen

VIII und 120 Seiten, 36 Abbildungen, 6 Tabellen (Thiemig-Taschenbuch Band 50), kartoniert DM 16,80

Prof. Dr. Erich Bagge: Die Entstehung der kosmischen Ultrastrahlung und das Expansionsphänomen der Welt

VIII und 64 Seiten, 8 Abbildungen (Thiemig-Taschenbuch Band 29), kartoniert DM 6,80

Lehr- und Fachbücher

Prof. Dr. Otto Hittmair: Lehrbuch der Quantentheorie

XVI und 432 Seiten, 59 Abbildungen, 5 Tabellen, Ganzleinen DM 120,—

Prof. Dr. Fritz Regler: Einführung in die Physik der Röntgen- und Gammastrahlen

Unter Berücksichtigung der Elektronen- und Neutronenbeugung. VIII und 400 Seiten, 287 Abbildungen, 22 Tabellen im Text, 12 Übersichtstabellen im Anhang, Ganzleinen DM 64,—

Das sind nur einige Titel aus unserem umfangreichen und vielseitigen Verlagsprogramm. Bitte fordern Sie Prospekte an.

Im Verlag Karl Thiemig erscheinen auch die weltbekannten GRIEBEN-Reiseführer im blaugelben Umschlag — 135 Einzelführer zu allen Kulturdenkmälern Europas

VERLAG KARL THIEMIG, PILGERSHEIMER STRASSE 38, 8000 MÜNCHEN 90