

Algebraische Notation und Maschinenbild. Eine Rechenmaschine avant la lettre

Moderne Konstruktionszeichnung

Ende des 18. Jahrhunderts wird die Maschinenlehre aus dem Bereich der Architektur ausgegliedert und als eigenständiges akademisches Fach der Mathematik unterstellt.¹ Das bedeutet eine Umstellung der Argumentation von der Figur auf die Zahl. So ist Joseph-Louis Lagrange in seiner „*Mécanique analytique*“ von 1788 stolz, ohne Figuren auszukommen:

„On ne trouvera point de Figures dans cet Ouvrage. Les méthodes que j’y expose ne demandent ni constructions, ni raisonnements géométriques ou mécaniques, mais seulement des opérations algébriques, assujetties à une marche régulière et uniforme.“²

Das Diagramm wird aus der avancierten mechanischen Theorie zurückgezogen. Zeitgleich baut es Gaspard Monge (1746-1818) in seiner „*Géométrie descriptive*“ zu einem Instrument aus, mit dem die Fertigung dreidimensionaler Gebilde präzise geplant werden kann. Die an der neu gegründeten Polytechnischen Schule im „3. Jahr der Republik“ gehaltenen Vorlesungen erscheinen 1799 zum ersten Mal im Druck.³ Bis 1868 folgen allein in Frankreich 24 weitere Darstellungen der Methode, 26 in anderen europäischen Sprachen. Die deskriptive (oder darstellende) Geometrie hat zum Ziel, eine exakte Definition dreidimensionaler Objekte auf einer zweidimensionalen Fläche zu leisten. Alle relativen Positionen, die aus der Definition gefolgert werden können, sollen in geometrischen Transformationen bestimmt werden können. Monge bezeichnet seine Methode als Mittel, nach der Wahrheit zu suchen („*moyen de rechercher la vérité*“) und vom Bekannten zum Unbekannten überzugehen („*passage du connu à l’inconnu*“).

1 Zu den weiteren Folgen vgl. Ferguson, Eugene S.: *Engineering and the mind's eye*. Cambridge 1993.

2 Lagrange, Joseph-Louis: *Mécanique analytique*. 2 vols., Paris 1788 (Oeuvres, Bd. 11/12, Hildesheim 1973), vol I, pp. i-ii., vgl. Mahoney, Michael S.: *Diagrams and Dynamics Revisited*. In: Lefèvre, Wolfgang (Hrsg.): *Picturing Machines 1400 – 1700*. Cambridge, Mass. 2004, S. 281-306.

3 Gaspard Monge, *Géométrie descriptive*. Leçons données aux écoles normales, l’an 3 de la république, Paris 1799. Vgl. Matthias Paul, *Gaspard Monges ‚Géométrie descriptive‘ und die Ecole Polytechnique. Eine Fallstudie über den Zusammenhang von Wissenschaft und Bildungsprozess*, Bielefeld 1980.

An anderer Stelle seiner Vorrede charakterisiert Monge seine Lehre als „Sprache des Genies“, was gar nicht zur Ästhetik gleichen Namens passen will, die den Künstler ja auf sein „eigenes Herz“ verpflichtet und von jeden vorgegebenen Regeln entbindet.⁴ Die deskriptive Geometrie ist auch nicht die Sprache, in der ein zum Genie mutierter Ingenieur (der das „ingenium“ von Anfang an in seinem Namen trägt) seine ersten Ideen fixiert, sondern eine Sprache, mit der er sich von der Ausführung seiner Ideen zurückziehen kann. Die Umsetzung wird an andere delegiert: „C'est une langue nécessaire à l'homme de génie qui conçoit un projet, à ceux qui doivent en diriger l'exécution.“⁵ Die geometrischen Techniken und graphische Konvention ermöglichen eine strenge Arbeitsteilung und Normierung des Fertigungsprozesses. Alle Eventualitäten sollen bereits auf dem Papier geklärt worden sein. Fortan können räumlich getrennte Konstruktionsbüros und Fertigungshallen gebaut werden. Die Menschen, die an den verschiedenen Orten arbeiten, müssen nicht mehr miteinander reden, sondern können mittels Plänen kommunizieren.

„Exécution“ und „Exactitude“ sind die Schlüsselwörter des neuen Verfahrens. Monge deklariert es als Programm zur Stärkung der nationalen Unabhängigkeit:

„Pour tirer la nation française de la dépendance où elle a été jusqu'à présent de l'industrie étrangère, il faut, premièrement, diriger l'éducation nationale vers la connaissance des objets qui exigent de l'exactitude, ce qui a été totalement négligé jusqu'à ce jour, et accoutumer les mains de nos artistes au maniement des instruments de tous les genres, qui servent à porter la précision dans les travaux et à mesurer ses différens degrés.“⁶

Über ein Jahrhundert später wird Marcel Duchamp ein solches Programm mit der „Präzisionsmalerei“ spielerisch in die Sphäre der Ausstellungen und Museen hineinragen.⁷ Monge verfolgt ein entgegengesetztes Ziel. Die konstruktive Zeichnung soll jeden anschaulichen Eigenwert verlieren: Die graphischen Spuren, die mit Hilfe von Instrumenten hervorgebracht werden, sind nicht zur Anschauung und offenen Interpretation bestimmt. Stattdessen sollen sie sich eindeutig und ohne Deutungsspielraum in die Herstellung eines dreidimensionalen Objekts übersetzen lassen. Exaktheit und Präzision der Zeichnung dienen der effizienten Fertigung von Bau- und Maschinenteilen. Die Produktion wird beschleunigt und rekursiv: Je präziser die Zeichnung, desto präziser die Maschinen; je präziser die Maschine, desto leichter kann die Zeichnung aber auch operativ werden – exakte Maschinenteile können dann maschinell hergestellt werden, sich also quasi selbst reproduzieren.

4 Vgl. Zilsel, Edgar: *Die Entstehung des Geniebegriffs*. Tübingen 1926.

5 Monge 1799 (wie Anm. 3), S. 1.

6 Ebenda.

7 Vgl. Nesbit, Molly: *The Language of Industry*. In: Duve, Thierry de (Hrsg.): *The definitely unfinished Marcel Duchamp*. Cambridge 1991, S. 351-84.

Erst nachträglich scheint Monge einzufallen, dass die Nachfrage der Konsumenten mit einer derart gesteigerten Produktivität Schritt halten muss. So gilt es auch deren Sinn für die Präzision zu steigern:

„Alors les consommateurs, devenus sensibles à l'exactitude, pourront l'exiger dans les divers ouvrages, y mettre le prix nécessaire; et nos artistes, familiarisés avec elle dès l'âge le plus tendre, seront en état de l'atteindre.“⁸

Das aufklärerische Programm des französischen Mathematikers beginnt mit der Herstellung von Dingen und geht in eine visuelle Erziehung über. In dieser Bewegung trifft es sich mit einer graphischen Pädagogik, die an der entgegengesetzten Seite ansetzt: Der Erzieher und Sozialreformer Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827) hatte den Zeichenunterricht zu einem allgemeinen Menschenrecht erklärt.⁹ Sich im Zeichnen üben zu dürfen, gehört demnach zum Grundrecht auf Bildung. Wer Bilder zeichnet, bildet zugleich die eigene Person. Wenn Pestalozzi dieses Grundrecht in einen weiteren Kontext stellt, konnte er auf die Argumentationslinie einschwenken, die Monge von Anfang an verfolgte:

„Und wenn es der Methode unmöglich ist, aus Zöglingen, die keine Talente haben, Dichter, Maler und Bildhauer zu machen, so wird sie hingegen die Linearzeichnung allgemein machen und damit der Menschenmenge, die an kein Glück und an kein Genie Anspruch machen kann, unermessliche Vorteile gewähren. Ihr Einfluß muß auf die Berufsbildung und auf die Bildung zur Industrie entscheidend sein.“¹⁰

Das freie Zeichnen Pestalozzis zielt darauf ab, als anthropologisch qualifizierte Fähigkeiten freizusetzen. Gaspard de Monge versucht mit seiner Methode dagegen die Produktivität und die Qualität von Produkten zu steigern.¹¹ Beide kommen darin überein, das Subjektive strikt vom Objektiven zu trennen, um beide Größen am Ende wieder ökonomisch aufeinander beziehen zu können: Die Bildung der Menschenmenge vollendet sich in der Bildung zum Beruf und zur Industrie. Exakte Objekte werden nachgefragt, wenn sie auf einen Geschmack der Präzision treffen.

An der Schwelle zur Moderne, wird das technische Zeichnen in den meisten europäischen Staaten und Monarchien in die Lehrpläne neuer Berufsakademien aufgenommen. Auf den Februar 1782 datiert zum Beispiel ein Erlass Kaiser Joseph II. „zur Verbesserung des Unterrichts in der k.k. Commercial-Zeich-

8 Monge 1799 (wie Anm. 3), S. 2

9 Vgl. Kemp, Wolfgang: *„Einen wahrhaft bildenden Zeichenunterricht ueberall einzufuehren“: Zeichnen und Zeichenunterricht der Laien 1500 – 1870; ein Handbuch*. Frankfurt a.M. 1979 (Beiträge zur Sozialgeschichte der ästhetischen Erziehung; 2).

10 Pestalozzi, Johann H.: *Sämtliche Werke*, hrsg. v. A. Buchenau, E. Spranger, H. Stettbacher, Berlin/Leipzig 1927 ff., Bd. 21, S. 76.

11 Vgl. Kemp 1979 (wie Anm. 9), S. 161-165.

nungsakademie.¹² In den Elementarstufen des Zeichenunterrichts sollen keine „akademischen Muster“ gelehrt, sondern „Handwerker zur Verfertigung regelmäßiger Pläne und Risse“ angeleitet werden. Ziel der „Realhandlungsakademie“, die in der Regierungszeit von Maria Theresia gegründet wurde, war es „herrschaftliche Finanz-Wirtschaftsbeamte, rechtschaffene Kaufleute und geschickte Kommerzialkünstler“ auszubilden. Zur Ausbildung gehörte der Zeichenunterricht, insbesondere das Zeichnen von Maschinen. Bei der Gründung des Polytechnischen Instituts in Wien (1815) wird ein Lehrstuhl für praktische Mechanik eingerichtet. Die Hälfte der Unterrichtsstunden wird auf das Zeichnen von Maschinen und Modellen verwendet. 1893 wird ein separater Lehrstuhl für Maschinenzeichnung an der Technischen Hochschule in Wien geschaffen.

Im Übergang vom 18. zum 19. Jahrhundert vollzieht sich somit eine Trennung der Bildenden Kunst von den technischen Künsten im Medium der Zeichnung.¹³ Eine Zeichnung, die auf das operative Handeln in der Welt abzielt, trennt sich von einer Zeichnung, die zum Schauen bestimmt ist und die Imagination anregen soll. Wer künstlerisches Talent zur zweiten Art von Zeichnung hat, findet an den Akademien der Bildenden Künste Aufnahme und wird dort mehr denn je gefördert. Die Ausbildung zielt auf Werke im emphatischen Sinn des Wortes ab. Komplementär verbreitet sich eine graphische Sprache, die operativ ausgerichtet ist, eine geregelte Arbeitsteilung ermöglicht und den Prozess der Industrialisierung unterstützt.

Mitte des 20. Jahrhunderts ist diese Trennung so selbstverständlich geworden, dass für jede Form des Zeichnens eine eigene Vorgeschichte gesucht wird: Technikhistoriker schreiben Kulturgeschichten des technischen Zeichnens, die ihr Telos in der modernen Konstruktionszeichnung haben.¹⁴ Überall dort wo Maschinen und technische Vorrichtungen auf dem Papier repräsentiert wurden, werden operative Pläne vermutet. Es werden Darstellungskonventionen gesucht, die mit den Leistungen der deskriptiven Geometrie verglichen werden können. Umgekehrt muss ein Pionier im graphischen Entwurf einer technisierten Welt wie der Sienese Mariano Taccola (1382-1453) für das kunsthistorische Corpus der italienischen Zeichnungen noch im Jahr 1982 nachträglich, das heißt nach Drucklegung der ersten Bände, entdeckt werden.¹⁵ Dabei hat er ein graphisches Oeuvre hinterlassen, das in der Frühphase der Zeichnung an Umfang und Qualität nur mit den Skizzenbüchern von Jacopo Bellini vergleichbar ist. Taccola zeichnet in seinen Handschriften jedoch technische Konstruktio-

12 Janatschek, Helmut: Machine Drawing in the Habsburg Patrimonial Lands: 1700-1850. In: *ICON. Journal of the International Committee for the History of Technology* 4, 1998, S. 66-75.

13 König, Wolfgang: *Künstler und Strichezieher. Konstruktions- und Technikkulturen im deutschen, britischen, amerikanischen und französischen Maschinenbau zwischen 1850 und 1930*. Frankfurt a.M. 1999.

14 Z.B. Nedoluha, Alois: *Kulturgeschichte des technischen Zeichnens*. Wien 1960.

15 Degenhart, Bernhard / Schmitt, Annegrit: *Mariano Taccola (= Corpus der italienischen Zeichnungen 1300 – 1450, Teil II, Bd. 4, Kat. 717-719)*, unter Mitw. von Hans-Joachim Eberhardt, Berlin 1982.

nen und Maschinen. Seine Arbeitshefte und Widmungshandschriften wurden deshalb von Technikhistorikern ediert und kommentiert. Das Thieme-Becker-Künstlerlexikon von 1938 (Bd. 32) hatte Taccola gerade einmal einen Eintrag von 6 Zeilen gewidmet.

Neuere Forschungen haben deutlich gemacht, wie sehr eine solche Arbeitsteilung den Blick auf die historischen Dokumente verstellt hat:¹⁶ Die Tradition figurengestützter Maschinenbücher und mechanischer Lehrschriften, die im 3. Jahrhundert vor Christus im Umkreis hellenistischer Lehrinstitutionen einsetzt, macht Wissen in Büchern reproduzierbar.¹⁷ Das Vorhaben unterscheidet sich prinzipiell von mündlichen Traditionen, die Fertigkeiten über die unmittelbare Arbeit in Werkstätten und Bauhütten vermitteln. In der Ausarbeitung von aufwändig gestalteten Maschinenbüchern, einem handwerklichen Projekt eigener Art, verbinden sich bereits im Ansatz eine technische mit einer literarischen Intelligenz. Die Bücher richten sich an höfische Kreise oder allgemein an politische Führungsschichten, die über den Einsatz der Maschinen zu entscheiden hatten. An diese Tradition, die im byzantinischen und vor allem islamischen Raum lebendig geblieben war, knüpfen die westeuropäischen Maschinenbücher des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit an. Selbst dort, wo sie das Gegenteil behaupten, leiten sie nicht direkt zum Fertigen von Maschinen an, sondern übersetzen umgekehrt das Bauen von Maschinen in graphische Kompetenzen. Zu Büchern mit hohem Schauwert gebunden, werden sie höfisch-literarischen Kreisen nahe gebracht.¹⁸ Welche Argumentationsstrategien dabei verfolgt und welche Phantasien und Erkenntnismöglichkeiten dabei freigesetzt werden konnten, soll im folgenden an einem herausragenden Beispiel aus der barocken Blütezeit der Gattung, dem Maschinenbuch von Salomon de Caus, verdeutlicht werden.

Mathematik für Potentaten

Salomon de Caus war eine der führenden Grotten- und Automatenbauer des beginnenden 17. Jahrhunderts. Er war als Hofingenieur der Kurfürsten Albert und Isabel in Brüssel tätig, arbeitete am Hof Charles I. in England und legte für den

16 Vgl. besonders: Holländer, Hans (Hrsg.): *Erkenntnis, Erfindung, Konstruktion. Studien zur Bildgeschichte von Naturwissenschaften und Technik vom 16. bis zum 19. Jahrhundert*. Berlin 2000 und Lefèvre 2004.

17 Vgl. Lefèvre, Wolfgang: Drawings in Ancient Treatises on Mechanics. In: Renn, Jürgen / Castagnetti, Giuseppe (Hrsg.): *Homo Faber. Studies on Nature, Technology, and Science at the Time of Pompeii*. (presented at a conference at the Deutsches Museum, Munich 21-22 March 2000 [...]) Rom 2002 (Studi della Soprintendenza archeologica di Pompei; 6), S. 109-120.

18 Vgl. Hall, Bert S.: The Didactic and the Elegant: Some Thoughts on Scientific and Technological Illustrations in the Middle Ages and Renaissance. In: Baigrie, Brian S. (Hrsg.): *Picturing Knowledge. Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*. Toronto/Buffalo/London 1996, S. 3-39; Long, Pamela O.: Power, Patronage, and the Authorship of Ars: From Mechanical Know-how to Mechanical Knowledge in the Last Scribal Age. In: *Isis* 88.1, 1997, S. 1-41 und zusammenfassend: Popplow, Marcus: *Militärtechnische Bildkataloge des Spätmittelalters*. In: Kortüm, Hans-Henning (Hrsg.): *Krieg im Mittelalter*. Berlin 2001, S. 251-268.

pfälzischen Kurfürsten Friederich die Gärten des Heidelberger Schlosses an.¹⁹ 1615 erscheint unter seinem Namen ein Buch parallel in deutscher und französischer Sprache. Es trägt den Titel: „Von Gewaltigen Bewegungen“ bzw. „Les raisons des forces mouvantes“.²⁰ Der Untertitel verspricht eine Beschreibung „etlicher, sowohl nützlicher als lustiger Maschinen“. Die Gliederung nach Definitionen, Theoremen und Problemata suggeriert die Strenge geometrischer Lehrtexte. In der gleichwertigen Gegenüberstellung von Schriftseiten und ganzseitigen Kupfertafeln mit Maschinenbildern ist das Buch jedoch ein Beitrag zur Gattung der gedruckten Maschinentheater.²¹ Die Kompetenz des Ingenieurs, Maschinen auf dem Papier zu erfinden als seien sie schon gebaut, wird in einem Kompendium von Kupfertafeln mit begleitenden Texten vorgeführt.

Um solche Maschinenbücher neu lesen und betrachten zu können, muss man sich, wie bereits ausgeführt, von der Vorstellung frei machen, die Kupferstiche hätten als Anleitung zum Bau von Maschinen gedient. Viel treffender lässt sich ihre Funktion mit einer glücklichen Wendung aus dem Vorwort von Caus als „Mathematik für Potentaten“ umschreiben: „Zu guter und glückseliger Regierung“, heißt es dort, benötigt der „Herr und Potentat“ nicht allein Leute die in allen Künsten erfahren sind sondern „ihm stehet auch nit uebel an, daß er selbst der Mathematic und etwas Wissenschaft habe.“ Sonst, so führt Caus im Vorwort weiter aus, könnten ihn etliche „Fuchsschwaentzern“ hinters Licht führen. Solche Leute (laut Grimmschen Wörterbuch: nach Gunst strebende Schmeichler) würden ihm ein Werk anders „vorbilden“, als es mit Bestand zu Wege gebracht werden kann. Die Pläne müssten dann mit Spott und Schaden fallengelassen werden.²²

Damit ist bereits die zentrale Doppeldeutigkeit der Maschinenbücher angesprochen: Die graphische Präsentation der Maschine ist ein Medium der Täuschung. Die Maschinen sehen aus, als seien sie schon gebaut und in Betrieb genommen. Hier können Werke „vorgebildet“ werden (wie sich Caus aus-

19 Vgl. Vérin, Hélène: Salomon de Caus, un mécanicien praticien. In: *Revue de l'art* 129, 2000, S. 70-76; Franke, Birgit: „...zur Lust und Zierde der Palläst und Gärten“: Salomon de Caus und die Grottenkunst. In: Härtling, Ursula A. (Hrsg.): *Gärten und Höfe der Rubenszeit im Spiegel der Malerfamilie Brueghel und der Künstler um Peter Paul Rubens*. München 2000, S. 83-88.

20 Caus, Salomon de: *Von gewaltsamen Bewegungen. Beschreibung etlicher, so wol nützlichen als lustigen Machiner*. Frankfurt 1615 (als Reprint: Frankfurt 1977 und Halle an der Saale 2003), gleichzeitig erschienen als: *Les raisons des forces mouvantes : avec diverses machines tant utiles que plaisantes*. Francfort 1615.

21 Vgl. vor allem Popplow, Marcus: *Neu, nützlich und erfindungsreich. Die Idealisierung von Technik in der frühen Neuzeit*. Münster/ München 1998 (Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt; 5), teilw. zugl.: Bremen, Univ., Diss., 1997. Zur Bedeutung von Theatrum als Schausammlung vgl.: Bredekamp, Horst: *Die Fenster der Monade. Gottfried Wilhelm Leibniz' Theater der Natur und Kunst*. Berlin 2004 und Friedrich, Markus: Das Buch als Theater. Überlegungen zu Signifikanz und Dimensionen der Theatrum-Metapher als frühneuzeitlichem Buchtitel. In: Stammen, Theo / Weber, Wolfgang (Hrsg.): *Wissenssicherung, Wissensordnung und Wissensverarbeitung. Das europäische Modell der Enzyklopädien*. Berlin 2004, S. 205-232.

22 Caus 1615 (wie Anm. 20), Vorwort.

drückt), die keinen Bestand haben und nicht funktionieren. Auf der anderen Seite behauptet Caus, genau das mit seinem Buch verhindern zu wollen: Dem Potentaten soll eigene Urteilskraft beigebracht werden. Er soll den Schmeichlern nicht ausgeliefert sein. Wie soll dieser Spagat gelingen?

Bild und Diagramm

Die angedeutete Doppeldeutigkeit ist tief im Darstellungsmodus dieser Bücher verankert. Damit ist nicht die Kombination von Schrift und Bild gemeint, wie man es aus einer Dichotomie heraus vermuten könnte, die sich im 19. Jahrhundert verfestigt hat: die Schrift als Medium der Erkenntnis, das Bild als schmückendes Beiwerk. Dieses Binom greift viel zu kurz, zumal das Maschinenbuch so angelegt ist, dass die Lektüre des Textes immer wieder zur Bildtafel zurückführt, und die Betrachtung des Bildes umgekehrt auf den Text zurückgreifen kann: Die Figuren sind nämlich mit Kennbuchstaben versehen, die auf einzelne Teile der Maschine verweisen. Diese können dann im Text benannt und in ihrem Verhältnis zu anderen Maschinenteilen beschrieben werden. Ein solches Verfahren geht auf die geometrischen und technischen Diagramme der Antike zurück und ermöglichte eine weitgehend kontextunabhängige Fixierung und Überlieferung von Wissen.²³

Die Ambivalenz von Erkenntnis und Täuschung ist damit gleichsam in jede Linie der Kupferstiche eingeschrieben. Um das genauer nachvollziehen zu können, ist die Differenzierung von bildlichen und diagrammatischen Formen aufschlussreicher als eine Gegenüberstellung von Bild und Wort.²⁴ Das diagrammatische Prinzip verfestigt sich in den barocken Maschinenbüchern freilich noch nicht zu konstruktiven Diagrammen im modernen Sinn. Die Bestimmung der Formen zielt nicht auf die Fertigung entsprechend geformter Maschinenteile ab, sondern wird in Bilder überführt, die einen hohen und offenen Schauwert behalten. Das Operative vermischt sich mit dem Imaginären. Dennoch lässt sich das diagrammatische vom eidetischen Prinzip unterscheiden: In der eidetischen Wahrnehmung verbindet sich eine materielle Form mit einem inneren Vorstellungsbild. Das diagrammatische Prinzip zielt darauf ab, eine graphische Relation von ihrer Konstruktion her zu verstehen und auf eine Relation von Bezugsgrößen zu beziehen.²⁵

23 Vgl. Netz, Reviel: *The Shaping of Deduction in Greec Mathematics. A Study in Cognitive History*. Cambridge 1999.

24 Vgl. Bogen, Steffen / Thürlemann, Felix: Jenseits der Opposition von Text und Bild. Überlegungen zu einer Theorie des Diagramms und des Diagrammatischen. In: Patschovsky, Alexander (Hrsg.): *Die Bildwelt der Diagramme Joachims von Fiore. Zur Medialität religiös-politischer Programme im Mittelalter*. Stuttgart 2003, S. 1-23. Mit Bezug auf Maschinenzeichnungen bereits: Gormans, Andreas: Imagination des Unsichtbaren. Zur Gattungstheorie des wissenschaftlichen Diagramms. In: Holländer 2000 (wie Anm. 16), S. 51-71.

25 Vgl. vom Verf.: Schattenriss und Sonnenuhr. Überlegungen zu einer kunsthistorischen Diagrammatik, in: *Zeitschrift für Kunstgeschichte* 68.2 (2005), S. 153-178.

Anders als die Gegenüberstellung von Bild und Text verheißt die Differenzierung von bildlichen und diagrammatischen Aspekten somit keine gegenständliche und gleichsam materielle Scheidung: Eine graphische Repräsentation ist nicht entweder ein Bild oder ein Diagramm, sondern sie lässt sich eidetisch und diagrammatisch zugleich verstehen. Mit dem Wahrnehmen von Bildern und dem Auswerten von Diagrammen sind verschiedene Kompetenzen verbunden, die sich in konkreten Rezeptionshandlungen immer auch überlagern können.

Graphische Hebel

Was diese allgemeinen bildtheoretischen Überlegungen zum Verständnis einer „Mathematik für Potentaten“ beitragen können, soll zunächst an den Theoremen X bis XIII verdeutlicht werden. Hier gibt Salomon de Caus seine Version der Archimedischen Hebelgesetze. Der Lehrsatz geht von einem Holzschnitt aus, der in den Text eingefügt ist (Abb. 1): Er zeigt, wie ein Balken AB in der Mitte, dem „punctum gravitatis“ C aufgehängt wird. Der Balken soll in acht gleiche Teile unterteilt werden. An den so bestimmten Stellen können Gewichte angehängt und so gewählt werden, dass sie sich die Waage halten. De Caus erklärt das, indem er in einem Gedankenexperiment ein Gewicht von 12 Pfund der mit I markierten Position zuordnet. Danach spielt er die Möglichkeiten durch, die Waage ins Gleichgewicht zu bringen: durch das gleiche Gewicht von 12 am Punkt D oder durch ein Gewicht von 6 am Punkt E usw. All diese Optionen werden simultan in der Figur angezeigt.

Bereits ein derart elementar angelegtes Beispiel führt eidetische und diagrammatische Aspekte zusammen. Im Abdruck des Holzschnitts kann man zum einen den räumlich angelegten Stab wahrnehmen. Es genügt die Kanten perspektivisch aufzufassen und die graphischen Schraffuren an Hand und Gewichtstein plastisch wahrzunehmen: Schon öffnet sich die bedruckte Seite zu einem kleinen imaginären Fenster, in dem eine quasi göttliche Hand aus den Wolken heraus mit dem *punctum gravitatis* experimentiert. Trotz einfacher graphischer Mittel kann man die verspielte Eleganz der gewellten Bänder und Knoten bewundern und sich vorstellen, wie der Stab im Prozess des Pendelns zur Ruhe gekommen ist.

Die Figur lässt sich aber nicht nur eidetisch betrachten, sondern auch diagrammatisch auswerten: Die gedruckte Form AB ist in acht gleich lange Abschnitte unterteilt und der Mittelpunkt C hervorgehoben. Man kann nachvollziehen, wie die graphische Form in einer solchen Konstruktion entstanden ist und wie ein plastischer Stab nach dem gleichen Muster unterteilt werden könnte. Ausgehend von den Erklärungen des Textes kann man sich dann die Bedingungen vorstellen, unter denen ein solcher Stab ins Gleichgewicht kommt. Die metrische Dimension dieser Bedingungen bleibt auf dem Papier proportional erhalten. Wer will, kann mit dem Zirkel nachmessen und mit dem Diagramm konstruktiv weiterarbeiten.

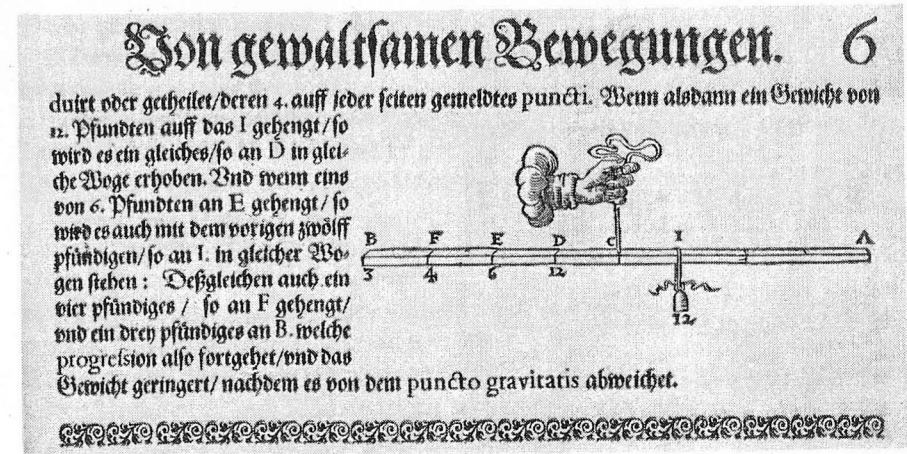


Abb. 1: Über die Wirkung des Gewichts, Figur zu Theorem X aus: Salomon de Caus, Von gewaltsamen Bewegungen, Frankfurt a. M. 1615, fol. 6 recto, oben.

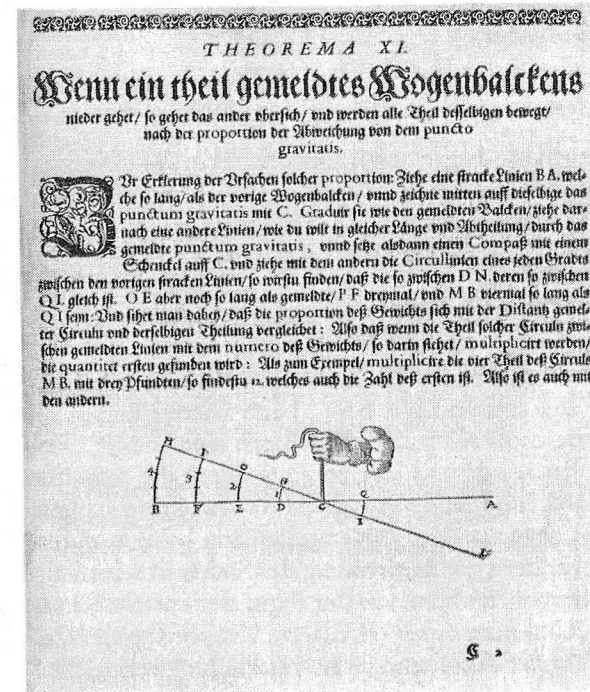


Abb. 2: Über die proportionale Auslenkung des Waagbalkens, Figur zu Theorem XI aus: Salomon de Caus, Von gewaltsamen Bewegungen, Frankfurt a. M. 1615, fol. 6 recto, unten.

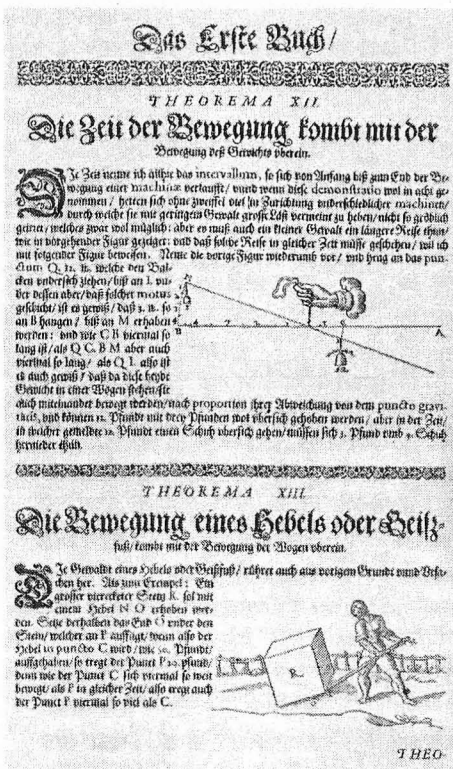


Abb. 3: Über die Bewegung von Waage und Hebel, Theorem XII und XIII aus: Salomon de Caus, Von gewaltsamen Bewegungen, Frankfurt a. M. 1615, fol. 6 verso.

Sowohl die bildlichen als auch die diagrammatischen Aspekte des Eingangsbeispiels werden in den folgenden Figuren des Maschinenbuchs von De Caus weiterentwickelt. Theorem XI, das auf der gleichen Seite platziert ist (Abb. 2) wiederholt die Figur in einem „diagrammatischeren Modus“: Die plastische Hand bleibt erhalten, der Balken ist jedoch auf eine Linie reduziert, genauer gesagt auf zwei Linien, die zwei alternative Stellungen angeben und diese vergleichbar machen. Jede Illusion von Raumtiefe wird dabei vermieden. Von Anfang an wird diese Figur im Modus der geometrischen Konstruktionsanweisung beschrieben: „Ziehe eine stracke Linie BA [...] und zeichne mitten auf dieselbige das punctum gravitatis mit C. [...] Ziehe danach eine andere Linie nach Belieben jedoch in gleicher Länge und Unterteilung durch das punctum gravitatis usw.“ Die Figur macht damit die geometrische Konstruktion explizit, die bereits der ersten eingeschrieben war. Die Zahlen sollen nun keine konkrete Gewichtsangaben mehr sein, sondern die Auslenkung des Stabes in seinen allgemeinen Proportionen bestimmen. So kann aus der Figur der entscheidende Lehrsatz abgeleitet werden: „Und man siehet [!], daß die Proportion des Gewichtes sich mit der Distanz besagter Zirkel und ihrer Unterteilung vergleicht.“

De Caus kann den Lehrsatz gar nicht besser als in diesem anschaulich gestützten Vergleich von Proportionen erläutern. Mit der kontrollierten graphischen Einschreibung sollen somit die Relationen aufgedeckt werden, die beim Handtieren mit Hebeln und Waagen unwillkürlich wirksam sind. Der Autor beansprucht gleichsam an die Stelle der göttlichen Hand treten zu können, die alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet hat.

Blättert der Leser um (Abb. 3), sieht er oben noch einmal die Figur aus Theorem XI mit nur kleinen Variationen. In der unteren Figur zu Theorem XIII wird dagegen die eidetische Komponente ausgebaut: Aus der abstrakten quasi-göttlichen Hand wird ein menschlicher Arbeiter, der mit zwei Händen zupacken muss, um einen Steinquader von der Stelle zu bewegen. Aus der idealen Ruhelage der pendelnden Waage wird der kontingente Moment einer dynamischen Drehbewegung. Und dennoch sollen die wirksamen Gründe und Ursachen dieselben sein und auch graphisch sichtbar bleiben. So erläutert der Text mit Bezug auf die Kennbuchstaben, dass sich die Kraft des Arbeiters, der den Hebel unter dem Stein ansetzt, nach dem Verhältnis der Strecken OP zu OC vermehren soll. Der Betrachter wird angehalten in den Modus der diagrammatischen Auswertung zu wechseln: Er kann den Stock auch als (unterbrochene) graphische Linie auffassen, die die beschriebenen Proportionsverhältnisse tatsächlich aufweist.

Abstraktion und Konkretisierung

Die Strategie, ein und denselben Zusammenhang in unterschiedlichen Darstellungsmodi vorzuführen, wiederholt sich an verschiedenen Stellen des Buches. So sieht man in den Figuren zu Theorem VI (Abb. 4) zweimal den Heronschen Brunnen oben in einer perspektivischen Ansicht, darunter in einem Riss, der die pneumatisch determinierten Relationen deutlicher herausarbeiten soll. Bereits Vitruv hatte in seinen Büchern über die Architektur terminologisch zwischen „ichnographia“, einem Verfahren, proportionale Grundrisse zu zeichnen, „orthographia“, dem entsprechenden Aufrissverfahren und „scenographia“, einer perspektivischen Darstellungsweise unterschieden.²⁶ Im Maschinenbuch von Salomon de Caus finden sich viele Beispiele für den Einsatz komplementärer Darstellungsweisen.²⁷ In der Vorrede „an den guenstigen Leser“ wird das Verfahren so kommentiert:

„Daß ich aber in meinen Diskursen über die Figuren oder Abriß etwas lang und bisweilen ein Ding zum zweiten mahl oder auch auf andere Weise wiederhole ist solches nicht ohne Ursach geschehen: Nemblich damit ich der ich jederman damit

²⁶ Vgl. Lefèvre 2002 (wie Anm. 17), S. 115.

²⁷ Vgl. Holländer, Hans: Spielformen der Mathesis universalis. In: Ders. 2000 (wie Anm. 16), S. 325–345, bes. 336.

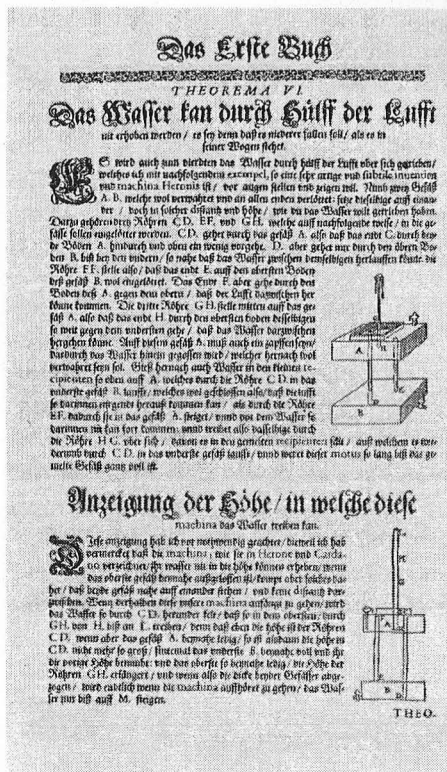


Abb. 4: Über das Heben von Wasser durch Luft, Theorem VI aus: Salomon de Caus, Von gewaltsamen Bewegungen, Frankfurt a. M. 1615. fol. 4 verso.

mer Bewegungen“ (wie es im Titel heißt) in einem Labyrinth graphischer Kontakte zurückverfolgen und vom ersten Beweger her ableiten zu können. Die Bewegung von der diagrammatisch bestimmten Relation zu ihrer eidetischen Anreicherung und Zusammenfassung steht für den komplementären Anspruch, den Bereich von Papier und Druckerschwärze verlassen und das Wissen in konkrete Anwendungen umsetzen zu können. Eine solche Kompetenz wird durch das bebilderte Buch nicht direkt unterstützt, sondern repräsentiert. Es leitet nicht zur arbeitsteiligen Fertigung an, sondern ist selbst das Ergebnis einer komplexen Arbeitsteilung.

Das Maschinenbuch ist somit ein Medium, in dem der Ingenieur seine Kompetenz der Erfindung präsentiert und dem Mäzen Macht über die Dinge verspricht, ohne dass diese Darlegung zum Ausgangspunkt einer Umsetzung in schwereren Materialien hätte werden müssen. Das Ziel ist erreicht, wenn die Maschinen nach den angegebenen Regeln auf die in ihnen wirksamen Bewegungen und Prinzipien hin angeschaut werden. Anders als die moderne Konstruktionszeichnung haben die Kupferstiche nicht den Status eines Plans, der zwischen getrennten Arbeitsschritten und Berufsgruppen vermitteln sollte. Sie schaffen ein Schaubuch, dessen Faszination literarisch-rhetorisch interessierte Kreise ebenso wie handwerklich-technisch orientierte Gruppen erreichen sollte: In erster Linie sind die Bücher damit als Schulen des Sehens angelegt, die dazu anhalten, ein und dieselbe Form einmal eidetisch und einmal diagrammatisch wahrzunehmen. Die Mathematik für Potentaten kennt keine bessere Strategie, das eigene Wissen zu begründen und die vorgeführten Erfindungen schmackhaft zu machen.

Räderturm und Rechenturm

Wie weit das Schaubuch von de Caus damit noch immer dem Sammlungsprinzip der überraschenden visuellen Analogie verpflichtet ist, will ich nun an zwei herausragenden Beispielen aufzeigen. Theorem XVI nimmt eine Sonderstellung innerhalb des Buches ein (Abb. 5). Hier wird das Layoutprinzip eingeführt, das für die folgenden Teile der Problemata verbindlich bleiben wird: Eine Tafel mit einem Kupferstich steht einer gedruckten Schriftseite gegenüber.

Für die Ausführung der Kupfertafeln verpflichtet de Caus die damals führenden Kräfte. Einige Stiche tragen die Signatur von Peter Isselberg (um 1580 – nach 1630 gestorben). Joachim Sandrart bezeichnet den Stecher, bei dem er zeitweise in die Lehre ging, als „den zu seiner Zeit berühmtesten deutschen Künstler“.29 Wahrscheinlich übertreibt er etwas, um sich selbst als Schüler aufzuwerten. Johann Jacob Merlo, der Ende des 19. Jahrhunderts einen älteren Werkkatalog überarbeitet, führt 430 Stiche Isselbergs auf.30 Er unterscheidet

zu dienen gemeint desto besser, wo nicht auf eine, doch auff die andere Weise verstanden werde.“28

De Caus rechnet offenbar mit einem heterogen zusammengesetzten Publikum, das sich in unterschiedlichem Maß für die eidetischen und diagrammatischen Aspekte der Figuren interessiert. Dennoch kann man seine Aussage in dem Sinn ergänzen, dass diejenigen in den vollen Genuss der Lektüre kommen, die die Figuren auf die eine und die andere Weise verstehen können. Denn so können die komplementären Verfahren der Abstraktion und Konkretisierung nachvollzogen werden, mit denen diese Mathematik für Potentaten Wissen begründet und die Kompetenz der Erfindung beansprucht: Mit der Bewegung vom eidetischen zum diagrammatischen wird der Anspruch erhoben, Maschinenteile aufeinander beziehen und konkrete Abläufe aufgrund allgemeiner Prinzipien vorhersagen zu können. Nicht immer müssen diese Relationen metrisch bestimmt sein. Oft beschränkt sich der Anspruch darauf, die Ursache „gewaltsa-

29 Sandrart, Joachim: *Teutsche Academie der Bau-, Bild und Malererey-Künste*. Nürnberg 1675-1680, (Reprint: Nördlingen 1994), Bd. I, Th. II, S. 357.

30 Merlo, Johann Jacob: *Kölnische Künstler in alter und neuer Zeit*. Köln 1895.

28 Caus 1615 (wie Anm. 20), Vorrede.

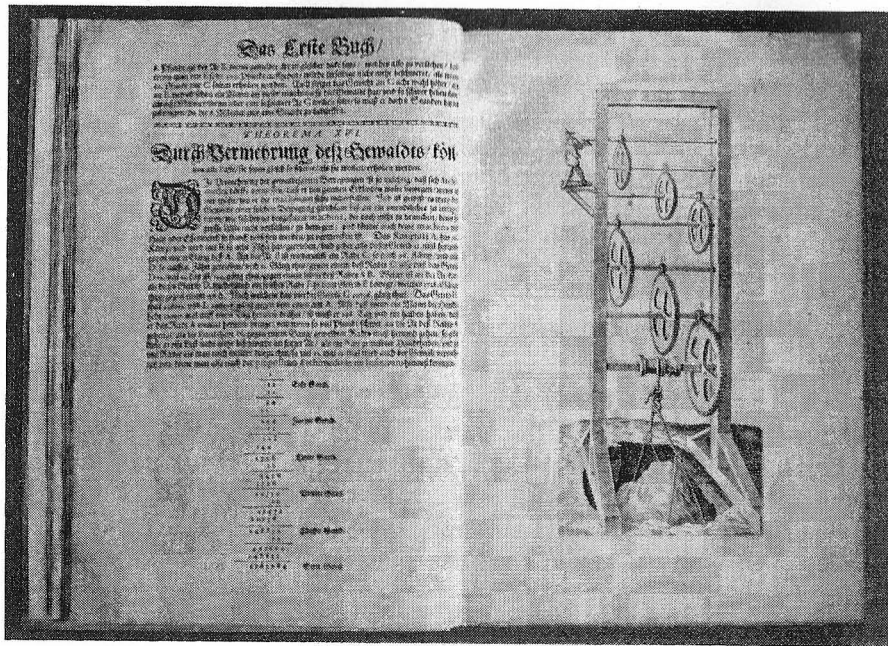
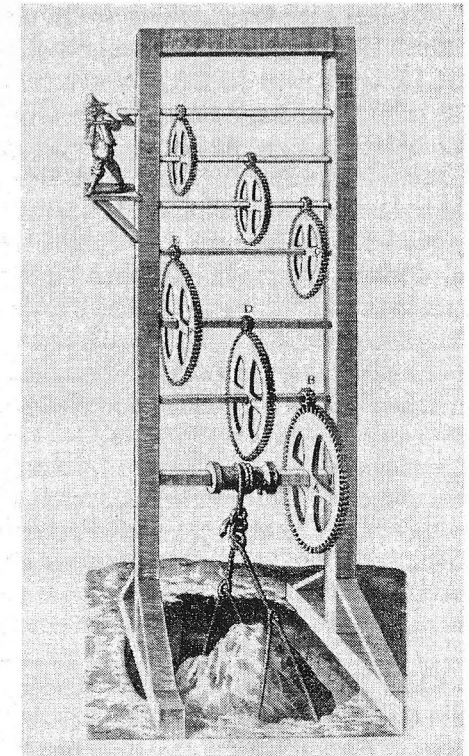


Abb. 5: *Rechenturm und Räderturm*, Theorem XVI aus: Salomon de Caus, *Von gewaltsamen Bewegungen*, Frankfurt a. M. 1615, fol 6 verso und 7 recto.

„geistliche Vorstellungen“ wie die Kupferstiche der 12 Apostel, „geschichtliche und andere profane Darstellungen“ wie die große, dem Kaiser Matthias bei seiner Rückkehr errichtete Triumphpforte, ferner „Ansichten, Bildnisse geistlicher und weltlicher Personen, Wappen und verschiedene Gegenstände“. Als profane Darstellung wird unter der Nr. 222 das Titelblatt für die „*Geometria practicae novae et auctae*“ des Daniel Schwenter, Nürnberg 1629 aufgeführt. Es ist der einzige Hinweis auf das Engagement Isselbergs bei der Bebilderung geometrischer und mechanischer Lehrbücher. Auch hier hat die Arbeitsteilung zwischen Kunst- und Technikhistorikern Lücken in die Werkverzeichnisse und Zusammenstellung historischer Quellen gerissen.

Für die hohe Qualität der Kupferstiche ist der abgebildete Räderturm durchaus beispielhaft (Abb. 6): In feinen Schraffuren und dezenter perspektivischer Anlage erstelt vor den Augen des Lesers ein phantastisches, stufenförmig angelegtes Getriebe. Man sieht ein Männlein auf einem Podest, das scheinbar ohne große Anstrengung eine Kurbel dreht. Über eine Reihe von Zahnrädern soll diese Kraft so vermehrt werden, dass am Ende ein riesiger Felsbrocken ein Stück weit aus einem Erdloch gehoben wird. Wir wissen nicht, wie der Herr auf seine Plattform gelangt ist, und was mit dem Klumpen geschehen soll, der gar

Abb. 6: *Räderturm*, Kupferstich zu Theorem XVI aus: Salomon de Caus, *Von gewaltsamen Bewegungen*, Frankfurt a. M. 1615, fol 7 recto.



nicht weit genug aus dem Erdloch gehoben werden kann: Was zählt ist das Gedankenexperiment, das die willkürlich gesetzten Randbedingungen auf determiniertem Weg verbindet.

Die Maschine versetzt ein kompliziertes Räderwerk, wie es im Bereich von Uhren zum Einsatz kam, in den Bereich der Hebekräne.³¹ Der Ingenieur beansprucht, sich in die phantastische Maschine gleichsam „einfühlen“ oder zumindest gedanklich hineinversetzen zu können. Jede Drehbewegung eines Rades kann aus der anderen gedanklich abgeleitet und bestimmt werden. Wenn sich A so oft bewegt hat, hat sich B so oft bewegt. Wenn C sich so oft bewegt hat, hat sich auch D so oft bewegt usw. Daraus folgt mit diagrammatischer Strenge auch ein bestimmtes Verhältnis von A zu D. Der komplexe Aufbau kann in viele Teiloperationen zerlegt und Schritt für Schritt durchgegangen werden.

31 Die Figur wird 1629 in J.S. Delmedigos *Sefar Elim* wiederholt und 1708 in John Wilkins, *Mathematical Magic*, London, vgl. Bacher, Jutta: „Ingenium vires superat“. Die Emanzipation der Mechanik und ihr Verhältnis zu Ars, Scientia und Philosophia. In: Holländer 2000 (wie Anm. 16), S. 519-555, bes. 537-38.

Im Text wird einschränkend vermerkt, dass die Vermehrung der Kraft ins beinahe Unendliche nur zu imaginieren, in der Praxis aber nicht zu gebrauchen sei. Dennoch wird das Gedankenexperiment konkretisiert: jedes große Rad soll 96, jedes kleine Rad 8 Zähne haben. Die Zahnräder sind somit jeweils mit einer Übersetzung von 1:12 hintereinander geschaltet. Das gibt bei sechs Übersetzungen rein rechnerisch eine Kraftvermehrung um das $12 \times 12 \times 12 \times 12 \times 12 \times 12$ fache. Diese Rechnung wird im unteren Teil der linken Textseite in einem algebraischen Rechenturm ausgeführt (Abb. 5). Am Ende steht die unvorstellbar große Zahl einer 2.985.984fachen Vermehrung der Kraft. Der Arbeiter müsste also knapp 3 Millionen Mal seine Kurbel drehen, bis die Achse, an der der Stein aufgehängt ist, sich einmal um die eigene Achse gedreht hat.

Es gibt eine lange Tradition der Logik, das algebraische Kalkül vom geometrischen Beweis abzusetzen und die Vorteile der symbolischen Formel zu betonen. In dieser Tradition stehen etwa der eingangs zitierte Joseph-Louis Lagrange und seine analytische Mechanik. Ganz anders Salomon de Caus, dessen „Mathematik für Potentaten“ sich über den Gegensatz hinwegsetzt. Denn so wie Maschinenbilder geometrischen Figuren gleichen können, können sie auch einem algebraischen Rechenturm gleichen. Das ist das Rätsel, das der Leser auf dieser Doppelseite entdecken kann (Abb. 5). Der Rechenturm sieht dem Räderturm auf eine überraschende Weise ähnlich: Aus den Summenstrichen, die die einzelnen Abteilungen der Rechnung abgrenzen, werden die Achsen von Rädern. Aus zwei zu multiplizierenden Zahlen werden zwei verzahnte Räder des Getriebes. Aus den aufeinander abgestimmten Positionen im Stellenwertsystem, die aufeinander abgestimmten Positionen im Getriebe usw. Die visuelle Analogie wird noch hervorgehoben, indem sich die Räder wie die Zahlen von oben nach unten vergrößern. Die Notation erscheint virtuell in das Maschinenbild hineingeschrieben. Der Rechenturm erscheint als visuelle Abstraktion des Räderturms.

Das Beispiel baut auf dem Modus der Argumentation auf, in dem die Bücher insgesamt gehalten sind: Die wissenschaftliche Fundierung der Entwürfe soll in visuellen Analogien zwischen abstrakten graphischen Einschreibungen und ausgearbeiteten Bildern erklärt werden. Das Besondere an diesem Beispiel ist, dass das Pendant zum Maschinenbild keine Lehrfigur der geometrischen Mechanik, sondern ein Kalkül der Algebra ist. Es ist daher auch offen, was aus der Engführung von technischem und graphischem Denken gefolgert werden kann. Es entsteht eine metaphorische Beziehung, die man im Moment der Entdeckung nicht annähernd zu Ende denken kann: Kann man den Charakter der Zahlenketten, die in einem graphischen Kalkül nach einfachen Regeln geformt werden, besser verstehen, wenn man sie im Bild der Maschine denkt?³² Kann

32 Vgl. Krämer, Sybille: *Berechenbare Vernunft*. Berlin 1991 und zusammenfassend Krämer, Sybille: Kalküle als Repräsentation. Zur Genese des operativen Symbolismus in der Neuzeit. In: Rheinberger, Hans Jörg / Hagner, Michael / Wahrig-Schmidt, Bettina: *Räume des Wissens*. Berlin 1997, S. 111-122.

man die Möglichkeiten der Maschine besser verstehen, wenn man sie nicht als Konkretisierung einer geometrischen Form, sondern als mechanische Implementierung eines algebraischen Kalküls versteht?

Wenige Jahre nachdem Salomon de Caus sein Maschinenbuch publiziert, bauen Heinrich Schickhard und Blaise Pascal unabhängig voneinander die ersten mechanischen Rechenmaschinen.³³ Das Kalkül mit Ziffern im Stellenwertsystem wird in ein Räderwerk umgesetzt, dessen Stellungen symbolisch interpretiert werden können. In der metaphorischen Analogie, die das Maschinenbuch von Salomon de Caus stiftet, ist diese Idee bereits angelegt. Umgekehrt kann auch die Beschreibung von mechanischen Relationen mit algebraischen Formeln, so wie sie Lagrange realisieren wird, bereits als wünschenswertes Ziel erscheinen. Das Beispiel macht auf das reale Potential einer graphischen Einschreibung aufmerksam: Sie kann klüger sein (oder machen), als derjenige ist, der sie hervorgebracht hat. Sie kann nicht nur Erfindungskraft dokumentieren, sondern effektiv Erfindungskraft freisetzen.

Mit der gewagten Analogie bewegt sich de Caus freilich auf einer unscharfen Grenzlinie zwischen „Fuchsschwänzer“ und Besserwisser. Die Problemstellung geht dann auch von der Hybris des Archimedes aus, der sich vermessen habe, die ganze Welt aus den Angeln heben zu können. Genau diese Vermessenheit gehört zum visuellen Reiz der Mathematik für Potentaten, denen versprochen wird, die Welt mit der Leichtigkeit eines mathematischen Kalküls bezwingen zu können.

Notenbild und musikalische Walze

Es gibt ein weiteres Beispiel im Maschinenbuch von Salomon de Caus, in dem abstrakte Notationen und Maschinenbilder aufeinander bezogen sind. Der Prozess der Erfindung ist hier bereits abgeschlossen. Entsprechend minutiös kann der Übergang in vier Kupferstichen dargestellt werden. Den Anfang macht Problem 25 mit dem Bild einer musikalischen Walze, die eine Klaviatur bedient und dadurch wie es der Titel ausführt „eine Schalmay-Melodia durch Trib des Wassers zu wegen“ bringt (Abb. 7)

Der Anfang des Liedes, der dabei erklingen soll, ist in eng gesetzten Notenlinien in die linke Textseite hineinmontiert. Ähnlich wie beim Rechen- und Räderturm kann der aufmerksame Leser bereits hier eine visuelle Analogie zwischen den graphisch auf das Papier gesetzten Noten und den im Bildraum gesetzten Zapfen der Walze erkennen. Diese Analogie wird auf den folgenden Seiten in drei weiteren Kupferstichen ausgeführt. Problema XXVIII zeigt einen ganz ähnlichen Musikautomaten (Abb. 8). Die Differenz der Maschinen ist wie

33 Vgl. ebenda und Dotzler, Bernhard: *Papiermaschinen. Versuch über Communication & Control in Literatur und Technik*. Berlin 1996.

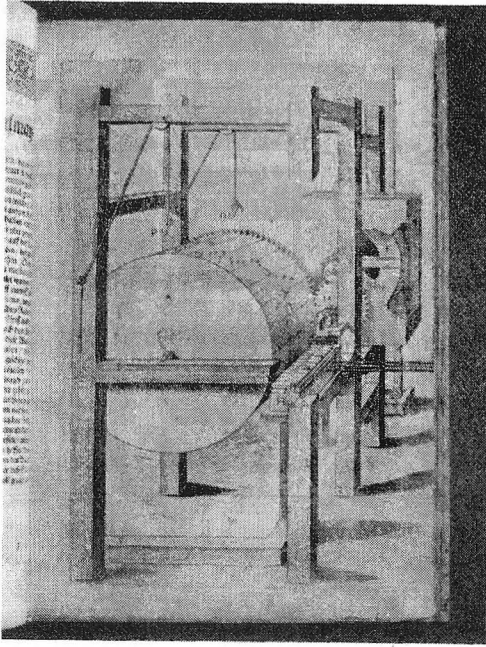


Abb. 7: *Musikalische Walze in Seitenansicht*, Kupferstich zu Problem XXV aus: Salomon de Caus, *Von gewaltsamen Bewegungen*, Frankfurt a. M. 1615, fol. 33 recto.

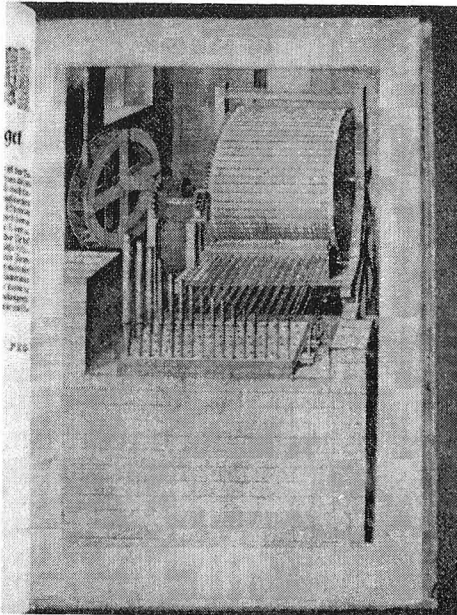
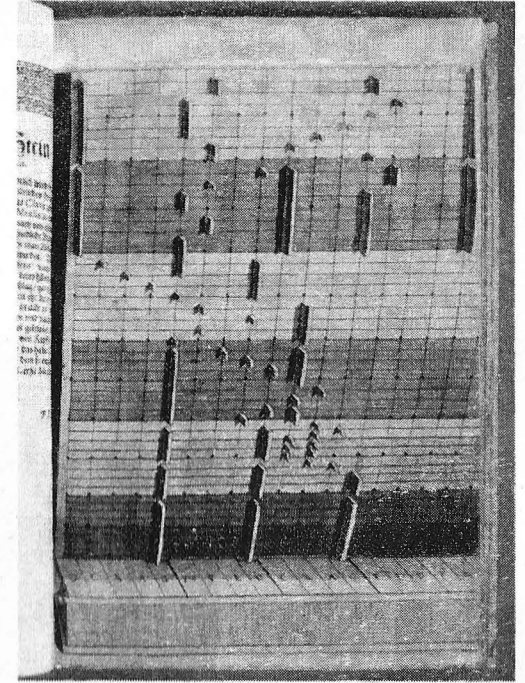


Abb. 8: *Musikalische Walze in Frontalansicht*, Kupferstich zu Problem XXVIII aus: Salomon de Caus, *Von gewaltsamen Bewegungen*, Frankfurt a. M. 1615, fol. 36 recto.

Abb. 9: *Detail einer Steinwalze*, Kupferstich zu Problem XXX aus Salomon de Caus, *Von gewaltsamen Bewegungen*, Frankfurt a. M. 1615, fol. 38 recto.



de Caus vermerkt gering. Den größten Unterschied macht der Wechsel des Blickwinkels: „Denn die vorige steht seitlings / diese aber stracks vor dem Gesicht.“ Mit der Drehung wird die Fläche der Steinwalze relativ unverkürzt in das Bild gesetzt. Damit wird deutlicher, dass die Walze im Grund einem eingerollten Papier gleicht, auf dem der Mechaniker die Noten wie auf einem Notenpapier setzen kann. Diese Analogie wird in den beiden folgenden Kupferstichen noch eindrücklicher vor Augen geführt.

In einem kühnen Ausschnitt wird in der folgenden Figur (Abb. 9) der untere Teil der Steinwalze formatfüllend ins Bild gesetzt. De Caus schreibt dazu: „Damit die vorige im 28. Problemate vorgestellte Machina eygentlich werde verstanden, hab ich ein theil des Steinrades in seiner eygenen und natuerlichen Groesse hierher setzen wollen.“ Durch das Ausblenden des räumlichen Kontextes kippt das Bild der Walze in ein relational zu lesendes graphisches Gitter. Damit wird einsichtig, wie die Zapfen unmittelbar aus der Notation des Stückes hervorgehen: Man muss sie nur gedanklich um 90° drehen. Aus den vertikalen Linien, die auf eine bestimmte Taste zielen, werden dann die horizontalen Linien der Notenschrift. Aus der horizontalen Einteilung in Mensuren, die durch Schattierung voneinander abgehoben sind, werden vertikale Taktstriche. Die Zapfenlängen müssen in anders kodierte Notenlängen übersetzt werden. Den konsequenten Abschluss dieser optischen Metamorphose ist dann auch auf der



Abb. 10: Erste Seite des Madrigals „Che fera fed al cielo“ von Peter Philips, aus: Salomon de Caus, Von gewaltsamen Bewegungen, Frankfurt a. M. 1615, fol. 38 verso.

folgenden Seite zu sehen (Abb. 10): Dort ist das Madrigal von Peter Philips (ca. 1560–1633) in Notenschrift gesetzt, dessen erste sechs Takte auf der Walze zu sehen sind. Bereits der vergleichbare Gesamteindruck der Seiten lässt das Setzen von Noten auf dem Notenpapier als Analogon zum Setzen von Zapfen in das Raster der Walze erscheinen. Man kann die Übertragung der ersten sechs Takte aber auch Note für Note überprüfen. Zu beachten ist, dass der erste Taktstrich in der Notation fehlt.

Die graphisch zu entdeckende Analogie hat in diesem Fall nicht den Charakter einer offenen oder nur halb verstandenen Metapher: Bereits der Baumeister solcher Maschinen muss gelernt haben, wie man den Transfer vom Notenpapier zur Notenwalze handhaben muss. Im Buch wird dieser Prozess wieder rückgängig gemacht. Die Partitur begegnet der Walze im eigenen Medium des Kupferstichs wieder. Diese Nivellierung von semiotischen Differenzen ist nach beiden Seiten hin aufschlussreich. Der Leser kann nicht nur nachvollziehen, nach welchem Prinzip eine solche Walze gefertigt ist, er kann auch über das diagrammatische Prinzip der Notenschrift nachdenken.³⁴ In bei-

³⁴ Zu verschiedenen Formen der Notation vgl. Elkins, James: *The Domain of Images*. Ithaca/London 1999, bes. S. 74–80, gegen Goodmans Notationsbegriff, jedoch ohne klare Unterscheidung zwischen imaginativen und operativen Funktionen.

den Fällen werden die Relationen von Tönen, ihre Abfolge, Dauer und Höhe in räumliche Relationen übertragen. Die Relationen sind, wie es für das diagrammatische Prinzip typisch ist, auf eine operative Umsetzung hin angelegt. Die Partitur kann in Bewegungen des Musikers umgesetzt oder über eine entsprechend gesetzte Walze automatisch in Musik verwandelt werden.

Zusammenfassung

Man sollte die visuelle Qualität der barocken Maschinenbücher sehr ernst nehmen. Sie sind nicht nur Wegbereiter einer neuen mathematischen Mechanik oder eines systematisierten Maschinenbaus, auch wenn die Rezeptionsgeschichte tatsächlich diesen Weg eingeschlagen hat.³⁵ In ihrem primären historischen Kontext haben sie eine eigene Form der visuellen Argumentation entfaltet, die an die Mysterien der Repräsentation rührt und eine Mathematik für Potentaten entwirft. Der Leser durchläuft eine Schule des Sehens, in der er erkennen soll, wie das Bild der Dinge ein verallgemeinerbares Wissen in sich birgt. Er erlernt einen Blick, der spielerisch zwischen einer eidetischen und diagrammatischen Einstellung, und damit der Bereitschaft zu Schauen und zu Handeln hin- und herwechselt. Auch überraschende visuelle Analogien folgen diesem Prinzip: Mit großer Virtuosität werden Bilder, Diagramme und Notationen als verwandte Formen graphischer Einschreibung behandelt und vorgeführt. Im Buch zielt das nicht auf eine direkte operative Umsetzung ab. Vielmehr wird die Kompetenz der Umsetzung repräsentiert und als Teil der herrschaftlichen Machtfülle ausgewiesen.

Verschiedene Produzenten und Rezipienten, technische und literarische Kreise, konnten sich für diese Form des Sehens gleichermaßen begeistern. De Caus mag überzeugt gewesen sein, tatsächlich Räume des Wissens in solchen Blickwechseln bauen, verstehen und manipulieren zu können. Mächtige Potentaten mögen gehofft haben, an der Spitze solcher Welten zu stehen und den Schlüssel zu ihrem determinierten Funktionieren in Händen zu halten. Literaten werden stärker als die anderen das Buch wahrgenommen haben, das zum Träger solcher Vorstellungen wird. Eine kunsthistorische Diagrammatik sollte an ihrer Sichtweise anknüpfen.

³⁵ Khaled, Sandrina: Pikturale Graphismen der Technik, 1569–1870. In: *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 1.1, 2003, S. 64–78.