

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 72 (2000)

Artikel: Die Natur als Vorbild technischer Entwicklung : Leonardo da Vici und die Ingenieure der Renaissance
Autor: Popplow, Marcus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-378343>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Natur als Vorbild technischer Entwicklungen – Leonardo da Vinci und die Ingenieure der Renaissance

Dr. Marcus Popplow
Max-Planck-Institut
Wilhelmstrasse 44
D-10117 Berlin

Versuche, Mikrostrukturen von Organismen nachzubauen und für technische Zwecke nutzbar zu machen, weisen gegenwärtig beachtliche, zunehmend auch wirtschaftlich verwertbare Erfolge auf. Da die technischen Mittel vor vier- bis fünfhundert Jahren für derartige Nachbildungen kaum ausreichten, mag es auf den ersten Blick wenig lohnend scheinen, das Thema der Natur als Vorbild technischer Entwicklungen für eine so entlegene Epoche wie die der Renaissance zu vertiefen. Leonardo da Vincis berühmte Studien zu Flugapparaten lassen allerdings bereits erahnen, dass jener Zeit diese Vorbildfunktion der Natur so fremd nicht gewesen sein kann. Doch wie wäre sie genauer zu beschreiben? Dies wird im folgenden für die sogenannten «Ingenieure der Renaissance» untersucht.

Der Terminus «Ingenieur» wurde in den romanischen Sprachen bereits seit dem Mittelalter gebraucht. Er bezog sich

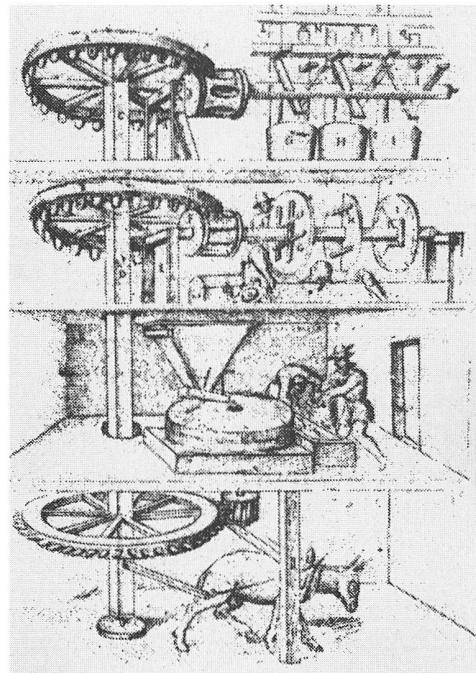


Abb. 1: Entwurf einer kombinierten Getreide-, Schleif- und Stampfmühle (Pseudo-Juanelo Turriano, um 1570).

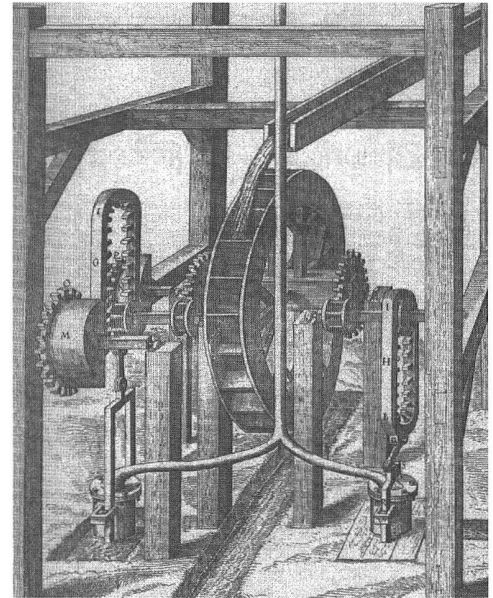


Abb. 2: Entwurf eines komplexen Pumpwerks mit Antrieb durch ein überschlächtiges Wasserrad, im Vordergrund die Steigleitung (Ausschnitt, Salomon de Caus 1615).

auf einen Tätigkeitsbereich, der in der Renaissance, mit individuell sehr unterschiedlichen Schwerpunkten, sowohl die Kriegstechnik umfasste, beispielsweise den Festungsbau, als auch die zivile Technik, den Wasserbau, die Anlage von Gärten oder die Konstruktion mechanischer Anlagen wie Mühlen und Wasserhebwerke (Abb. 1 und 2). Derartige Projekte wurden ausserhalb des zünftig organisierten Handwerks realisiert. Entwurf, Planung und Organisation durch die Ingenieure resultierten für diese in einer Stellung zwischen ihren jeweiligen Auftraggebern, Fürsten oder Städten beispielsweise, und den ausführenden Handwerkern. Viele dieser technischen Experten hatten ihre Karriere ebenfalls in einem traditionellen Lehrberuf begonnen, sich aber später über ihr technisches Wissen hinaus auch den kulturellen Ansprüchen ihrer Auftraggeber anzupassen gesucht und sich Zugang zu unterschiedlichen Disziplinen gelehrten Wissens erarbeitet. Seit dem 15. Jahrhundert entstanden im Umfeld

dieser Ingenieure technische Schau-
bücher. Diese Manuskripte und Druck-
werke dienten eher dazu, einem gebil-
deten Laienpublikum in allgemeiner Form
technische Möglichkeiten zu präsentie-
ren, als dass sie anderen Experten tech-
nisches Fachwissen zu vermitteln suchten.
Dennoch gewähren sie aus heutiger
Sicht einen guten Einblick in den zeit-
genössischen Stand der Technik. Gleich-
zeitig enthalten die Texte dieser Werke
auch Deutungen des gesellschaftlichen
Stellenwerts des Handelns der Ingenieure
und dabei spielt gerade die Kategorie
«Natur» eine wichtige Rolle. Auf der
Basis dieser Quellen ist es daher sowohl
möglich, der Frage nachzugehen, inwie-
fern sich die Ingenieure der Renaissance
in der Praxis die Natur zum Vorbild
nahmen, darüber hinaus lässt sich aber
auch die Art und Weise der Rede von
der Natur als Vorbild der Technik in der
zeitgenössischen technischen Literatur
herausarbeiten.

Das Vorbild der Natur in der technischen Praxis

Einige Autoren verwiesen sehr nach-
drücklich auf die Vorbildfunktion der
Natur für technische Innovationen.
Giuseppe Ceredi, der Mitte des 16. Jahr-

hunderts als Arzt am Hofe der Fürsten
von Parma und Piacenza wirkte und sich
nebenbei mit der Weiterentwicklung der
archimedischen Schraube für Bewässe-
rungszwecke beschäftigte, begründete
beispielsweise in einem umfangreichen
Traktat die herausragenden Eigenschaf-
ten der archimedischen Schraube unter
anderem damit, dass sich für die aufstei-
gende spiralförmige Bewegung, die hier
dem Wassertransport diene (Abb. 3), in
der Natur viele Vorbilder finden liessen.
In der täglichen Veränderung des Stan-
des von Sonne, Mond und Sternen sei
dieses Bewegungsprinzip ebenso zu
erkennen wie in den feinen Kanälen,
in denen die Körpersäfte auf- und ab-
stiegen. Tiere wählten spontan einen
schraubenförmigen, weniger anstrengen-
den Weg, wenn sie Steigungen, bei-
spielsweise an Berghängen, zu bewälti-
gen hätten. Schlangen würden sich auf
diese Weise einen Baum hochwinden,
Vögel sich in den Himmel schrauben,
Klettergewächse ihre Stützpflanzen
emporranken. An diesen Beispielen der
«Werke der Mutter Natur» hätten sich
auch die Menschen bei ihren Erfindun-
gen orientiert. Archimedes habe die Vor-
teile des Emporhebens einer Last über
eine schraubenförmige Linie erkannt und
in der archimedischen Schraube umge-
setzt, deren Wirkprinzip demnach der
Nachahmung der Natur zu verdanken sei.¹

Literaturverzeichnis

- 1 Vgl. Giuseppe Ceredi:
Tre discorsi sopra il modo
d'alzar acque da' luoghi
bassi, Parma 1567,
S. 38–39.

TERTIVM MACHINAMENTI GENVS IN QVO ROTA INTRA AQVAM ABDITA EIVS
IMPETV ITA MOVETVR VT VELVTI QVADAM COCHLEA AQVÆ IN ALTVM
FACILE DEDVCANTVR 19

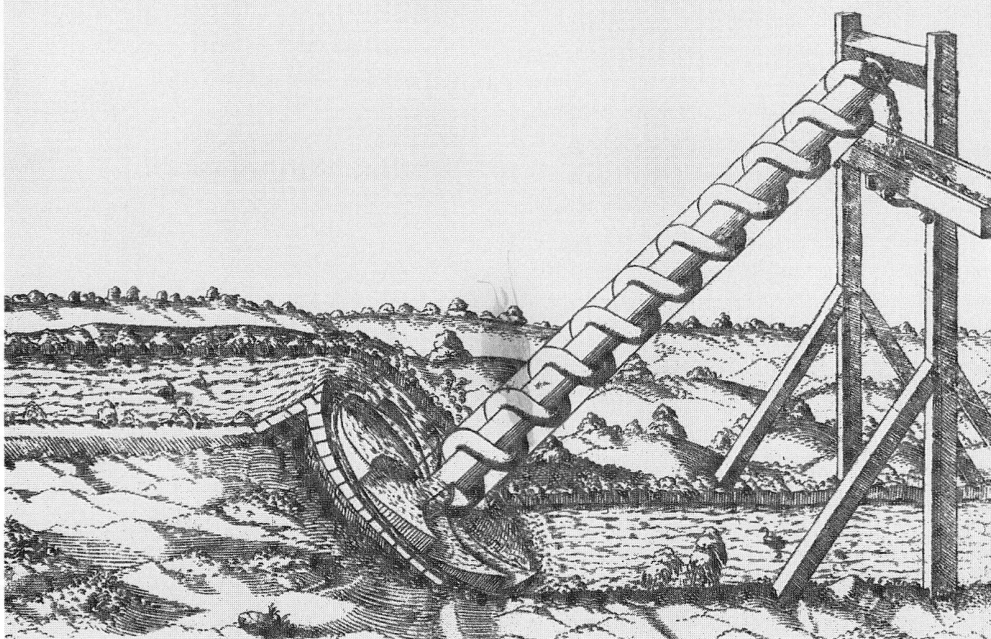


Abb. 3: Schematisierte Darstellung einer archimedischen Schraube für Bewässerungszwecke (Jean Errard, 1584).

- 2 Vgl. Martin Kemp: *The Inventions of Nature and the Nature of Invention*, in: *Leonardo da Vinci: Engineer and Architect*, Paolo Galluzzi (Hg.), Montreal 1987, S. 131–144.
- 3 Vgl. *The Drawings of Leonardo da Vinci in the Collections of Her Majesty the Queen at Windsor Castle*, Vol. 3: *Drawings 19000–19152 (Anatomical manuscripts A, B, C)*. Text and illustrations, Kenneth Clark/Carlo Pedretti (Hg.), London u.a. 1969, S. 26 und fol. 19061v.
- 4 Vgl. Ladislao Reti: *Der Ingenieur*, in: Ludwig H. Heydenreich/Bern, Döbner/Ladislao Reti: *Leonardo, der Erfinder*, Stuttgart 1987, S. 124–187; Herbert Ma-schat: *Leonardo da Vinci und die Technik der Renaissance*, München 1989.

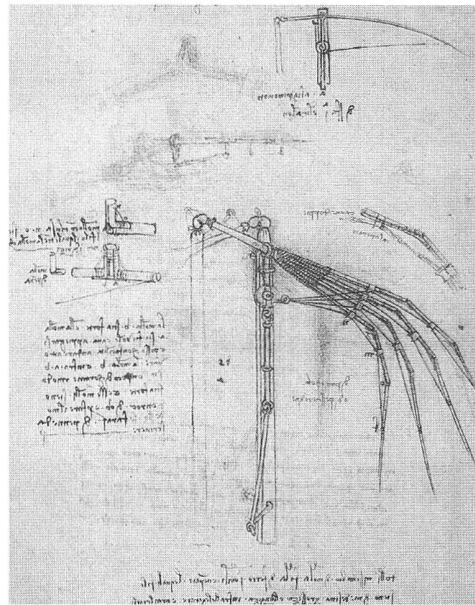


Abb. 4: Studien zu Flügeln einer Flugmaschine (Leonardo da Vinci, um 1493/95, Codex Atlanticus).

In dieses Bild passt auch das Paradebeispiel zum Thema der Natur als Vorbild der Ingenieure der Renaissance: Leonardos Studien zu Flugapparaten (Abb. 4). Im Hinblick auf die technische Umsetzung bevorzugte Leonardo anstelle der direkten Nachahmung des Vogelflugs das Vorbild der Fledermaus, des weiteren finden sich Studien zu zahlreichen weiteren Flügel- und Antriebsformen. Auch wenn er sich für das technische Projekt eines Flugapparates im Laufe der Zeit durchaus von einem direkten Nachbau natürlicher Vorbilder löste, bleibt seine Orientierung an Schöpfungen der Natur hier doch eindeutig zu erkennen.²

Im Zusammenhang mit der Frage nach dem Verhältnis von Natur und Technik bei Leonardo da Vinci werden zudem immer wieder seine faszinierenden anatomischen Studien erwähnt, die häufig explizite Analogien zu seinen Reflexionen zur Mechanik enthalten. Leonardo nutzte in solchen Fällen seine Kenntnisse mechanischer Wirkungen, um auch das Zusammenspiel beweglicher Elemente des menschlichen Körpers zu erläutern. Beispielsweise stellte er die Dehnung des Brustkorbs beim Gähnen oder Husten als System von Seilen, Rollen und Gewichten dar.³ Bei diesem Vorgehen ist die Natur jedoch kaum als Vorbild zu verstehen, Leonardo nutzte hier eher umgekehrt sein technisches Wissen zur Analyse natürlicher Phänomene. Dies

zeigt sich auch an anderen Stellen, an denen er Bewegungsabläufe von Lebewesen als anschauliches Modell für seine Theorien des Verhaltens von Maschinenelementen heranzog. Wie auch Leonardos Studien zum Vogelflug, belegen derartige Analogien zwischen Bewegungsphänomenen lebendiger Körper und Kombinationen von Maschinenelementen die Suche nach einem gemeinsamen mathematischen Fundament, mit dem sich sowohl natürliche, als auch technische Phänomene beschreiben lassen würden. Auf diese Ansätze, die in die Richtung der neuzeitlichen Naturwissenschaften weisen, ist im Rahmen der Frage nach der Natur als Vorbild technischer Entwicklungen jedoch nicht weiter einzugehen.

Über das einleuchtende Beispiel von Leonardos Studien zu Flugapparaten hinaus, bleibt die Suche nach technischen Innovationen der Renaissance, denen die Natur als Vorbild diente, wenig erfolgreich. Das gilt bereits für Leonardo selbst, der die zu seiner Zeit bekannten Maschinenelemente systematisch analysierte und durch neue Elemente zu erweitern suchte (Abb. 5). Seine Erkenntnisse zur Umwandlung von Bewegungen, zu Reibung oder Materialkunde standen dabei auf höchstem Niveau und wurden zum Teil erst lange nach seiner Zeit wieder eingeholt.⁴

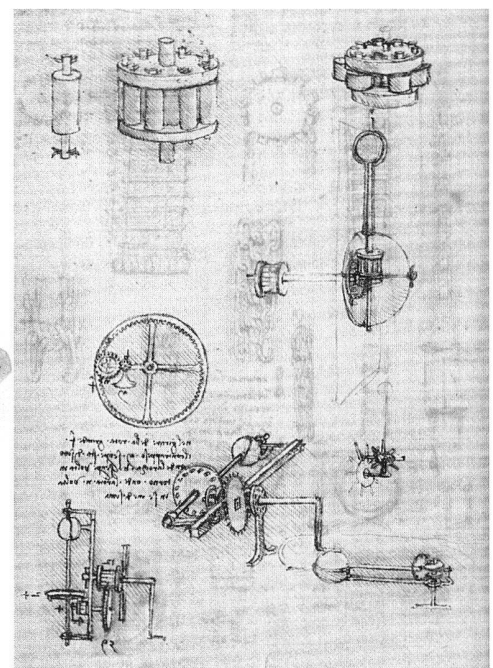


Abb. 5: Studien zu Maschinenelementen (Leonardo da Vinci, um 1490/1500, Codex Madrid).

Diese Bestrebungen lassen allerdings keine Orientierung an natürlichen Vorbildern erkennen. Innovative Bestrebungen anderer Ingenieure der Renaissance zeigen ebensowenig einen Rückgriff auf das Vorbild der Natur. Sowohl ihre technischen Traktate, als auch die zahlreichen, im 15. und vor allem im 16. Jahrhundert sowohl nördlich, als auch südlich der Alpen verliehenen Erfinderprivilegien verdeutlichen, dass sie in erster Linie mit Kombinationen bekannter Maschinenelemente experimentieren, um die Effektivität mechanischer Anlagen zu steigern.⁵ Das Beispiel der Nachahmung natürlicher Vorbilder durch Leonardos Flugapparate scheint sich demnach für diese Epoche nicht verallgemeinern zu lassen.

Das Verhältnis von Natur und Technik in den Schriften der Ingenieure der Renaissance

An diesem Punkt ist nun die Perspektive zu wechseln, um zu fragen, wie Schriften aus dem Umfeld der Ingenieure der Renaissance deren Verhältnis zur «Natur» definierten.⁶ Die meisten ingenieurtechnischen Traktate entstanden im 16. Jahrhundert südlich der Alpen, so dass die folgenden Textbeispiele hauptsächlich italienischen Autoren entstammen. Auf den ersten Blick bestimmten sie dieses Verhältnis in sehr widersprüchlicher Weise. Sie sprachen nicht nur davon, die Natur im Rahmen der Ingenieurtechnik zu imitieren, sondern auch davon, sie zu ergänzen, sie zu überwinden oder mit ihr gewissermassen zu kooperieren. Angesichts dieser Vielfalt müssen sich alle Versuche als problematisch erweisen, den Ingenieuren der Renaissance ein einheitliches «Naturverständnis» zuzuschreiben. Vielmehr existierten hier gleichzeitig verschiedene Denkfiguren nebeneinander, die von den Autoren je nach Kontext unterschiedlich genutzt wurden. Zu betonen ist, dass es in diesem Zusammenhang nicht um das Verhältnis von Technik und Natur im modernen Sinn ging: In «ökologischen» Kategorien dachten die Zeitgenossen in diesem Zusammenhang höchstens ganz am Rande. Ihnen ging es vielmehr um einen grundlegenden Vergleich der Schaffenskraft von Mensch und Natur.

Die Nachahmung der Natur

Sobald sie sich in der Welt des gelehrten Wissens äusserten, war es für die Ingenieure mehr oder weniger unabdingbar, sich die Nachahmung der Natur auf die Fahne zu schreiben. In der Renaissance mussten alle vom Menschen ausgeübten Künste (lat. *artes*), von der Medizin bis zur Erziehungslehre, von der Rhetorik bis zur Alchemie, ihr Verhältnis zur «Natur» bestimmen. Denn seit der Antike unterschieden die Begriffe «Kunst» und «Natur» in der Tradition von Platon und Aristoteles zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Entstehungsprozessen: solche, die durch regelgeleitetes menschliches Handeln verursacht wurden – das war die Vielfalt der Künste – und solche, die ohne menschlichen Eingriff geschahen, d.h. von Natur aus. In diesem sehr breiten, heute kaum noch geläufigen Sinn, diente das Begriffspaar «Kunst» versus «Natur» auch im Mittelalter und früher Neuzeit der Standortbestimmung menschlichen Handelns gegenüber der übergeordneten, aber nie eindeutig definierten Grösse «Natur». Grundsätzlich galt dabei, dass die

- 5 Vgl. Marcus Popplow: Erfindungsschutz und Maschinenbücher. Etappen der Institutionalisierung technischen Wandels in der Frühen Neuzeit, in: Technikgeschichte 63 (1996), S. 21–46.
- 6 Vgl. zu den folgenden Abschnitten ausführlicher und mit zusätzlichen Nachweisen Marcus Popplow: Neu, nützlich und erfindungsreich. Die Idealisierung von Technik in der frühen Neuzeit, Münster/New York/München/Berlin 1998, S. 143–176.

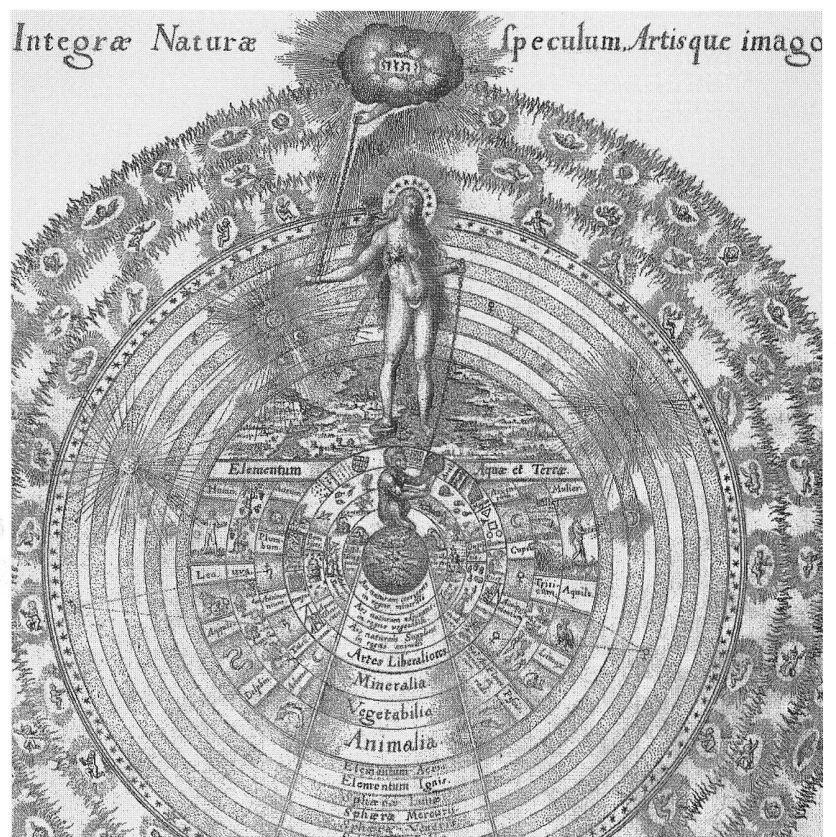


Abb. 6: Der schaffende Mensch im Weltgefüge als Affe der Natur (Robert Fludd, 1617/18, Ausschnitt).

- 7 Henricus Zeising: *Theatrum Machinarum*, Leipzig 1612–1614 (Rep. in Auszügen Berlin 1987), Teil I, S. 17.
- 8 Daniele Barbaro: *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio*, Venezia 1567 (Rep. Rom 1993), S. 442.
- 9 Vgl. Kemp (wie Anm. 2), S. 31.

Erzeugnisse der menschlichen Künste im Vergleich zu denen der Natur immer von geringerer Perfektion waren, so wie wiederum die Produkte der Natur dem Willen Gottes unterstanden. Dieses Verhältnis verdeutlicht sehr eindrücklich eine berühmte Darstellung des Weltgefüges in Robert Fludds Enzyklopädie Anfang des 17. Jahrhunderts. Im Zentrum stehen die menschlichen Künste, der Mensch als ihr Urheber ist symbolisiert als Affe an der Kette der Natur, die selbst wiederum von Gott gelenkt ist (Abb. 6). Die grundsätzliche Vorbildfunktion der Natur kommt hier in der Aktualisierung der bis in die Antike zurückreichenden Vorstellung zum Ausdruck, dass der Mensch die Natur nur wie ein Affe nachahme.

Wenn alle menschlichen Künste die Natur imitierten, galt dies selbstverständlich auch für die Tätigkeit der Ingenieure der Renaissance. Wie definierten diese aber ihre spezifische Art und Weise der Nachahmung der Natur? Für unterschiedliche Kombinationen von Maschinenelementen liessen sich, wie bereits angedeutet, kaum natürliche Vorbilder finden. Derart deutliche Analogien wie die der archimedischen Schraube zu schraubenförmigen Bewegungen in der Natur waren ebenfalls selten. Häufig sprachen die Autoren daher ganz allgemein von der Imitation der Natur, ohne konkrete Beispiele zu nennen. Wenn überhaupt, wurde auf die Nachahmung sehr grundlegender Wirkprinzipien der Natur verwiesen. Heinrich Zeising, der Anfang des 17. Jahrhunderts Maschinenentwürfe italienischer Autoren für ein deutschsprachiges Lesepublikum zusammenstellte, zitierte in diesem Zusammenhang den römischen Architekten Vitruv, der bereits darauf hingewiesen habe, dass das vollkommenste Vorbild der Kunst, mechanische Hilfsmittel zu verfertigen, die Bewegungen der Himmelsphären seien.⁷ In eine ähnliche Richtung ist eine Bemerkung von Daniele Barbaro zu verstehen, der einige Jahrzehnte vor Zeising den detailliertesten Kommentar zu der Schrift Vitruvs verfasst hatte: «Die Wissenschaft bzw. Kunst der Mechanik (...) liegt den kunstvollen Werken zugrunde, mit denen (...) die Dinge zum menschlichen Wohlergehen gemacht werden, die uns die Natur, die nach demselben Prinzip arbeitet, nicht bereitstellen kann.»⁸ Hier war demnach explizit von gemeinsamen

Grundprinzipien natürlicher und technischer Werke die Rede. Dass diese letztendlich zu durchaus unterschiedlichen äusseren Erscheinungsformen führen konnten, stellte in diesem Zusammenhang keinen Widerspruch dar.

Ähnlich wie hier die Ingenieure, bestimmten in der Renaissance alle *artes*, alle Disziplinen menschlichen Wissens und Könnens, die je spezifische Art und Weise ihrer Imitation der Natur. Doch unterhalb dieser Generallinie bestand durchaus Raum, auch der Kreativität und Originalität menschlichen Schaffens im Vergleich zum Wirken der Natur Rechnung zu tragen. Schon Aristoteles hatte festgestellt, dass der Mensch zuweilen die Natur ergänze, wenn er beim Ackerbau für bestimmte Pflanzen besonders günstige Bedingungen schaffe, oder dass er, beispielsweise in der Medizin, die Natur unterstütze. Derartige interpretatorische Freiräume nutzten nun auch die Ingenieure der Renaissance, um ihre eigenen Leistungen herauszustreichen. Leonardo da Vinci beispielsweise erinnerte daran, dass die Natur immer wieder dieselben Grundformen hervorbringe – einige Jahrzehnte zuvor hatte der bedeutende Architekt und Ingenieur Francesco di Giorgio Martini in diesem Zusammenhang Bienenstöcke und Spinnennetze genannt – während der Mensch auf solchen Grundformen aufbauen und sie weiterentwickeln könne.⁹ Klar blieb dabei jedoch, dass er grundsätzlich nie substanziell Neues schaffen und in diesem Sinn nie über die Natur hinaus zielen konnte.

Die Überwindung der Natur

Zieht man eine erste Zwischenbilanz, so wird deutlich, dass die Leistungen der Ingenieure der Renaissance, analog zu allen anderen menschlichen Künsten, als Imitation der Natur zu verstehen waren. Doch in ihrem Fall wurde diese Vorbildfunktion dadurch verkompliziert, dass die Ingenieure im Zuge ihrer intensiven Beschäftigung mit antiken technischen Schriften noch eine ganz andere Bestimmung des Verhältnisses von Mechanik und Natur geerbt hatten: Bekanntermassen wurde bis zu Galileis Zeiten, also bis zum frühen 17. Jahrhundert, stets davon gesprochen, dass die Mechanik

die Natur überwand bzw. gegen sie wirke. Die Schwierigkeiten einer angemessenen Übersetzung des griechischen *para physin* – «gegen die Natur» oder «über die Natur hinaus» – hat Astrid Schürmann unlängst ausführlich diskutiert.¹⁰ Diese Rede von der Überwindung der Natur stand jedoch bei genauerem Hinsehen gar nicht im Widerspruch zu der Rede von ihrer Imitation durch die Mechanik. Beispielsweise konnte Guidobaldo dal Monte, ein Lehrer Galileis, diese beiden Bestimmungen noch in den 1590er Jahren einfach nebeneinanderstellen. Er erklärte ganz allgemein in Anlehnung an Aristoteles, dass die menschliche Kunst die Natur auf drei verschiedene Arten imitiere: entweder, indem sie sie nachahme, wie in der Malerei, oder indem sie sie unterstütze, wie in der Medizin, oder indem sie sie überwand, wie in der Mechanik.¹¹ Die Mechanik imitierte die Natur für Guidobaldo also, in dem sie sie überwand. Wie war aber dieses Überwinden der Natur durch die Mechanik zu verstehen?

Bei der Rezeption antiker technischer Traktate mussten sich die Ingenieure der Renaissance mit der einflussreichen Schrift *Problemata Mechanica* aus dem 4. Jahrhundert vor Christus auseinandersetzen. Ihren einleitenden Worten zufolge waren mechanische Hilfsmittel gerade dadurch gekennzeichnet, dass sie es dem Menschen erlaubten, Bewegungen *para physins*, «gegen die Natur», auszuführen. Die hier angesprochenen, einfachen mechanischen Hilfsmittel hatten im wesentlichen die Funktion, den Transport schwerer Lasten zu erleichtern (Abb. 7).

Die «Natur», gegen die diese sogenannten «einfachen Maschinen» wirkten, war jedoch allein die partikulare Natur bestimmter Objekte, diejenige der Gegenstände nämlich, die mit Hilfe dieser einfachen Maschinen bewegt wurden. Ausschlaggebend für diese Bestimmung war die antike Unterscheidung naturgemässer und nicht naturgemässer Bewegungsrichtungen. Jedes der vier Elemente Feuer, Wasser, Erde und Luft hatte seine naturgemässe Bewegungsrichtung: Erde, oder Materie, fiel so üblicherweise auf den Boden Richtung Erdmittelpunkt, während Luft üblicherweise nach oben stieg. Wo dies nicht der Fall war, wo sich beispielsweise ein Stein nach oben bewegte, sprach

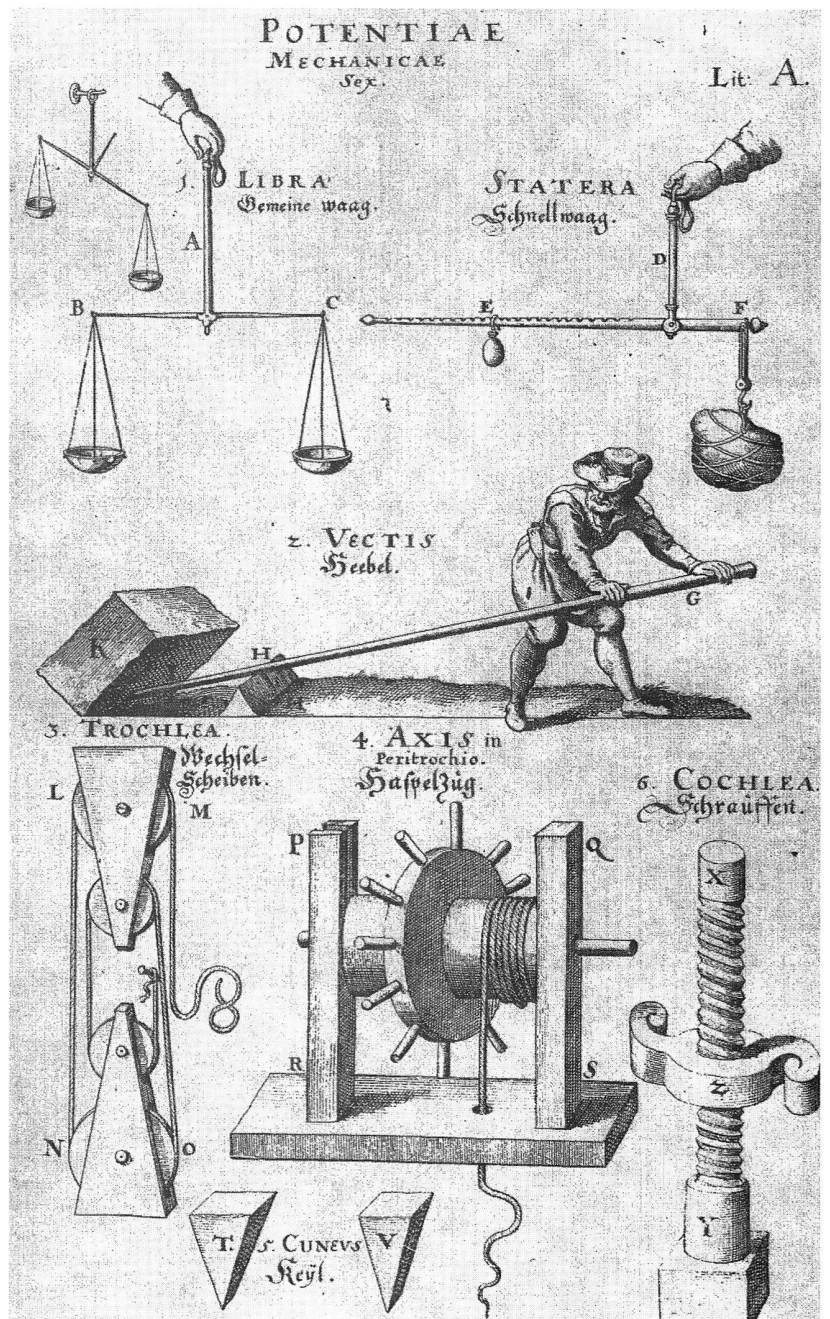


Abb. 7: Die sechs einfachen Maschinen in antiker Tradition (Daniel Mögling, 1629).

man von einer nicht naturgemässen Bewegung. Und in diesem Sinn war der Transport schwerer Lasten in der antiken Mechanik als Ausführung nicht naturgemässer Bewegungen definiert, als Handeln gegen die naturgemässe Anlage der Materie. Diese Bestimmung der Wirkungsweise mechanischer Hilfsmittel ist kaum dahingehend zu interpretieren, dass man in der Antike glaubte, bei der Anwendung mechanischer Hilfsmittel gegen «die Natur» als solche zu handeln, wie es moderne Übersetzungen oft nahelegen. Es ging in der antiken Gegenüberstellung von «Mechanik» und «Natur», völlig wertneutral, eben nur um

10 Astrid Schürmann: Kann man die Natur nachahmen, indem man ihr zuwider handelt? Zur Bedeutung des aristotelischen *para physin* für die Definition der Technik, in: Antike Naturwissenschaft und ihre Rezeption 7 (1997), S. 51–66.

11 Guidobaldo dal Monte: *De Cochlea*, Venedig 1615, S. 3 (der Traktat wurde erst posthum gedruckt).

12 Buonaio Lorini: Delle Fortificationi, Venedig 1597, S. 171.

13 Wie Anm. 10.

die naturgemässe Bewegungsrichtung, die Körpern üblicherweise innewohnt und der mit Hilfe der Mechanik entgegen gewirkt wurde.

Dieses Denkmodell übernahmen auch die Ingenieure der Renaissance, als die *Problemata Mechanica* im 16. Jahrhundert durch zahlreiche Editionen weite Verbreitung erfuhren. So formulierte beispielsweise der florentinische Festungsbauingenieur Buonaio Lorini: «...die Ingenieure und Architekten vollbringen mit Hilfe dieser Wissenschaft [d.h. der Mechanik] leicht wunderbare Werke, indem sie durch die Kunst die Natur aller schweren Körper überwinden, diese beherrschen und sie gegen ihre natürliche Bewegungsrichtung mit der Hilfe von Maschinen in die Höhe heben.»¹² Genau in diesem Sinn konnte Guidobaldo dal Monte demnach wie oben zitiert feststellen, dass die Mechanik die Natur imitierte, indem sie sie überwand. Natürliche Bewegungsrichtungen zu überwinden, beispielsweise durch das Heben eines Steines mit einem Flaschenzug, stand offensichtlich nicht im Widerspruch zu der Vorstellung, dass mechanische Vorrichtungen gleichzeitig auf einer viel grundlegenden Ebene die Natur imitierten.

Die Natur als Kraftquelle

Zu diesem Nebeneinander der Ideen der Nachahmung und der Überwindung der Natur durch mechanische Hilfsmittel gesellte sich gegen Ende des 16. Jahrhunderts eine neue Denkfigur hinzu: Einige Autoren stellten die Natur nun gewissermassen als Kooperationspartner der Ingenieure dar. Denn so gängig im 16. Jahrhundert die Rede vom Handeln gegen natürliche Bewegungsrichtungen beim Transport schwerer Lasten gemäss den *Problemata Mechanica* auch blieb, und so häufig sie zitiert wurde, war sie doch nicht mehr ganz zeitgemäss. Natürlich kamen einfache Maschinen wie Hebel oder Flaschenzug weiterhin zum Einsatz, das Gebiet, auf dem sich die Ingenieure der Renaissance nun aber am intensivsten um technische Innovationen bemühten, waren mit den einleitend genannten Mühlwerken und Wasserhebeanlagen viel komplexere Konstruktionen. Ihr Hauptzweck bestand

weniger darin, körperliche Arbeit zu erleichtern, als diese vielmehr, wenn möglich, komplett zu ersetzen. Damit verlor die traditionelle Bestimmung, mit mechanischen Hilfsmitteln natürliche Bewegungsrichtungen zu überwinden, an Relevanz. Entscheidender war nun, dass solche Anlagen in ihrem Funktionsablauf die von der Natur bereitgestellten Kraftquellen möglichst optimal umsetzten. Daher bot sich in diesem Kontext eine neue Deutung der Natur als Reservoir von Kräften an, das der Mensch durch solche Maschinen für seine Zwecke nutzen konnte. Diese Verschiebung lässt sich wiederum deutlich bei Guidobaldo dal Monte erkennen: Im Anschluss an die oben zitierte Textstelle, nach der die Mechanik die Natur imitierte, indem sie sie überwand, gestand er seinen Lesern Ende des 16. Jahrhunderts durchaus zu, dass dies nicht leicht zu verstehen sei und wagte sich an eine vorsichtige Uminterpretation: Eigentlich folge doch die Kunst immer dem Vorbild der Natur. Auch dort, wo sie scheinbar gegen sie handle, bringe sie sie doch eigentlich nur dazu, bestimmte Effekte auszuführen. Er schlug deshalb vor, mechanische Wirkungen gerade dahingehend zu charakterisieren, dass «die Kunst [hier: die Mechanik] bewirke, dass die Natur Wirkungen durchführt, die selbst naturgemäss sind.»¹³ Während dal Monte den Akzent hier auf das Naturgemässe des technischen Funktionsablaufes legte, lobten andere Autoren vereinfacht das harmonische Zusammenwirken von menschlicher Intelligenz und natürlicher Antriebskraft in Mühlwerken und Wasserhebeanlagen.

Genau dieser Hintergrund diente schliesslich auch Galileo Galilei als Folie für seine vielfach zitierte Aussage, dass sich die Natur durch die Mechanik nicht «überlisten» lasse. Wie aus ihrem Zusammenhang deutlich wird, bezog Galilei damit Stellung gegen die zahlreichen, auch von anderer Seite vielfach kritisierten Zeitgenossen, die behaupteten, das Perpetuum Mobile erfunden zu haben und, mehr noch, es als Antrieb für Mühlwerke und andere mechanische Anlagen nutzen zu können (Abb. 8). Demgegenüber betonte Galilei, im übrigen auch dies nicht als erster, dass in solchen Anlagen eine Erhaltung oder gar Steigerung der eingesetzten Kraft nicht möglich sei, dass sich, prägnant formuliert, die

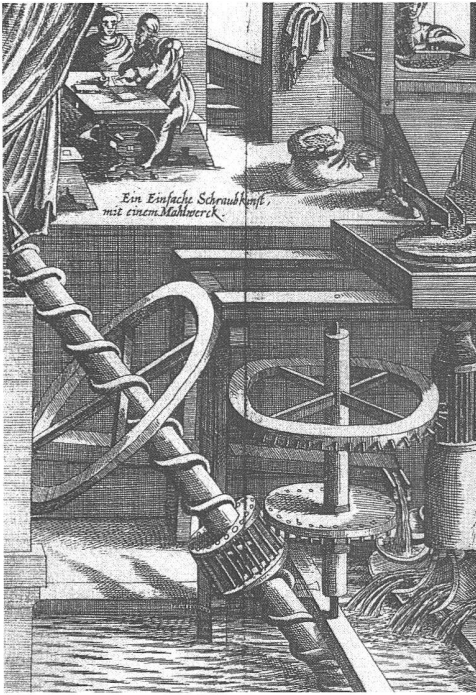


Abb. 8: Entwurf zum Antrieb einer Getreidemühle durch ein Perpetuum Mobile (Jacopo Strada) 1629).

Natur hier nicht «überlisten» lasse.¹⁴ Die viel realistischere Zielsetzung einer möglichst optimalen Ausnutzung der Wasserkraft durch mechanische Anlagen findet sich gleichzeitig bei Buonaiuto Lorini. Man könne sich «durch die Kunst den Naturkräften des Wassers annähern», es sei jedoch nicht möglich, gleichzeitig «Kraft und Geschwindigkeit» von Mühlenwerken zu steigern. Daher sollten sich die Ingenieure in Bescheidenheit üben und davon absehen, die eingesetzte Wasserkraft mit Hilfe ihrer Anlagen steigern zu wollen.¹⁵ Diese pragmatische Bescheidenheit ist nicht mit einer verstärkten Hochschätzung «der Natur» gleichzusetzen. An anderer Stelle resümierte Lorini den Lobpreis der technischen Leistungen seiner Zeitgenossen mit der Feststellung, dass der Mensch in ihrem Licht weniger als Affe, denn vielmehr als Bruder der Natur zu verstehen sei.¹⁶ Eine genaue Analyse des zeitgenössischen Kontextes zeigt demnach, dass Galileis Rede von der Unmöglichkeit, die Natur durch die Mechanik zu «überlisten», keineswegs

einen Generalangriff auf die gesamte Vorgeschichte der Mechanik von der Antike bis zu seiner Zeit darstellte. Helmuth Schneider, Gianni Micheli und Astrid Schürmann haben in neueren Untersuchungen aufgezeigt, dass in antiken Texten ohnehin nie wörtlich von einer «Überlistung» der Natur durch die Mechanik die Rede war, sondern dass der Gegenstandsbereich der Mechanik eben die Ausführung nicht naturgemäßer Bewegungen in dem oben dargestellten Sinn war.¹⁷ Dies gilt, wie gesehen, auch für das Selbstverständnis der Ingenieure der Renaissance vor Galilei. Die «Überlistung» der Natur wurde allein den sogenannten «Perpetuo-mobilisten» vorgeworfen, in der Regel hatte die Mechanik, wie jede andere Kunst auch, dem Vorbild der Natur zu folgen.

Fazit

Betrachtet man das Thema der Natur als Vorbild technischer Entwicklungen aus historischer Perspektive, ist für die Epoche der Renaissance festzuhalten, dass die Vorbildfunktion von Schöpfungen der Natur für Innovationen in der technischen Praxis begrenzt blieb. Auf programmatischer Ebene wurden die Produkte technischen Schaffens dennoch grundsätzlich als Imitation der Natur verstanden. Schriften im Umfeld der Ingenieure enthielten allerdings darüber hinaus Umdeutungen und kreative Neuinterpretationen des Verhältnisses von Natur und Technik, die stärker die schöpferischen Aspekte der Ingenieurität herausstrichen. Technische Aktivitäten des Menschen im Lichte der «Natur» zu deuten, erfüllte demnach bereits in dieser Epoche spezifische kommunikative Funktionen: im Rahmen der Bestimmung des Selbstverständnisses technischer Experten ebenso wie im Rahmen der Darstellung ihrer Tätigkeit vor anderen gesellschaftlichen Gruppen.

- 14 Vgl. Galileo Galilei: *Le Opere*, Firenze 1968, Vol. II, S. 155 (dt. Galileo Galilei: *Schriften, Briefe, Dokumente*, Anna Mudry (Hg.), Berlin 1987, Bd. 1, S. 68–72).
- 15 Vgl. Lorini (wie Anm. 11), S. 209.
- 16 Vgl. ebd., o.S. (Ai lettori).
- 17 Vgl. Helmuth Schneider: *Natur und technisches Handeln im antiken Griechenland*, in: *Naturauffassungen in Philosophie, Wissenschaft, Technik*, Lothar Schäfer/Elisabeth Ströker (Hg.), Freiburg 1993 (Band I. *Antike und Mittelalter*), S. 107–160; Gianni Micheli: *Le origine del concetto di macchina*, Firenze 1995 (Biblioteca di Physis 4); Astrid Schürmann (wie Anm. 9).