

1569 auf einer Weltkarte angewendet. Seine Söhne und Enkel wurden ebenfalls in die kartograph. Offizin eingebunden, wo sie an Gerhard Mercators größtem Werk, dem postum erschienenen Atlas von 1595 mitgearbeitet haben.

Seit dem 16. Jh. erschienen Werke zur »praktischen Geometrie«, in denen auch verschiedene trigonometr. Methoden zur Landvermessung erklärt wurden. Die astronom. Methoden konnte man der schon erwähnten »Cosmographia« von Peter Apian entnehmen. Dieses Werk hat mit über 60 Auflagen eine phantast. Verbreitung erreicht, nicht gerechnet anonyme Nachdrucke und Plagiate. Die Autoren der theoret. Traktate waren überwiegend Universitätsprofessoren für Mathematik. Die meisten dt. Kartographen des 16. und beginnenden 17. Jh.s entstammten diesem Milieu. Sie rühmten sich merkwürdigerweise auch, ihre Karten mit geometr. Methoden hergestellt zu haben. Die Ungenauigkeit ihrer Karten spricht allerdings dagegen, daß Geometrie und Astronomie zur Anwendung gekommen sind. Davon mögen die Strapazen abgehalten haben, mit denen eine Landvermessung verbunden war. Der junge Philipp Apian war sieben Sommer lang mit den Geländearbeiten beschäftigt. Gerhard Mercator hat die Geländearbeiten nach einer schweren Erkrankung aufgegeben. Die Gerichte beauftragten häufig einheim. Maler, Lageskizzen – ohne jegl. geometr. Grundlage – von strittigen Gebieten oder Situationen anzufertigen, womit eine Ortsbesichtigung vermieden werden konnte. Heinrich Rantzau, der dän. Gouverneur der Hzm.er Schleswig und Holstein, nahm den bis dahin als Hirte tätigen Reimers Ursus in Dienst, um bei der Kartierung des Landes, die zu seinen Aufgaben gehörte, mitzuarbeiten. Er hat die Begebung Reimers' entdeckt und gefördert. Die Karte ist nicht erhalten.

→ Farbtafel 126; Abb. 241

→ A. Reise → B. Sammlungen

**Q.** Philipp Apian, Bairische Landtafeln XXVIII, Ingolstadt 1568 (Faksimile in: Philipp Apian 1989). – Gerhard Mercator, Atlas Sive Cosmographicae Meditationis De Fabrica Mundi et Fabricati Figura, Düsseldorf 1595. – Claudius Ptolemaeus, Geographie (Kosmographie), Bologna 1477. – LINDGREN, Uta: Die Geographie des C.P.

in München. Beschreibung der gedruckten Exemplare der Bayerischen Staatsbibliothek, in: Archives internationales d'histoire des sciences 35 (1985). – Johannes Turmair (genannt Aventinus), Bayerische Chronik, Bd. 1, hg. von Matthias LEXER, München 1883, Bd. 2, hg. von Matthias LEXER, München 1886.

**L.** BAGROW, Leon/SKELTON, Raleigh Ashlin: Meister der Kartographie, 5. Aufl., Berlin 1985. – Gerhard Mercator: 1512–1594 zum 450. Geburtstag, hg. von Günther von RODEN, Duisburg-Ruhrort 1962. – Gérard Mercator Cosmographe – le temps et l'espace, hg. von Marcel WATELET, Antwerpen 1994. – Vierhundert Jahre Mercator. Vierhundert Jahre Atlas. Eine Geschichte der Atlanten, hg. von Hans WOLFF, Weisshorn 1994. – Philipp Apian 1989. – REICH, Ulrich: Johann Scheubel und die älteste Landkarte von Württemberg 1559, Karlsruhe 2000. – WOLF, Armin: Ikonologie der Ebstorfer Weltkarte und politische Situation des Jahres 1239. Zum Weltbild des Gervasius von Tilburg am Welfischen Hofe, in: Ein Weltbild vor Columbus. Die Ebstorfer Weltkarte – Interdisziplinäres Colloquium 1988, hg. von Hartmut KUGLER im Zusammenarbeit mit Eckhard MICHAEL, Weinheim 1991, S. 54–116. – WOLFF, Hans: Peter Apian, Wegbereiter der Kartographie, und Von Johann Aventin zu Philipp Apian, in: Bayern im Bild der Karte. Cartographia Bavariae (Ausstellungskatalog), Weisshorn 1988.

Uta LINDGREN

## Mechanik[er]

(vom griech. *méchanika*, spätlat. *mechanica*, Lehre von Bewegung und Gleichgewicht der Körper, Maschinenkunde; abweichend davon der früh- und hochma. Gebrauch *artes mechanicae*, die zahlreiche handwerklich-gewerbl. Tätigkeiten umfaßten, einschließl. Handel, Medizin und Theaterspiel; unter dem Einfluß des Humanismus Rückkehr zum antiken Sprachgebrauch, z. B. *libri mechanicorum*)

Zahnräder als entscheidendes Maschinenelement für die Übertragung von Bewegung sind seit dem Hellenismus (ab 3. Jh. v. Chr.) nachweisbar. Die Maschine, mit der sie in die mechan. Praxis eingeführt wurden, ist die Mühle, die vermutl. zuerst mit einem im fließenden Wasser liegenden Rad arbeitete. Mit dem stehenden Wasserrad wurde eine Kraftübertragung von der horizontalen Welle des Wasserrades auf die vertikale des Mühlsteines notwen-

dig: das erste Getriebe. Mit diesem Erbe arbeitete und wucherte das frühe MA. Mühle resp. mahlen ist dabei generell der Ausdruck für die künstl. Kreisbewegung: sowohl für den Antrieb (im Wasser, später auch durch Wind) als auch bei der Maschine, die Arbeit verrichtet: zuerst der Getreide- und Ölmühle. Bis ins 11. Jh. wurde das Schaufelrad ins fließende Wasser gehängt (unterschlächtiger Antrieb), dann leitete man das Wasser von oben auf die Schaufeln (oberschlächtiger Antrieb). Zu weiterer Effektivitätsverbesserung wurden die Räder vergrößert (Hebelwirkung). Schiffs- und Brückenmühlen in großen Flüssen arbeiteten weiterhin unterschlächtig. Mit einer geeigneten Übersetzung konnte die Geschwindigkeit zw. dem Schaufelrad und der Maschine verlangsamt oder beschleunigt werden. Eine rundlaufende Welle war auch in der Schleifmühle erwünscht.

Durch Anbringen von Noppen auf der Antriebswelle konnte ein Hammer oder ein Stampfer senkrecht aufgehoben werden, bis er durch sein eigenes Gewicht herabfiel, um dann erneut aufgehoben zu werden. Diesen Mechanismus nutzte man zum Walken, zum Stampfen von Pulver, im Pochwerk zum Zerkleinern von Erz und beim Schwanzhammer in der Schmiede. Bei Villards Sägewerk wird die nach abwärts gerichtete Sägeleistung durch die Drehbewegung der Mühlwelle erbracht, während der durch die Noppe bewirkten Unterbrechung wird das Sägeblatt durch die Federwirkung eines jungen Baumstammes wieder nach oben geholt; gleichzeitig wird der Stamm automat. vorwärts geschoben. Hier dürfte es sich um eine der ersten automat. Maschinen handeln.

Eine in einem Wagen untergebrachte Maschine, *hodometer* gen., die es erlaubte, Entfernungen zu messen, kommt schon bei Vitruv vor, scheint aber wg. ihrer Aufwendigkeit nur an Höfen Verwendung gefunden zu haben (im merkantilen Bereich wurden die Wegstrecken aus der benötigten Zeit errechnet). Mit einer Radachse des Wagens war der Mechanismus so verbunden, daß eine mit einem Loch versehene Scheibe sich unter einem Behälter mit Kugeln in derselben Geschwindigkeit wie die Räder drehte und pro Umdrehung eine Kugel in einen darunterliegenden Behälter fiel. Aus der Zahl der

Kugeln und dem Radumfang konnte dann die zurückgelegte Strecke berechnet werden. Die Kugeln mußten allerdings unterwegs gezählt werden, wozu junge Frauen mitgeführt wurden.

Mühlen wurden seit dem 14. Jh. die zentralen Maschinen, um Wasser z. B. aus Brunnen und Bergwerksschächten zu heben. Nicht immer stand hierbei Wasser als Energiequelle zur Verfügung. Der Antrieb geschah dann mit einem horizontalen Rad (Göpel) durch Tiere oder mit einem vertikalen Tretrad durch Menschen. Bei dieser sehr alten Technik brauchten keine Zahnräder zum Einsatz zu kommen, ebenso wenig wie bei Kränen zum Versetzen von schweren Lasten, die mit Treträdern betrieben wurden. In Verbindung mit Flaschenzügen, die ebenfalls schon auf eine antike Erfindung zurückgingen, konnten prakt. unbegrenzte Lasten gehoben und gesenkt werden. In den techn. Enzyklopädien erscheinen die Flaschenzüge erst in der 2. Hälfte des 15. Jh.s, also erstaunl. spät. Vorher dominierten Balkenkräne, deren Hebelwirkung man nutzte.

Eisen war lange nur bei Werkzeugteilen in Gebrauch, allmähl. aber auch bei ganzen Maschinen. Eindeutig ist dies bei den Drehbänken, Drechselmaschinen, bei denen es sich um zunehmend komplexe Präzisionsmaschinen handelte, seit dem beginnenden 16. Jh. der Fall, da hierbei ganz andere Kräfte auftraten. Die Maschinen, die an zahlreichen Fürstenhöfen der frühen Neuzeit aufgestellt waren und von den Fs.en selbst mit erstaunl. Geschick zur Elfenbeinschnitzerei betrieben wurden, ermöglichten sowohl die Rotation des Schnitzwerkzeuges (support) als auch des Werkstücks. Letzteres führte zusätzl. zur gradlinigen Rotation noch eine quer und eine längs zur Rotationsachse laufende Bewegung aus. Das Schnitzwerkzeug konnte präzise mechan. verstellt und (durch Patronen oder Rosettenräder) programmgesteuert werden. Der Antrieb erfolgte durch ein Tretrad (wie bei der Töpferscheibe und beim Spinnrad) verbunden mit einer Wippe (wie beim Drillbohrer), im 17. Jh. zunehmend mit einem Schwungrad verbunden. Ausschließl. für den Antrieb benötigte der drechselnde Fs. einen Helfer. Ein besonderer Ehrgeiz waren dünnwandige und ineinander verschachtelte Gefäße, die häufig

nicht in der eigenen Kunstkammer landeten, sondern als Geschenke dienten.

Einen Höhepunkt erreichte ma. Mechanik mit den mechan. Räderuhren, die zunächst mit Wasserantrieb versucht wurden. Seit der Mitte des 14. Jh.s funktionierten Räderuhren mit Gewichtsantrieb dank einer ausgeklügelten Hemmung. Dies waren zieml. große Eisenkonstruktionen die auf Türmen angebracht wurden und von dort aus weit vernehmbar die Stunden schlugen. Die ältesten Exemplare sind aus England belegt (1284–91), dann folgte Italien. Der frz. Kg. Karl V. ließ 1362 eine Räderuhr an seinem Pallast anbringen, 1370 ordnete er an, daß alle anderen Pariser Uhren sich nach dieser richten sollten. In Dtl. ging die öffentl. Zeitbestimmung nicht vom Ks. aus, der ja noch keine feste Res. unterhielt, sondern von Städten und Kirchen, wo ohnehin der unmittelbare Nutzen für die Stundengebete am raschesten evident war. Mit den Uhren begann die Regeltechnik.

Schon im 14. Jh. drehten sich Figuren mit dem Räderwerk, auch erste Versuche zu astronom. Uhren wurden unternommen, die jedoch über längere Zeiträume an der geozentr. Konzeption und an der Diskrepanz zw. den Kreisbewegungen der Zahnräder im Uhrwerk und den in Wirklichkeit ellipt. Bewegungen der Himmelskörper scheiterten. Die frühen Uhren bedurften im übrigen häufiger Korrektur wg. großer Ungenauigkeit. Als Maß galt die Sternenuhr (*nocturlabium*), mit der man die Ortszeit genau feststellen konnte. Die »Zeitangabe« einer Sonnenuhr mußte korrigiert werden, um genau zu sein, was aber vermutl. in der Regel nicht geschah.

Mechan. Verbesserungen wurden während der folgenden Jh.e in erster Linie durch exakte Ausführung erreicht. Die Einführung der Feder als Antrieb hatte zwar kleinere und sogar transportable Uhren ermöglicht, aber nicht der Genauigkeit gedient. Einscheidende Veränderungen gelangen dem genialen Jost Bürgi (1552–1632), der von 1579 bis 1603 am Kasseler Hof, von 1603 bis 1631 am Prager Hof gearbeitet hat. Nur die Freiheit und die Förderung durch wissenschaftl. Gespräche an den Höfen ermöglichten die Entfaltung seiner Genialität während in den Städten – selbst in Augsburg, der größten

Uhrmacherstadt der Zeit – die zünft. Restriktionen und Reglementierungen keine neuen Entwicklungen zuließen. Bürgi werden drei Innovationen nachgerühmt: 1. durch bislang ungekannte Präzision im Zahnschritt (u. a. Feinarbeiten sorgfältiger Fertigung) beseitigte er störende Einflüsse im Gangwerk, 2. ersetzte er den herkömml. Regulator, die Spindelhemmung mit zwei Lappen, durch die »Kreuzschlaghemmung«, die aus zwei miteinander verzahnten Achsen mit je einem Lappen und je einem Wagbalken bestand, welche sich in der Bewegung kreuzen und 3. erfand er das Remontoir, eine automat. Regelung, die für konstante Antriebskraft sorgte. Die erste Innovation verrät eine »geschickte Hand« (MAURICE 1980, S. 94), die zweite könnte angeregt worden sein durch eine Entwurfdarstellung für ein Wasserhebwerk in Jakob Bessons *Theatrum Instrumentorum*, die 1578 in Lyon im Druck erschienen war. Für die dritte »Invention« gab es damals kein Vorbild. Bis dahin war durch die »Schnecke« eine Verlangsamung der Abnahme der Federspannung erreicht worden, aber Bürgis Erfindung ging dahin, daß sowohl die Feder als auch das Gewicht alle Viertelstunde automat. neu aufgezogen wurden. Schon hiermit hatte eine neue Ära der Genauigkeit begonnen.

Bürgi hat des weiteren, ebenso wie Galilei, mit Pendeln experimentiert, aber erst kurz nach 1650 (publiziert 1657) gelang es dem Mathematiker und Physiker Christian Huygens (1629–95), die Unruhe durch ein Pendel zu ersetzen. Die im Vergleich zu Bürgis Automatik sehr viel einfacher herzustellenden und sehr zuverlässigen Pendeluhr (Pendulen) bestimmten dann fast zwei Jh.e lang die übl. Zeitmessung. Huygens' Pendeluhr markiert eine Zeitenwende, denn zu ihrer Realisierung arbeiteten nicht nur Mathematiker und Physiker zusammen, sondern die mathemat. begründete Physik resp. Mechanik dringt in die reine Erfahrungs- und Geschicklichkeitswelt des Uhrmacherhandwerks ein. Auch Bürgi war der geometr. Aspekt der Uhren bewußt, aber mangels lat. Sprachkenntnisse war er an den Höfen darauf angewiesen, daß ihm jemand durch Übersetzungen weiterhalf. Das war nicht wirkl. prakt. Seine genialen Leistungen entstanden durch »eigenes

Nachsinnen«. Für die zünft. Uhrmachermeister in Augsburg war die neue Mechanik eine verschlossene Welt. Dies macht folgende Erfahrung Hzg. Augusts von Wolfenbüttel deutlich, als er im April 1660 aus Augsburg Uhren wünscht, »die anstatt einer Unruhe einen Perpendikel haben, wie die in Holland gemacht werden«. Der vorzügl. Uhrmachermeister Caspar Langenbucher antwortet, »er für seine Person wolle sich mit dergleichen Inventionen seinen Kopf nicht verwirren«. Hans Buschmann, ein anderer bekannter Meister, war – in rührender Verkenntung der Tragweite der Pendeleinführung – überzeugt »wenn man ihnen auch eine solche Arbeit bezahlte, daß sie ebenfalls eine sonderliche Invention machen wollten« (MAURICE, HIMMELEIN).

Bei den Uhren war als Werkmaterial Eisen und Buntmetalle, v. a. Messing an die Stelle von Holz getreten, obwohl es Ausnahmen gab, wie z. B. das in Greenwich erhaltene erste Modell von Harrissons Schiffschronometer (Mitte 18. Jh.) mit überwiegend Holzteilen. Auf techn. Zeichnungen wie dem erwähnten Wasserhebewerk von Jakob Besson (1578), wird offenbar der Einsatz von Eisen auch bei größeren Maschinen vorstellbar.

→ Abb. 242, 243

→ A. Reise; Reiseutensilien → A. Unterhaltung/Zeitvertreib → A. Versorgungsgebäude und Einrichtungen; Wasserversorgung → B. Sammlungen; Scientifica

**Q.** Johannis de Dondis Paduani Civis Astrarium, 3 Bde., hg. von Emmanuel POULLE, Padova u. a. 1987–1988. – KRANZ, Horst: Die Kölner Rheinmühlen, Bd. 2: Edition ausgewählter Quellen des 13. bis 18. Jahrhunderts, Aachen 1993.

**L.** DOHRN van ROSSUM, Gerhard: Die Geschichte der Stunde. Uhren und moderne Zeitrechnung, München u. a. 1992. – FLACHENECKER, Helmut: Handwerkliche Lehre und Artes mechanicae, in: Europäische Technik im Mittelalter 800–1400. Innovation und Tradition. Ein Handbuch, hg. von Uta LINDGREN, 4. Aufl., Berlin 2001, S. 493–502. – KRANZ, Horst: Die Kölner Rheinmühlen. Untersuchungen zum Mühlenschrein, zu den Eigentümern und zur Technik der Schiffsmühlen, Aachen 1991. – LOHRMANN, Dietrich: Antrieb von Getreidemühlen, in: Europäische Technik im Mittelalter 800–1400. Innovation und Tradition. Ein Handbuch, hg. von

Uta LINDGREN, 4. Auflage, Berlin 2001, S. 221–232. – MAURICE, Klaus: Jost Bürgi oder über die Innovation, in: Die Welt als Uhr. Deutsche Uhren und Automaten 1550–1650 (Ausstellungskatalog), hg. von Klaus MAURICE und Otto MAYR, München 1980, S. 90–104. – MAURICE, Klaus: Der drehelnde Souverän, Zürich 1985. – MRAZ, Gottfried, Die Rolle der Uhrwerke in der kaiserlichen Türkenverehrung im 16. Jahrhundert, in: Die Welt als Uhr. Deutsche Uhren und Automaten 1550–1650 (Ausstellungskatalog), hg. von Klaus MAURICE und Otto MAYR, München 1980, S. 39–54. – SPORBECK, Gudrun: Textilerstellung – Zu mittelalterlichen Spinn- und Webgeräten, in: Europäische Technik im Mittelalter 800–1400. Innovation und Tradition. Ein Handbuch, hg. von Uta LINDGREN, 4. Aufl., Berlin 2001, S. 471–478. – SIMONYI, Károly: Kulturgeschichte der Physik von den Anfängen bis heute, 3. Aufl., Frankfurt a. M. 2001. – WÖLFEL, Wilhelm: Das Wasserrad: Eine historische Betrachtung, Berlin 1987. Uta LINDGREN

### Technik[er]

(von griech. *techné*, Kunst, Kunstfertigkeit, auch listig über die menschl. Fähigkeiten hinausreichend. Im Unterschied zur Mechanik soll hier die nicht bewegl. Technik behandelt werden.)

Der Abbau eines reichen Silbererganges im Schwazer Bergrevier wurde bereits als bes. techn. Herausforderung erwähnt. Ein generelles Problem mit tieferen Täufen war, daß nämll. sowohl die Schächte (und Stollen) durch Holzbohlen abgesichert werden mußten, als auch die Mechanismen zum Heben des Gesteins und der Erze immer stabiler werden mußten. Das galt im gleichen Maße für die Geräte zur Wasserhaltung, an die insofern noch bes. Ansprüche gestellt wurden, als sie Tag und Nacht ohne Unterbrechung laufen mußten. Stand eine Anlage erst einmal unter Wasser (»versumpfen«), so war es schwer, sie wieder leer zu pumpen und erneut in Betrieb zu nehmen. Im Harz (Bartels), wo in einem begrenzten Gebiet durch das Welfenhaus (seit 1642 die beiden Linien Calenberg/Hannover und Braunschweig-Lüneburg) ein lukrativer Kupfer- und Silberabbau betrieben wurde, entstand ein riesiges, komplexes System von miteinander vernetzten Wasserkünsten, die das immer knappe Antriebswasser vielfach nützten. Im MA wurde das Wasser

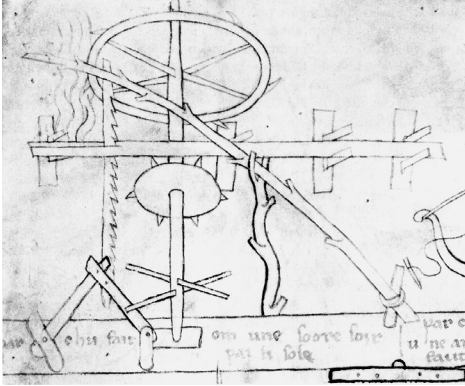


Abb. 242: Sägewerk mit Selbstvortrieb aus Villard de Honnecourts Reiseskizzen und Musterbuch, um 1215–1235. BNF, ms. fr. 19093, fol. 22 v oben), nach: Europäische Technik im Mittelalter, 800 bis 1400. Tradition und Innovation. Ein Handbuch, hg. von Uta LINDGREN, Berlin 1996, S. 53.

**Figur wie man auff einem Wagen/durch künstliche Machination den weg messen soll/nach der meynung Vitruuij.**

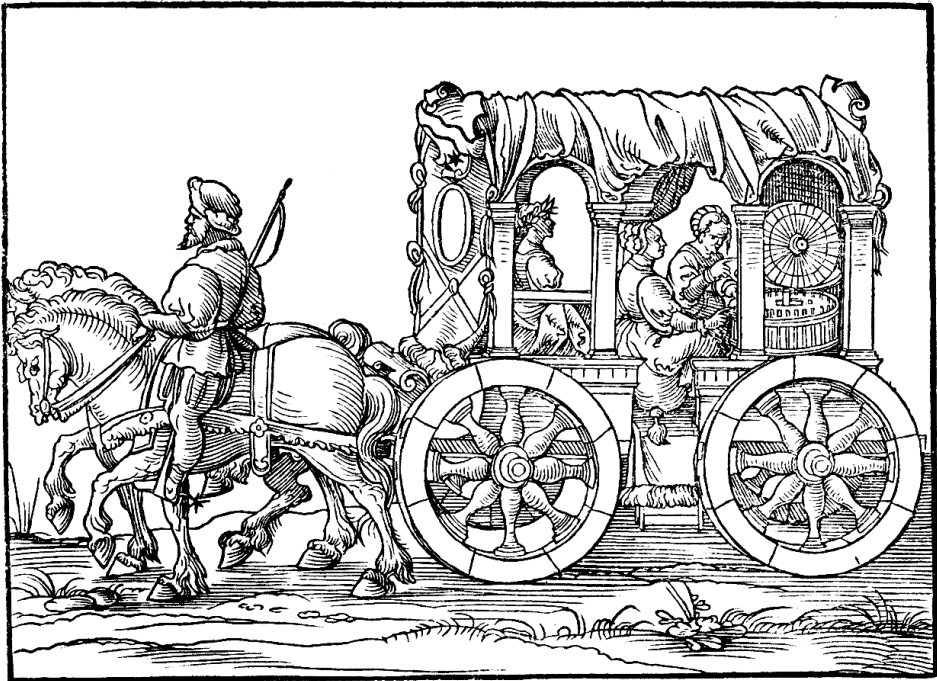


Abb. 243: Meßwagen nach dem Prinzip von Marcus Vitruvius Pollo, nach: Philipp Apian, 1989, S. 54.