

Wandtexte

Maschinenraum der Götter Wie unsere Zukunft erfunden wurde

8. März bis 10. September 2023
Liebieghaus Skulpturensammlung

Wandtexte der Ausstellung ohne Abbildungen.
Sämtliche Angaben zu allen abgebildeten Objekten sind der ausliegenden Publikation zu entnehmen.

Einführung

Technologie umgibt uns überall. Dass Technik heute viel ermöglicht, verdanken wir nicht erst den letzten zwei Jahrhunderten. Forschung wurde bereits vor Jahrtausenden betrieben, zumeist mit dem Ziel, ambitionierte Kunstprojekte zu verwirklichen. Sie ist nicht an einzelne Kulturen gebunden, sondern wird weitergegeben und an immer neuen Orten zu Spitzenleistungen geführt.

Der Blick in den Himmel steht am Beginn des wissenschaftlichen Denkens. Die Bewegungen der Planeten und Sterne liefern das Vorbild für die Entwicklung einer künstlichen Mechanik.

Technologie wird auch in die antiken mythologischen Erzählungen eingebunden und durch Werke der antiken Künstler wiedergegeben.

Für die Ausstellung Maschinenraum der Götter werden die Räume des Liebieghauses mithilfe von modernen Medien, aber ebenso durch Leihgaben von bedeutenden Kunstwerken bespielt. Das Konzept der Ausstellung folgt dabei dem Wunsch, einen Blick auf die unterschiedlichen Kulturen und die verschiedenen Bereiche der Wissenschaften und ihrer Bedeutung für die Kunst zu ermöglichen.

Ägypten und Mesopotamien

Bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. wurden naturwissenschaftliche Forschungsprogramme mit beispielloser Energie vorangetrieben. Die gewaltigen und glanzvollen Bauprojekte in Ägypten (Pyramiden) und im Nahen Osten (Mesopotamien) erforderten chemische Forschung für die explodierende Nachfrage nach veredelten Materialien ebenso wie zuverlässige Vermessungstechniken für bautechnische Präzision. Für letztere, aber auch für die Messung von Zeit und für die Voraussage der Zukunft, war eine intensive Erforschung der Himmelsmechanik unabdingbar. Aus den Anstrengungen der Astronomie resultieren schließlich wesentliche Erkenntnisse zu Mathematik und Geometrie.

Hier belegt eine auf den ersten Blick unscheinbare runde Keilschrifttafel, dass der Satz des Pythagoras schon vor 4000 Jahren zum Wissen der Menschen gehörte: Eine Sensation!

Science-Fiction in den griechischen Mythen

Von Ägypten und Mesopotamien übernehmen die griechischen Dichter zahlreiche Anregungen, so auch die Darstellung fiktiver Hochtechnologie im Mythos. Schon im 7. oder 6. Jahrhundert v. Chr. berichtet der für seine Heldengedichte Ilias und Odyssee bekannte Homer von goldenen Robotern, die mit künstlicher Intelligenz ausgestattet sind und die Götter bedienen.

Der grenzenlos produktive griechische Gott der Ingenieurskunst Hephaist und sein genialer Urenkel Daidalos sind Urheber einer Serie von Erfindungen: Antike Schriftquellen schildern die von ihnen entwickelten Raumschiffe, Fluggeräte, Androide, Roboter, Automata und High-Tech-Waffen.

Der griechische Titan Prometheus soll sogar den Menschen produziert haben: Er setzt einen technischen Bauplan um und generiert eine Maschine. Erst in späteren, nämlich römischen und christlichen Vorstellungen haucht ein Gott in den aus Lehm geformten Urmenschen Leben ein. So wird ein technologischer Produktionsprozess in einen spirituellen Schöpfungsakt umgedeutet.

Wunder der griechischen und römischen Mechanik

Die Begriffe „Mechanik“ und „Automat“ sind von den griechischen Adjektiven „einfallsreich“ (mechanikos) und „selbstständig“ (automatos) abgeleitet.

Während Wunderwerke der Technik schon um 600 v. Chr. in den griechischen Mythen auftauchten, wurden die ersten echten mechanischen Apparate um 500 v. Chr. verwirklicht. Diese Entwicklung erfuhr ihren Höhepunkt in den Jahren zwischen 300 v. Chr. und 100 n. Chr.

Als Energiequelle dienten Gewichte, Wasserkraft, Luft- und Dampfdruck. Die exakt wiederholbaren Abläufe (Algorithmen) wurden durch die Programmierung von Steckwalzen, wie man sie heute noch von Drehorgeln kennt, festgelegt.

Nur wenige dieser Funde sind erhalten, denn die komplexen Apparate der Griechen und Römer waren aus vergänglichem Material wie Hanf und Holz gefertigt oder bestanden aus Metall, das in nachantiker Zeit dem Recycling zum Opfer fiel. Antike Texte geben jedoch eine Vorstellung der ursprünglichen Mechaniken. So liefern Philon von Byzanz (3. bis 2. Jh. v. Chr.) und Heron von Alexandria (1. Jh. n. Chr.?) detaillierte Bauanleitungen von Modellen für physikalische Experimente, sowie für zahlreiche animierten Skulpturen und automatische Theaterbühnen.

Sphaira. Die Welt als Skulptur

Die Welt setzt sich in der Wahrnehmung der antiken Menschen aus Erde, den Planeten und den Fixsternen zusammen. Man nahm an, dass die Planeten, einschließlich Sonne und Mond, aber auch die Gesamtheit der Fixsterne jeweils auf einer eigenen durchsichtigen Kugelschale befestigt wären und um die feststehende Erde kreisen würden (geozentrisches Weltbild).

Zwar hatten die Astronomen Aristarch von Samos (um 310 bis um 230 v. Chr.) und Seleukos von Babylon (2. Jh. v. Chr.) das heliozentrische Weltbild bevorzugt und eine sehr große Entfernung der Fixsterne gefordert, - sie konnten sich jedoch nicht gegen das seit Jahrtausenden tradierte, geozentrische Weltbild durchsetzen.

Dem Universalgenie Archimedes von Syrakus (um 287 bis 212 v. Chr.) gelang der Nachbau der Welt in der Form eines Modells. Dieser sphaira (griechisch für „Kugel“) genannte Apparat war offensichtlich durch Gewichte oder Wasserkraft angetrieben und zeigte zu jeder Zeit die - aus der Sicht der Erde - korrekte Position der Planeten und Fixsterne an.

Der sogenannte „Atlas Farnese“, erstarrte Kopie einer motorisierten Sphaira?

Die moderne Variante der antiken Sphaira ist die Armillarsphäre. In der europäischen Kunst taucht dieses kostbare astronomische Instrument häufig in Skulpturen auf, die Atlas als Träger des Himmelsgewölbes zeigen.

Zuletzt wurde vorgeschlagen, dass im berühmten Turm der Winde in Athen eine solche große Armillarsphäre/Sphaira aufgestellt war und durch Wasserkraft angetrieben wurde.

Die Marmorstatue des Atlas Farnese stellt die römische Kopie einer griechischen Bronzeskulptur dar. Der Himmelsglobus, also die Sphaira auf dem Rücken der Figur zeigt 41 Sternbilder, darunter die 12 Tierkreiszeichen.

Ist es denkbar, dass das bronzene Original ursprünglich eine bewegliche Armillarsphäre auf den Schultern trug und im Turm der Winde montiert war? Im Boden des Turms finden sich jedenfalls - in einer kreisrunden Vertiefung - Einlassungen für Rollenlager: Atlas, der den Fixsternhimmel in den Händen hält, muss sich - wie auch Aristoteles ausführt - einmal am Tag um die eigene Achse drehen.

Der unglaubliche Mechanismus von Antikythera

Die Entdeckung des sogenannten Mechanismus von Antikythera ist eine Sensation: Nachdem Schwammtaucher vor 120 Jahren mehrere oxidierte Bronzeklumpen in einem antiken griechischen Schiffswrack entdeckten, wurde in vielen Forschungsschritten deutlich, dass es sich um das hochkomplexe Zahnradgetriebe eines astronomischen Instruments handelt.

Erst in den letzten Jahren ist es dem Forschungsteam um Tony Freeth gelungen, zentrale Aspekte dieses Wunderwerkes zu lösen und seine erstaunlichen Funktionen offenzulegen. Diese außerordentliche Forschungsarbeit gelang unter anderem, weil das Team den Bau eines Computertomografen mit ungewöhnlich starker Strahlungsquelle beauftragt hatte.

Um die Auffindung, Erforschung und Funktion des Mechanismus in aller Ausführlichkeit vor Augen zu führen hat Tony Freeth die folgenden drei Räume gestaltet.

Das Goldene Zeitalter des Islam 1: Himmelsmechanik

Lange vor der sogenannten italienischen Renaissance des 15. Jahrhundert erlebte die antike Philosophie und die antiken Wissenschaften ihre erste Wiedergeburt. Die Zeit zwischen dem 8. und 13. Jahrhundert gilt aus gutem Grund als das „Goldene Zeitalter des Islam“. In dieser für die Entwicklung der Wissenschaften herausragenden Phase wurden die antiken Schriften übersetzt, um den Zugang zum Wissen der Antike zu ermöglichen. Wissenschaftler verschiedener Ethnien lehrten und forschten in Bagdad und an anderen Orten der arabisch-islamischen Welt mit weitreichender Wirkung.

Zudem sind leistungsstarke Observatorien in Bagdad, Maragha, Rey (Teheran), Samarkand errichtet worden, um die Mechanik der Himmelskörper über lange Zeiträume hinweg zu studieren und zu dokumentieren. Aufgrund der enormen Ausmaße der Messskalen konnten die Umlaufzyklen der Himmelskörper, aber auch minimale Unregelmäßigkeiten, wie der knapp 26.000 Jahre dauernde Umlauf der geringen Achsverschiebung der Erde (Präzession), genauestens ermittelt werden.

Das Goldene Zeitalter des Islam 2: Vermessung der Welt

Forschung, Technologie und Kunst benötigen präzise Instrumente zur Vermessung. Die antiken Wissenschaften gingen einen wichtigen Schritt, im arabisch-Islamischen Kulturraum wurde jedoch ein Grad an Genauigkeit erreicht, der erst in den letzten 200 Jahren verbessert werden konnte. Auch lieferte die Langzeitbeobachtung der Sterne in den arabisch-islamischen Observatorien die Datengrundlage für die

späteren Beobachtungen zur Mechanik des Weltalls. So stützte sich auch Nikolaus Kopernikus (1473-1543) auf die arabischen und persischen Sternenkataloge.

Ein berühmtes Instrument, das den Namen Astrolabium (von griechisch „Sterngreifer“) trägt, stellt die Projektion des gesamten Himmelsglobus in eine Fläche von der Größe einer Hand dar. Mit dem Astrolabium lässt sich durch Anvisieren eines bekannten Sterns die Zeit ablesen. Kennt man die Zeit, lassen sich umgekehrt die wichtigen Sterne am Himmel identifizieren.

Einen Vorläufer dieses Präzisionsgerätes, das eine Übertragung der Sphaira (Armillarsphäre) in die Ebene darstellt („stereographische Projektion“), soll der griechische Astronom Hipparch um 130 v. Chr. konstruiert haben.

Das Goldene Zeitalter des Islam 3: Medizin und Hygiene

Medizin, Hygiene und Pharmakologie erreichten in der Antike ein hohes Niveau. In Ägypten wurden schwierige Operationen vorgenommen und in Griechenland war die Behandlung mit dem Penicillium-Pilz (Penizillin) bekannt. Das antike Wissen gelangte - auch durch die Vermittlung der Byzantiner - in den arabisch-Islamischen Kulturraum, um dort in wesentlichem Umfang weiterentwickelt zu werden.

Belege für die Fortschrittlichkeit der islamischen Heilkunde liefern das Krankenhaus im Qalawun-Grabkomplex von Kairo (1284/85), aber auch die Schriften des Gebers (8. Jh.), Alkindus (um 800 bis 873), Rhazes (864 bis 925) oder Avicenna (980 bis 1037).

Die Humanmedizin des europäischen Mittelalters war dagegen oft von Scharlatanerie und Esoterik geprägt. Man war jedoch bemüht, das Wissen der Ärzte, die im Goldenen Zeitalter des Islam tätig waren, zu übernehmen. So diente eine von jüdischen Gelehrten besorgte Übersetzung der Schrift Kanon der Medizin (القانون في الطب), die Avicenna kurz nach 1000 verfasst hatte, bis in das 19. Jahrhundert als fundamentales Lehrbuch.

Das Goldene Zeitalter des Islam 4: Messung der Zeit

Auf griechische Autoren (Philon von Byzanz und Heron von Alexandria) gehen wichtige Publikationen zu physikalischen Modellen, automatischen Maschinen und animierten Kunstwerken zurück. Der berühmte islamische Ingenieur al-Dschazarī führte die Entwicklung von komplexen Modellen, Automaten und Uhrwerken fort und veröffentlichte 1205 das Standardwerk Buch des Wissens von sinnreichen mechanischen Vorrichtungen (كتاب في معرفة الحيل الهندسية).

In dieser Schrift beschreibt er die Funktion der sogenannten Becheruhr und der sogenannten Elefantenuhr. Während die Astrolabien die Ermittlung der ‚wahren‘ Uhrzeit, nämlich der Sternzeit ermöglichen, wird die Messung von Zeit in den ‚technischen‘ Uhren des al-Dschazari durch den gleichmäßigen Ausfluss von Wasser gewährleistet. Die komplexe Mechanik der Elefantenuhr bezog ihre Energie von den schweren Metallkugeln, die in die Höhe des Turms getragen wurden, während die Becheruhr, deren ‚Zeiger‘ auf eine Skala von Sonnenstunden weist, nachdem das Wasser vollständig ausgelaufen war, wieder gefüllt werden musste.

Das Goldene Zeitalter des Islam 5: Charakter des Lichts

In der Antike war die Funktion des Auges umstritten. Plato (428-343 v. Chr.) nahm an, dass ein Sehstrahl, der vom Auge ausgesendet wird, die Gegenstände abtaste. Aristoteles (384-322 v. Chr.) stellt diese dominante These seines Lehrers in Frage. Doch erst die Forschung in Bagdad und im arabischen Spanien leistete den wissenschaftlichen Durchbruch. Abbas ibn Firnas (um 810–887), Alkindus (gest. um 873), Ibn Sahl (um 940 - um 1000) und Alhazen (um 965 – nach 1040) revolutionierten die optische Lehre und belegten durch physikalische Experimente den wahren Charakter des Lichtstrahls:

- Der Strahl wird von der Lichtquelle ausgesendet und verläuft geradlinig. Alhazen liefert hierzu durch den Bau der Camera Obscura den Nachweis.
- Ebenso werden die Brechungswinkel des Lichts berechnet und auch das alte Rätsel des Regenbogens, also der Brechung des Lichtes in die Spektralfarben gelöst.

Mit gutem Grund spricht man heute in Zusammenhang mit dem Goldenen Zeitalter des Islam von der ersten Renaissance, die der europäischen Renaissance um ein halbes Jahrtausend vorausgeht.

Wissenschaft und Kunst in Indien und China

Wissenschaftliche und philosophische Aktivitäten der Inder gingen jenen der Griechen voraus. Später schufen indische Gelehrte, allen voran Aryabhata (476 - um 550 n. Chr.) und Brahmagupta (598 - um 665 n. Chr.), die Grundlagen für die moderne Astronomie und Mathematik. So entwickelten sie das Konzept der Null, den Umgang mit negativen Zahlen oder das Ziehen von Quadrat- und Kubikwurzeln. Aryabhata legte präzise Werte für die Kreiszahl π vor, berechnete das Verhältnis von Mondumlauf zu Erdrotation und verfolgte die Idee des heliozentrischen Weltbildes.

Der indische Kulturraum grenzte an das alte China, das über die Seidenstraße mit dem Nahen Osten und dem Mittelmeerraum verbunden war. In China wurden komplexe Kunsttechnologien entwickelt, wie die

Produktion von Porzellan. Auch andere Erfindungen von hoher kultureller Bedeutung stammen von hier: Papier, Raketen (für Feuerwerke) oder der Kompass.

Der Buchdruck mit beweglichen Lettern ist keine Entdeckung von Johannes Gutenberg (um 1400 - um 1468), sondern geht auf den Chinesen Bi Sheng (972-1052) zurück, der bewegliche Schriftzeichen aus Porzellan anfertigte.

Europäische Renaissance

Der Reichtum der Familie Medici gründete auf Textilproduktion und einem international operierenden Bankwesen. Cosimo (1389-1464) und sein Enkel Lorenzo de' Medici (1449-1492) förderten die Künste und die Wissenschaften und trugen so zum Erfolg der europäischen Renaissance bei. Cosimo stellte mit Unterstützung von byzantinischen Gelehrten in Florenz eine Forschungsbibliothek zusammen. Damit schloss er an eine große Tradition an, die von der Bibliothek in Alexandria, über die Schriftensammlungen in Byzanz, das Haus der Weisheit in Bagdad bis zu den Universitäten von Samarkand reicht.

Lorenzo de' Medici investierte in die Unternehmungen des Christoph Kolumbus (1451-1506). Kolumbus hatte vorgegeben, einen kürzeren Weg nach Ostindien zu erschließen, als er den „neuen“ Kontinent „zufällig“ entdeckte. Dieses Motiv ist unglaubwürdig, zieht man die präzise Kenntnis des Erdumfangs in Betracht, die von griechischen und arabisch-islamischen Gelehrten vorgelegt worden waren. Die Existenz eines weiteren Kontinents war bereits von Al-Biruni (973-1048) errechnet worden. Von Kolumbus sind Schriftstücke erhalten, die nahelegen, dass die Erschließung neuer Quellen des Sklavenhandels geplant waren.

Die Entdeckung des Fernrohrs

Gestützt auf die Daten der islamischen Astronomen hatte sich Nikolaus Kopernikus (1473-1543) für das seit der Antike diskutierte Modell einer heliozentrischen Welt stark gemacht. Seine Berechnungen zeigten, dass nicht die Erde, sondern vielmehr die Sonne im Zentrum der kreisenden Planeten steht.

Evident wurde dieser Ansatz durch die Entdeckung des Fernrohrs. So beobachtete Galileo Galilei (1564-1642) dank der Vergrößerung, dass die Venus verschiedene Phasen der Ausleuchtung durch die Sonne durchläuft. Das Phänomen ließ sich nur damit erklären, dass die Venus um die Sonne kreist.

Johannes Kepler (1571-1630) überwand die auf die Antike zurück gehende und noch für Kopernikus gültige Annahme, die Planeten würden in einer Art Achterschleife um das Zentrum des Kosmos kreisen. Er erkannte, dass die Bahnen der Planeten auf Ellipsen verlaufen. Später lieferte Isaac Newton (1643-1727) hierfür die Berechnungsgrundlage.

Der Vatikan erschwerte die Verbreitung der neuen Erkenntnisse. Kopernikus konnte nicht ungehindert publizieren, Galilei wurde verurteilt, der Protestant Kepler floh nach Prag.

Die Maschine steuert die Arbeit

Das Zeitalter der Aufklärung ist geprägt von Persönlichkeiten wie Jean-Jacques Rousseau (1712–1778). Der Philosoph und Naturforscher war der Ansicht, dass sich die Menschheit in einem Prozess der Selbstzerstörung befinde. Damit widersprach er der vorherrschenden Meinung, die immer noch Aristoteles folgte, der den Menschen als gemeinschaftsfähiges Wesen (zoon politikon) betrachtete. Rousseau sieht im Menschen vor allem den Hass und den gegenseitigen Betrug. Nur bei großen Problemen, die der Einzelne nicht bewältigen kann, wie z.B. Naturkatastrophen, sah er menschlichen Zusammenhalt.

Im 18. Jahrhundert wird auch der Grundstein für den späteren wirtschaftlichen Aufschwung gelegt. Automatisierte und programmierte Prozesse gewinnen an Bedeutung in der Produktion und dienen nicht mehr nur dem Vergnügen einer Oberschicht. Der automatische Webstuhl, der über Lochkarten programmiert werden konnte, trug entscheidend zum Aufschwung der Textilindustrie bei, der später auch die Familie Liebieg ihren Wohlstand verdankte.

Antike und Christentum

„Dann erschien ein großes Zeichen am Himmel: eine Frau, mit der Sonne bekleidet; der Mond war unter ihren Füßen und ein Kranz von zwölf Sternen auf ihrem Haupt.“ (Offenbarung des Johannes 12,1)

Das Christentum nutzt die Bilder der griechischen und römischen Antike und lädt diese mit neuer Bedeutung auf.

Als Johannes von Patmos (1. Jh. n. Chr.?) dieses surreale Bild der sogenannten apokalyptischen Frau entwickelte, bezog er sich auf das antike griechische Kultbild der Artemis von Ephesos. Diese Statue, deren Verehrung den Christen ein Dorn im Auge war, besaß zahlreiche Himmels-Symbole: eine Mondsichel, die aus den Schultern wuchs, die Sonne als Scheibe hinter dem Kopf oder aber die Tierkreiszeichen, die den Hals umgaben. Sofern die 12 Sterne der apokalyptischen Frau die 12 Tierkreiszeichen meinen, hat Johannes tatsächlich alle Elemente eines „Götzenbilds“ übernommen.

Später wird der apokalyptischen Frau durch die Gleichsetzung mit Maria, die auf der Mondsichel schwebt, der ursprüngliche Schrecken genommen. Diese sogenannte Mondsichelmadonna wurde hundertfach in Holz geschnitzt.

Skulptur und Bewegung

Das Auge erfreut sich an räumlicher Tiefe und Farbe, aber auch an Bewegung. So waren diese drei Kategorien zu allen Zeiten wichtige Eigenschaften von Skulptur. Automaten begegnen wir bereits in der Antike, später in den sogenannten Kunstkammern der höfischen Sammlungen. Immer sollen die Automaten Erstaunen hervorrufen, aber auch zum Nachdenken anregen.

Der amerikanische Maler und Bildhauer Jeff Koons hatte 2012 eine große Ausstellung im Frankfurter Liebieghaus und der Schirn Kunsthalle. Ein reger Gedankenaustausch mit unseren Wissenschaftlern hat ihn offenbar bestärkt, eine antike Statue wieder zu beleben: Diesem künstlerischen Prozess diene eine berühmte Marmorstatue des musizierenden Apoll aus dem British Museum, die in Anlehnung an aktuelle Forschungsergebnisse farbig gefasst und mit einem animierten Element, der ‚animatronischen‘ Schlange ausgestattet wurde.