

Maschinenwesen und Maschinenkunde im 16. und 17. Jahrhundert

Klaus Mauersberger (Dresden)

Agricolas «De re metallica» markiert gewissermaßen den Beginn der neuzeitlichen maschinentechnischen Literatur. Die Maschinentechnik erscheint darin eingebettet in den seinerzeit am weitesten fortgeschrittenen Produktionszweig, die Montantechnik. Agricolas Darstellungsweise gibt zum einen die im Montanwesen genutzte maschinelle Technik – die Artefakte selbst – wider, ist aber zugleich ein Abbild des technischen Wissens um Maschinen, Prozesse und Verfahren in der Renaissancezeit.

Um das Maschinenwesen und das darüber angesammelte Wissen in der Folgezeit geht es auch in diesem Beitrag, der sich mit der Frage beschäftigt, wie sich die vorindustrielle Maschinerie entfaltete, über welches Wissen die Mechanici, Mühlenbauer und Kunstmeister verfügten und welchen Einfluß die sich herausbildenden modernen Naturwissenschaften auf die wissenschaftliche Durchdringung maschineller Technik ausüben konnten.

Bekanntlich nannte man die Maschinen selbst und den Maschinenbau bis ins 18. Jahrhundert hinein noch mechanische Künste. Begriffe wie Kunstzeug, Wasserkunst oder Kunstmeister verweisen auf eine Herkunft der Technik aus dem Bereich handwerklicher und künstlerischer Tätigkeiten. Die sogenannten Künstler-Ingenieure der Renaissance, allen voran Leonardo da Vinci, waren auch die Träger entsprechenden Wissen. Sie waren es, die in die Geheimnisse der mechanischen Künste eingeweiht waren. Kunst in diesem «technischen» Sinn, und es ging in der Tat auch um künstlerische Techniken, schloß aber seit alters her sowohl das instrumentelle, als auch das methodologische ein: nämlich Kunstgriffe anzuwenden, um etwa mit einem Hebezeug die Natur zu überlisten, d.h. etwas wider die Natur zu schaffen.

Dabei waren die niederen oder mechanischen Künste noch im Mittelalter streng getrennt durch soziale und weltanschauliche Schranken von den *artes liberales*, den freien Künsten resp. der höheren Gelehrsamkeit. Allein die Tatsache, daß sich ein humanistischer Gelehrter vom Format eines Agricola mit den «Niederungen» montanistischer Maschinentechnik» befaßte, zeugt daher von einem gewaltigen Umbruch in einer Zeit, da sich die Wissenschaften anschickten, gleichermaßen Natur, Kunst und Technik in sich einzuschließen, um dem Menschen die Welt entdecken und verändern zu helfen.

Die aufblühende handwerkliche und gewerbliche Praxis des 16. Jahrhunderts, namentlich das Mühlenwesen und die Montantechnik, hielten für die Entstehung der modernen Naturwissenschaften mannigfaltige Anreize bereit. Mechanische Phänomene, Bewegungsvorgänge, Widerstandskräfte und Festigkeit der Materialien, die auch das Wirken von Maschinen bestimmten, fanden das lebhafteste Interesse solcher der Praxis zugewandter Gelehrter wie Tartaglia, Cardano oder Galilei, die sich aus der Enge der Studierstuben herausbegeben hatten. Gelehrte wie Agricola waren es auch, die den scholastischen Kathederweisheiten eine praxisnahe Werkstatttradition entgegensetzten: die freie Beobachtung am Objekt und die Anpassung der Gedanken an die Wirklichkeit. In Fühlungnahme mit Gruben, Werften, Arsenalen und Manufakturen wurden neue Wissenschaftszweige begründet. Jetzt war die Zeit reif, dem Gedanken der Dienstbarmachung der Naturkräfte folgend, das Natürliche im Technischen zu erkennen, entsprechende Zusammenhänge zu ergründen und zur Verbesserung technischer Mittel einzusetzen. Eine neue Epoche der geistigen und tätigen Auseinandersetzung des Men-



Abb. 1 Mechanische Potenzen des Altertums auf dem Titelblatt einer italienischen Antikenrezeption von Guidobaldo del Monte zu den «Problemata mechanica» der Aristotelischen Schule (Titelblatt der deutschen Übersetzung von 1629).

von Ansätzen theoretischer Durchdringung der Mechanismen und Maschinen. Agricolas nüchterne Abbilder und Leonardos überschäumende Entwürfe repräsentieren gewissermaßen jene zwei Ströme in der Darstellungskunst von Maschinenteknik, die in der folgenden technischen Literatur zu beachten sind.

┌Mit seiner faszinierenden technischen Zeichenkultur ist Leonardo mehr noch als viele seiner Nachfolger bis in die Elemente der Maschinerie vorgedrungen. In großer Kühnheit nehmen einige seiner Konstruktionen, ohne daß sie in seiner Zeit hätten verwirklicht werden können, den künftigen industriellen Techniktyp vorweg. Mit seinem tiefen Eindringen in solche Zusammenhänge wie Festigkeit, Kräftepiel, Reibung und Strömungsvorgänge trug er auf ganz eigenständige Weise dazu bei, die mechanischen Künste auf ein wissenschaftliches Fundament zu heben und in die Gelehrtenwelt hineinzutragen. Leonardo wurde nicht müde, zur Anwendung von Geometrie und Mathematik in der Technik aufzurufen. Freilich deutete er selbst dabei vieles nur an. Manche seiner vorausschauenden Ideen waren unausgereift, die meisten seiner vorseilenden Projekte blieben unverstanden oder unbeachtet. Anregungen gingen allemal von ihm aus. Die Schaffung neuer Technik vollzog sich stets in einem Spannungsfeld von Wünschbarem, Machbarem und Notwendigem. Die künstlerischen und technischen Berufe, denen zunächst solche Tätigkeiten wie Zeichnen, Messen, Wägen und der Umgang mit Instrumenten vorbehalten waren, gingen im 16. Jahrhundert fruchtbare Wechselwir-

schen mit der Natur hatte begonnen.

Das tiefere Eindringen in die Natur mechanischer Vorgänge und maschineller Gebilde setzte bereits bei dem virtuosen, von universellen Ansprüchen ausgehenden Künstler-Ingenieur Leonardo da Vinci ein. In seinen Skizzensammlungen breitet er ein nahezu unüberschaubares Arsenal von Erfindungen und Erkenntnissen in der mechanischen Technik aus. Im Gegensatz zu dem einige Dezennien später wirkenden Agricola ist sein Gegenstand aber nicht so sehr die tatsächlich produktiv eingesetzte Technik, als vielmehr jener Prozeß der geistigen Vorwegnahme, welcher jedem technischen Schöpfungsakt vorausgeht. Die Zeichnungen und konstruktiven Entwürfe Leonardos, einst möglicherweise als der Grundstock eines größeren maschinentechnischen Werkes angelegt, nach seinem Tode in viele Lande zer-

streut und zuweilen, wie der aufsehenerregende Fund der «Codices Madrid» im Jahr 1965, wieder aufgetaucht, bieten sie eine Fülle von technischen Ideen, phantastischen Einfällen, konstruktiven Lösungen, aber auch

kungen mit den Wissenschaften ein. Gebildete Männer wie Guidobaldo del Monte, Adam Ries oder Walter Ryff trugen den Umgang mit Zahlen und die Quantifizierung von Vorgängen in die Kreise der Händler, Mühlenbauer, Büchsenmeister und Mechanici hinein, von deren gehäufte praktischer Erfahrung sie wiederum profitieren konnten.

Anteil daran hatte auch die Übersetzung und kritische Rezeption antiker und mittelalterlicher Texte. Besagter Del Monte, Humanist, Mathematiker und Festungsinspektor, trat 1577 mit einer kommentierenden Übersetzung der Aristoteles bzw. der Schule des Peripatos zugeschriebenen «Problemata mechanica» hervor, in welcher sich die klassischen Mechanischen Potenzen (die sogenannten einfachen Maschinen) wie ein roter Faden durchziehen. Mit der Zuwendung zu höchst praktischen Fragen wie Kraftersparnis, Festigkeit und anderen wird darin und in weiteren Werken eine neue, auf Naturgesetzen beruhende Mechanik aus der Taufe gehoben, wobei das technische Mittel in seiner Anschaulichkeit gewissermaßen als Taufpate fungiert.

Walter Ryff, auf welchen eine Übertragung von Vitruvs «10 Büchern über die Baukunst» ins Deutsche zurückgeht, hat viel zur Propagierung einer anschaulichen Geometrie getan, die



Abb. 2 Massierter Einsatz von Hebezeugen (Hebel, Göpelwinde, Flaschenzüge) bei dem technischen Großunternehmen der Umsetzung des Vatikanischen Obelisken auf dem Petersplatz in Rom unter der Leitung von Domenico Fontana im Jahr 1586.

er auch in der Maschinenbaukunst für unerlässlich hielt. Sein Maschinenbegriff steht dabei noch ganz in der antiken bzw. mittelalterlichen Tradition und geht auf das «Rüstzeug» – sprich: die Kriegsmaschine (lat. *ingenium*) zurück, schließt aber zunehmend baugebundene Hebezeuge und Fördermaschinen ein. Die Maschinentechner des 16. Jahrhunderts standen ganz im Banne der Möglichkeiten maschineller Kraftverstärkung.

In dieser Hinsicht hat wohl kaum eine ingenieurtechnische Großleistung die Gemüter so erregt, wie die Umsetzung des Vatikanischen Obelisken zum Petersplatz unter der Leitung des päpstlichen Baumeisters Domenico Fontana im Jahr 1586. Auch dieses spektakuläre Unternehmen des Schwerlasttransportes eines 25 m langen und ca. 300 t gewichtigen Monolithen ist ein frühes Beispiel ingenieurgemäßen kalkulativen Herangehens. Bereits die Auswahl des geeigneten Verfahrens läßt neue Züge erkennen: Auf einem

«Ingenieurkongreß» wird aus den von 500 Bewerbern vorgelegten Projekten das vorteilhafteste diskutiert und ausgewählt. Fontana, dessen Plan technisch-organisatorisch verwirklicht wurde, kann nachgesagt werden, die

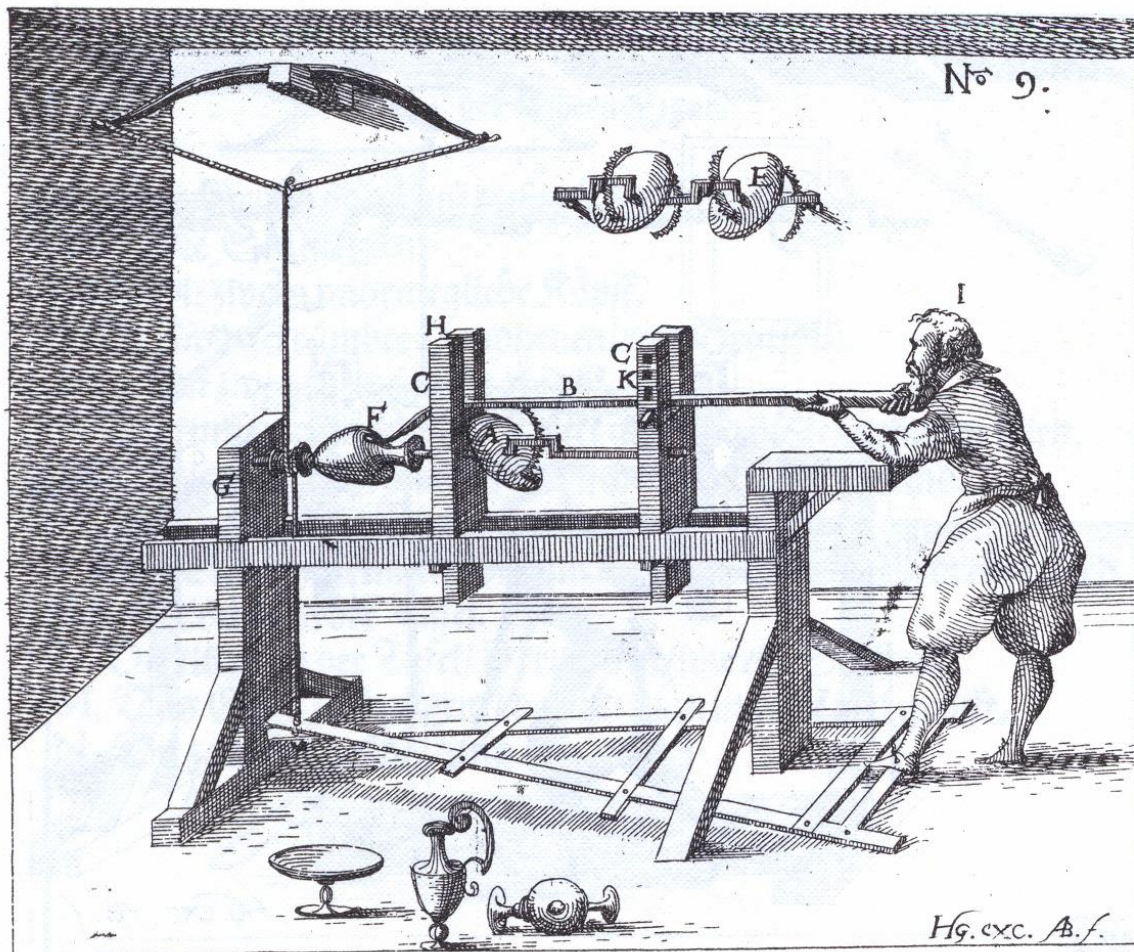


Abb. 3 Kopierdrehbank mit Wippenantrieb aus Heinrich Zeising's «Theatrum machinarum» (1612), auf das «Theatrum instrumentorum» (1582) von Jacques Besson zurückgehend.

damaligen Möglichkeiten der Dimensionierung von Hebezeugen voll genutzt zu haben. So elementar sich seine Berechnungen auch aus heutiger Sicht ausnehmen mögen, im Ingenieur-schaffen des 16. Jahrhunderts waren sie eine Novität.

Trotz dieser ersten spärlichen Erfolge kalkulativen Denkens in den mechanischen Künsten kann von greifbaren Ergebnissen einer Rückwirkung der Naturwissenschaften auf die Praxis noch nicht die Rede sein. Dazu bedurfte es zunächst eines ausgedehnten Reifeprozesses. Dennoch ist die Hinwendung namhafter Naturgelehrter zur Technik nicht zu übersehen. Tatsächlich waren es eher die Praktiker selbst, deren vermehrtes Wissen und Können eine Maschinenkunde hervorgebracht hat, die als kräftiger Wissensstrom zu den späteren Maschinenwissenschaften hinführt.

Der Aufschwung des technischen Erfahrungswissens im 16. Jahrhundert ist insofern zu erklären, als die ersten zaghaften Versuche mechanischer Theorienbildung den praktischen Problemen keineswegs gewachsen sein konnten. So bildeten sich an der Nahtstelle von Naturwissenschaften und Produktion jene praxisnahen Wissensgebiete heraus, deren Profil die praktische Mechanik und Maschinenkunde mitbestimmten. Während die klassische Mechanik in kosmologische Dimensionen vorstieß, verhalf der indessen hohe Stand praktisch-mechanischen Wissens den Mühlenbauern, Mechanicis, Uhrmachern, Büchsen- und Kunstmeistern in vielen Ländern zu glänzenden Erfolgen.

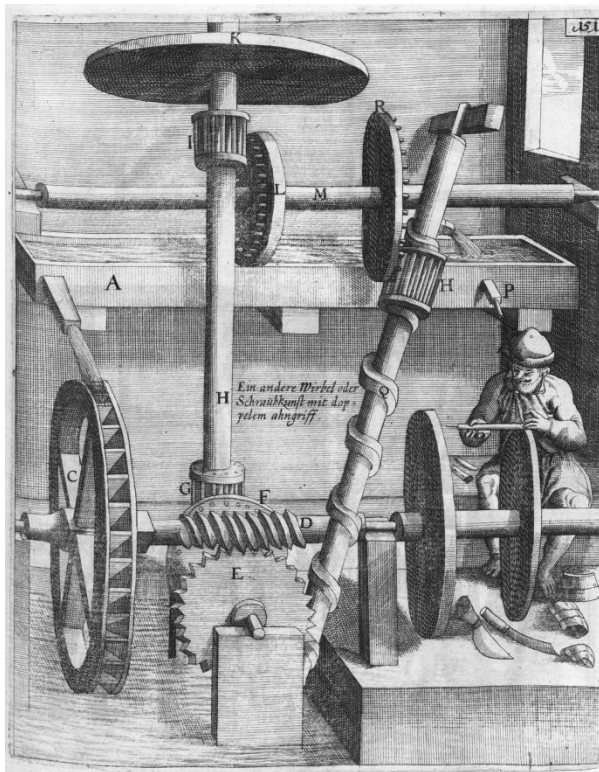


Abb. 4 Perpetuum mobile mit Wasserrad, Archimedischer Schraube, Schneckengetriebe und Schwungrad zum Antrieb einer Schleifscheibe – gedacht als «geistiges Experimentierfeld» für praktisch-mechanische Verbesserungen an der Maschinerie der Manufakturzeit.

bearbeitbare Metalle, selten Eisen.

In besonderem Maße repräsentierten die prachtvollen Maschinenbücher, die als eigenständige Literaturgattung seit dem ausgehenden 16. Jahrhundert den Buchmarkt bereicherten, das mechanisch-technische Wissen. In dieser Zeit lebten die deskriptiven Sammelleidenschaften auf dem Gebiet der Maschinenteknik förmlich auf. Mit der Renaissance war in allen gesellschaftlichen Schichten ein großer Bildungshunger geweckt worden. Die ersten Maschinenbücher vornehmlich italienischer Provenienz waren freilich an höfische, zumindest aber wohlhabende Kreise adressiert.

Jacques Besson, Agostino Ramelli, Vittorio Zonca, Fausto Veranzio, Giovanni Branca, Salomon de Caus, Jacopo Strada à Rossberg, Georg A. Böckler und Heinrich Zeising gehörten zu den bedeutenden Autoren. Die zum Teil brillant illustrierten Schauplätze der Maschinenbaukunst – der Begriff des «Theatrum machinarum» bürgerte sich bald ein – gaben weniger ein getreues Abbild der im technischen Alltag bewährten Maschinen als vielmehr des Außergewöhnlichen und Bizarren der Maschinenwelt. In manchen Büchern treten uns wahrlich barocke Maschinen entgegen, voller Zierrat, unergründlich in ihrer Wirkungsweise, gigantomanisch in ihren Ausmaßen. Kunst und Technik waren so weit noch nicht voneinander entfernt, als daß sich die im Zeitgeist des 17. Jahrhunderts verwurzelte Manieriertheit nicht hätte auch auf die Maschinenteknik übertragen können. Und dennoch, hinter dem Dickicht barocken Überschwanges leuchtet der rationale Kern hervor. Selbst der ausgefallenste Entwurf eines

Die gesellschaftliche Anerkennung, Pflege und Förderung einzelner mechanischer Künste wurden wesentlich durch die Repräsentanz bei Hofe bestimmt. Zu diesen «hoffähigen» mechanischen Künsten gehörte die Drehkunst. Sie stand im 17./18. Jahrhundert in hoher Blüte. Große Potentaten gehörten zu ihren Liebhabern. Die stattliche Zahl von vermögenden Bewunderern der Drehkunst ermöglichte es, daß 1701 erstmalig ein Lehr- und Fachbuch darüber erschien, dem in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts weitere folgten.

Das große höfische Interesse an künstlerischer Selbstbestätigung und Erwerb einmaliger kunstvoller Drechslerprodukte rief die Differenzierung in eine «gemeine oder niedere» und eine «höhere» Drehkunst hervor. Letztere hatte das Unrunddrehen, insbesondere das Passigdrehen, Ovaldrehen, Medaillendrehen und Porträtdrehen sowie besondere Dreh- und Kunststücke zum Gegenstand. Als Werkstoffe dienten zahlreiche Holzarten, Bein, Stein sowie leicht

perpetuum mobile galt nicht allein als technisches Wunderwerk, sondern war gleichermaßen Studienobjekt für die Untersuchung von Kraftbedarf, Bewegungswiderstand und Wirkung der Schwungkraft, für das geistige Durchspielen neuer Wirkprinzipie und konstruktiver Lösungen. Allgegenwärtig in diesen Büchern ist das Streben nach Kraftökonomie bei der Abstimmung von Antriebs-, Übertragungs- und Bearbeitungskräften sowie bei der Minderung der Bewegungswiderstände. Derlei Probleme sollten in der Folgezeit zum Hauptgegenstand der Maschinenlehre aufrücken.

Darüber hinaus gibt die Darstellungsart Aufschluß über das neuartige Herangehen. Manche Autoren wagen den Versuch, Kraft- und Bewegungsgrößen der Maschinen in einfache Zahlenrelationen zu kleiden. Bereits die Titelblätter verraten metaphorisch die Intentionen der Verfasser. Überall ist Wissenschaft im Spiel, auch wenn die Vorstellungen über eine solche künftige Maschinen-Wissenschaft noch recht unklar zutage treten.

Die Maschinerie der Barockzeit war wie keine andere vorher eingebettet in die kulturellen Strömungen ihrer Zeit. Sie tritt uns in weiterer Hinsicht ambivalent entgegen: Einerseits bewegte sie sich gewöhnlich noch in den Bahnen der vorausgegangenen Zeit. Durch geschickte Modifizierung und Variationen, durch Multiplizierung einfacher Elemente sowie durch ausgeklügelte Organisation konnte eine Steigerung ihrer Wirkung erzielt werden. Andererseits warfen die großen Veränderungen der Technik, wie sie während der Industriellen Revolution des



Abb. 5 Titelblatt der lateinischen Ausgabe des «Theatrum instrumentorum» von Jaques Besson aus dem Jahr 1582 – in Rückbesinnung auf die gelehrten Autoritäten der Antike wird eine wissenschaftlich begründete Technik proklamiert.

18./19. Jahrhunderts sprunghaft zu Tage treten sollten, bereits ihre Schatten voraus. Man kann wohl davon ausgehen, daß die vorbereitende Arbeit von den Technikern des 17. Jahrhunderts vollbracht wurde. Selbst Maschinen, die dem Spiel- und Luxusbedürfnis von Hofhaltung Rechnung trugen (Automatentheater, Wasserorgeln, Grottenwerke u.a.) zählen in ihrer Art der Steuerung und Kraftübertragung zu den Vorboten der Mechanisierung produktiver Prozesse.

Dies trifft auch auf Neuerungen bei den Antriebsmaschinen zu. Noch ganz im Dienste höfischer Prachtentfaltung stehend, aber zugleich Zeugnis massierten Einsatzes von Naturkräften, ist die gigantische Wasserhebeanlage von Marly doch nur der Ausdruck eines verschwenderischen Umgangs mit Finanzen, Material und natürlichen Ressourcen. Bei dieser 1681 bis 1685 erbauten Anlage zum Betrieb der Wasserkünste Ludwigs XIV. im Park von Versailles trieben 14 unterschlächtige Wasserräder von 12 m Durchmesser 235 Druckpumpen an. Bei

einem Wirkungsgrad von ca. 7 % leistete diese kostenaufwendige Antriebsanlage ganze 85 PS.

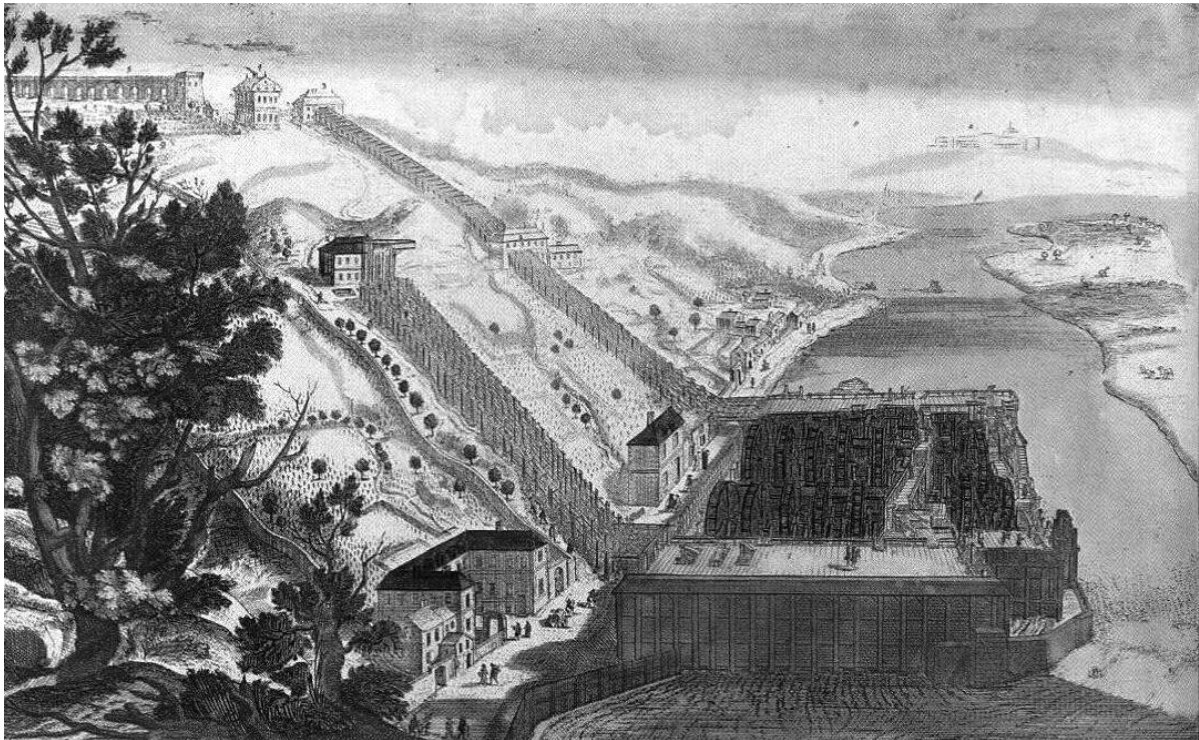


Abb. 6 Die gigantische Wasserhebeanlage von Marly an der Seine – sie wurde zwischen 1681 und 1685 für die Wasserkünste Ludwig XIV. in Versailles erbaut.

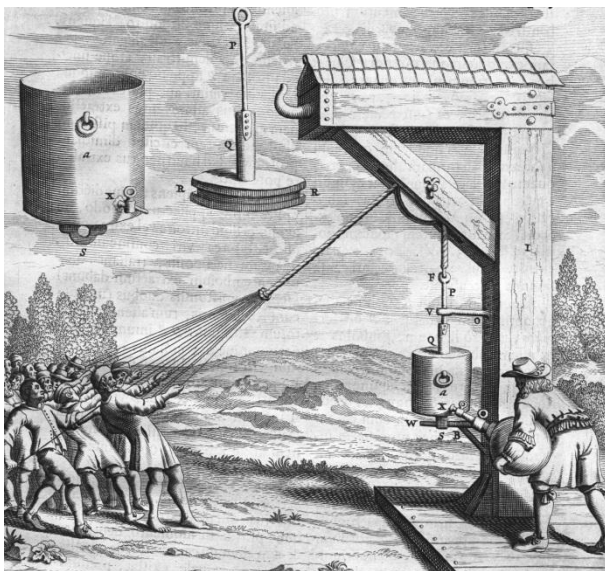


Abb. 7 Versuche Otto von Guericke zur Demonstration des Arbeitsvermögens des Luftdruckes gegenüber einem Vakuum (1664) sind in das Vorfeld der Entwicklung der Kolbendampfmaschine einzureihen.

Die manufaktuelle Produktion und der sich ausweitende Mühlenbetrieb warfen dagegen frühzeitig energieökonomische Probleme auf. Erhöhter Kraftbedarf und das Erfordernis, mit dem Wasserdargebot hauszuhalten, führten zu technischen Verbesserungen. Mehrfachanordnungen der Mahlgänge, die Art der Gerinne und Pansterwerke, optimale Wasserradformen sowie die Gestaltung friktionsarmer Übertragungsglieder wie Zahnräder u. a. m. hatten bereits ausgangs des 17. Jahrhunderts erheblichen Einfluß auf die Effizienz der Maschinerie. Doch brachte

das 17. Jahrhundert noch eine weitere Hinterlassenschaft hervor, auf welche sich die Antriebstechnik stützen konnte.

Der Ausbau der modernen Naturwissenschaften, so sehr er von der Mechanik fester Körper ausging, führte auch zur Ergründung weiterer Phänomene, die ebenfalls eine Basis für technische Wirkprinzipie abgaben. Wärme, Materialaufbau, Luftdruck, Strömungsvorgänge und vieles mehr wurden zum Untersuchungsge-

genstand der Naturforscher. Die Untersuchung des Vakuums z.B. ist an die Namen Boyle, Mariotte und Torricelli gebunden. Otto von Guericke demonstrierte in seinen Magdeburger Versuchen bereits das Arbeitsvermögen des Luftdruckes gegen ein Vakuum, und der Gelehrte Papin erzeugte dieses Vakuum durch die Kondensation von Wasserdampf und erfand mit seiner Vorrichtung den Prototyp der atmosphärischen Dampfpumpe. So reihen sich namhafte Wissenschaftler in die Vorgeschichte der Kolbendampfmaschine ein, die durch die englischen Techniker Savery und Newcomen zu einer ersten Betriebsreife gebracht wurde.

Gleichermaßen anziehend auf Naturwissenschaftler mögen Uhr und Mühle, die Vorbilder aller produktiven Maschinerie, gewesen sein. Christiaan Huygens, ein Verfechter Cartesianscher Ideen, faszinierten Schwingungsbewegungen. Er vervollkommnete die Pendeluhr. Das Buch «Horologium oscillatorium» (1673) verrät das konstruktive Geschick seines Autors bei der Lösung schwieriger Probleme wie der Pendelführung.

Uhrenfedern regten Hooke zu theoretischen Betrachtungen über die Elastizität an. In der damals üblichen Form eines Anagramms stellte er 1675 sein Elastizitätsgesetz vor, das von einer Proportionalität zwischen Kraft und Verlängerung ausging. Solche Ergebnisse konnte er allerdings nur durch ausgedehnte Versuche erreichen. Im 17. Jahrhundert gerieten zunehmend die Werkstoffe in das Blickfeld wissenschaftlicher Betrachtung und experimenteller Untersuchungen. Dies betraf ihre konstruktive Widerstandsfähigkeit und ihre Eigenschaften bei der Bearbeitung. Hauptwerkstoff war nach wie vor das Holz, bei dessen mechanischer Bearbeitung überwiegend auf spanende Fertigungsverfahren wie Sägen, Drehen, Bohren, Hobeln und Schleifen zurückgegriffen wurde.

In der Metallbearbeitung dominierten bis zum Mittelalter das Gießen, Schmieden und Treiben für Werkstücke aus Kupfer, Bronze und Eisen. Seit dem Aufkommen der Feuerwaffen wurde das Bohren der Geschößläufe zu einer neuen schwierigen Fertigungsaufgabe. Genauigkeitsanforderungen und Kraftbedarf verlangten die Entwicklung von Bohrmaschinen neuer Qualität und Größe. Vor der industriellen Revolution waren somit Sägemühlen und Kanonenbohrmaschinen die größten und bedeutendsten spanenden Werkzeugmaschinen. Erstmals nahmen an diesen Maschinen Gelehrte spanungstechnische theoretische Untersuchungen und Berechnungen vor.

Auch das Textilgewerbe, von dem die Initialzündung zur Industriellen Revolution ausging, kannte lange vor deren Einsetzen in Grenzen eine mechanisierte Produktion. Davon zeugen die bereits im 16./17. Jahrhundert verbreiteten Zwirnmühlen, Handkulierstühle zum Stricken von Strümpfen sowie mechanische Bandwebstühle. Entsprechendes Know-how war gleichfalls in der maschinentechnischen Literatur niedergelegt. In Frankreich förderte der Merkantilismus Colbert'scher Prägung die gewerbe- und verfahrensorientierten Wissensgebiete in besonderer Weise. Die Planung und Durchführung eines so gewaltigen Publikationsvorhabens wie der «Descriptions des Arts et Metiers» war an die Möglichkeiten nationalstaatlicher Interessenvertretung gebunden.

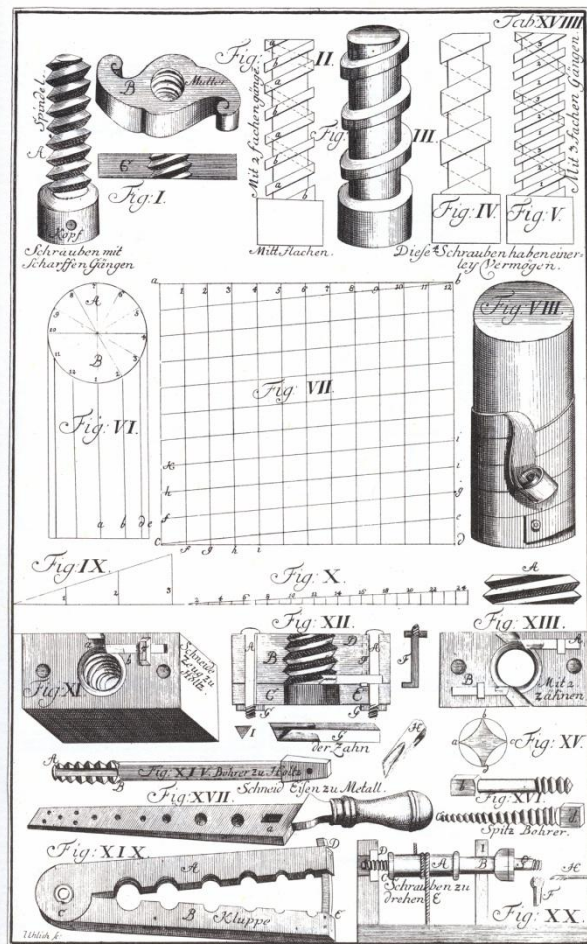


Abb. 8 In hervorragender Systematik beschreibt Jacob Leupold in seinem «Theatrum machinarum generale» (1724) die Wirkung der Schraube, entsprechende geometrisch-mechanische Zusammenhänge sowie Fertigungstechniken.

Klassifikationssystem und technische Terminologie setzten Maßstäbe für die künftige Maschinenkunde und schließen damit einen weiten Bogen von den kühnen Visionen eines Leonardo über die sachlichen Darstellungen Agricolas und die kunstvollen Maschinenbücher des 17. Jahrhunderts hin zur modernen industriellen Maschinerie.

Literatur

Sonnemann, R.: Zur Entwicklung der Technik im 17. Jahrhundert. In: Wiss. Zeitschrift der TH Magdeburg 31(1988)1, S. 37–42.

Mauel, K.: Die Technik im Zeitalter des Barock. In: Görres-Gesellschaft, Jahres- und Tagungsbericht 1988, S. 72–85.

Mauersberger, K.: Technik im Umfeld der Naturerkenntnis von Galilei bis Newton. In: Beitr. z. Wissenschaftsgeschichte. Naturwissenschaftliche Revolutionen im 17. Jahrhundert. Berlin 1988, S. 179–212.

Buchheim, G.; Sonnemann, R. (Hrsg.): Geschichte der Technikwissenschaften. Leipzig 1990, S. 111–134.

Mauersberger, K.: Energienutzung und Kraftmaschinen im 18. und 19. Jahrhundert. In: Sächs. Heimatblätter 39(1993)4, S. 202–210.

Auch in Deutschland weiteten sich die Maschinenbücher zu enzyklopädischen Sammelwerken aus. Darin konnten die Vertreter der praktischen Mechanik und beschreibenden Maschinenkunde auf erste Erfolge eines Brückenschlages zu den Errungenschaften der Naturwissenschaften verweisen. Die Zeit der Aufklärung brachte den bildungsbeflissenen Praktiker hervor, das wissenschaftliche Fundament der einstigen Erfindungskunst nahm Konturen an. Das technische Denken war von durchdringender Rationalität gekennzeichnet und stärker als vorher auf ökonomische Kategorien orientiert. Als bestes Beispiel dafür gilt das Werk des Leipziger Mechanicus Jacob Leupold. In seinem «Theatrum machinarum» (1724 bis 1727) fließen die Ströme empirischer und theoretischer Technikbetrachtung zusammen. Beispiellos ist sein auf Analyse gegründetes systematisches Herangehen an die Maschinenwelt des 18. Jahrhunderts. Die

ausgeprägte Kunst seiner technischen Zeichnung vereint alle vorhandenen Ansätze zu einer sachlichen Darstellungsart mit hoher Aussagekraft. Die verbalen Äußerungen lassen an Klarheit nichts vermissen. Leupolds