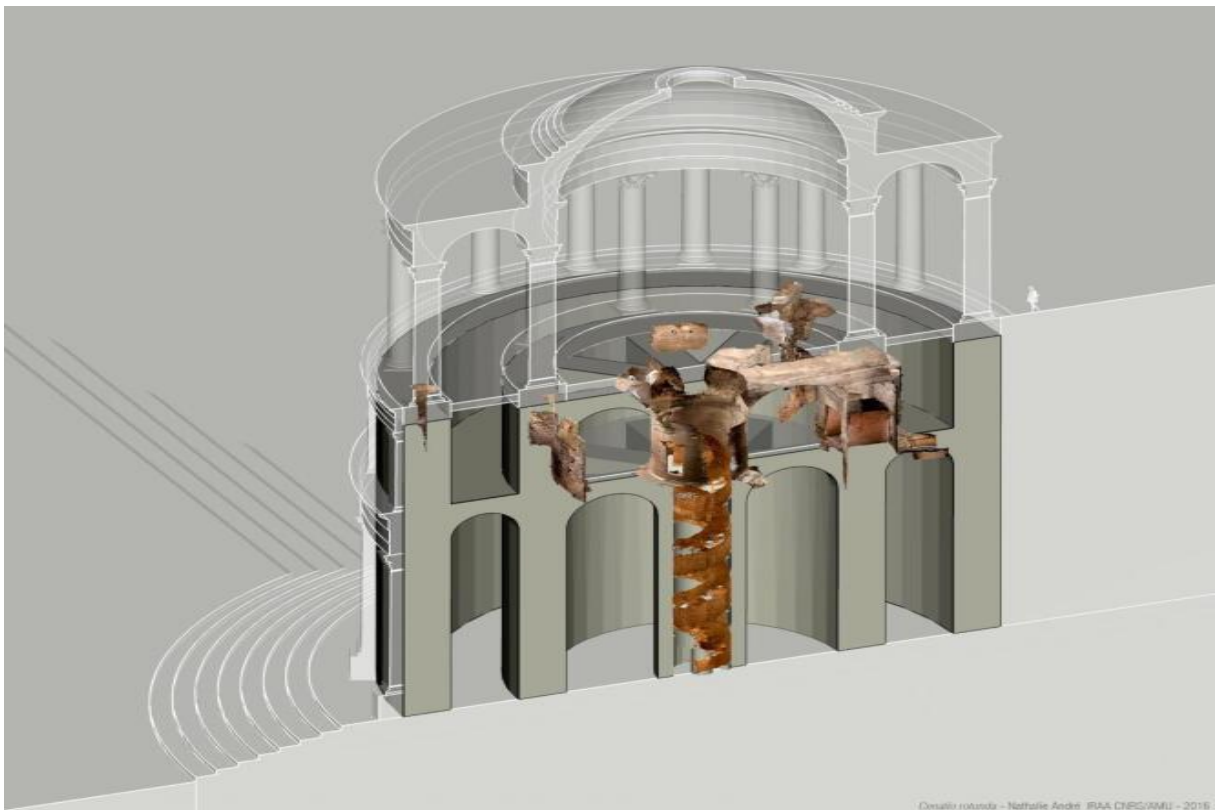


Abbildungen der in den Referaten beschriebenen Exponate



Referat 1 (Bünning, Rosenow, Wolf): Babylonische Tontafel (YBC 7289)



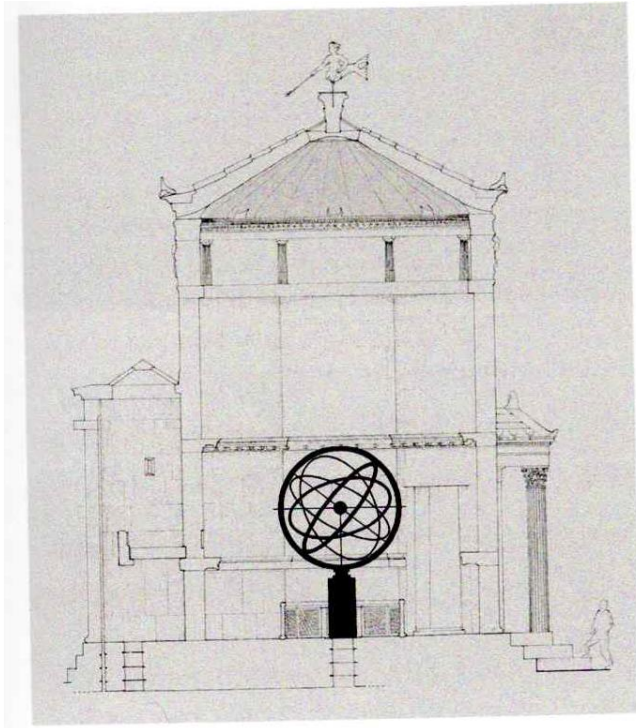
Referat 2 (Davidsmeyer, Schmetzke, Weinert): Neros Cenatio Rotunda (Rekonstr.)



Referat 3 (Grabner, Viglahn, Kisser): Herons Figurenkarussell am Bsp. der Rebhuhjagd

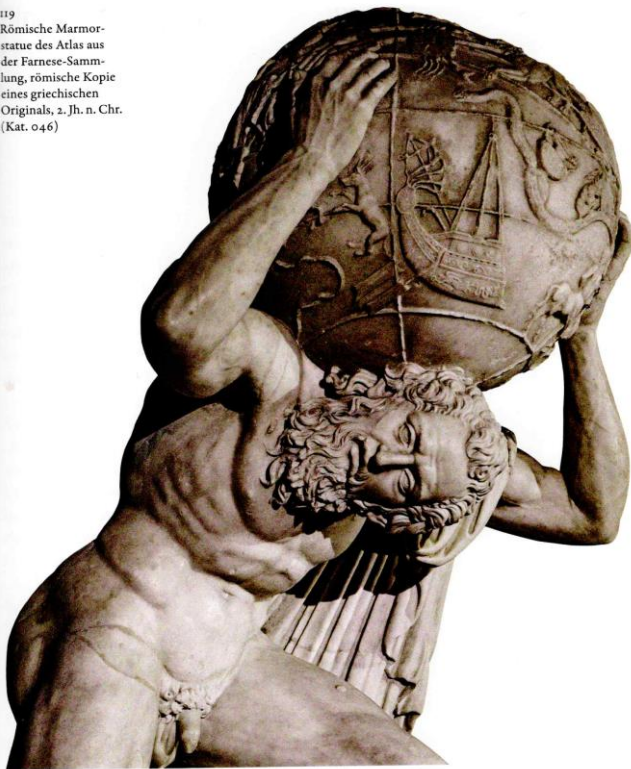


Referat 4 (Kolmorgen, Wolpers, Dreckmann): Sphaera des Archimedes (Nachbau)



Referat 4 (Kolmorgen, Wolpers, Dreckmann): Sphaira des Archimedes (Rekonstr. im Turm der Winde)

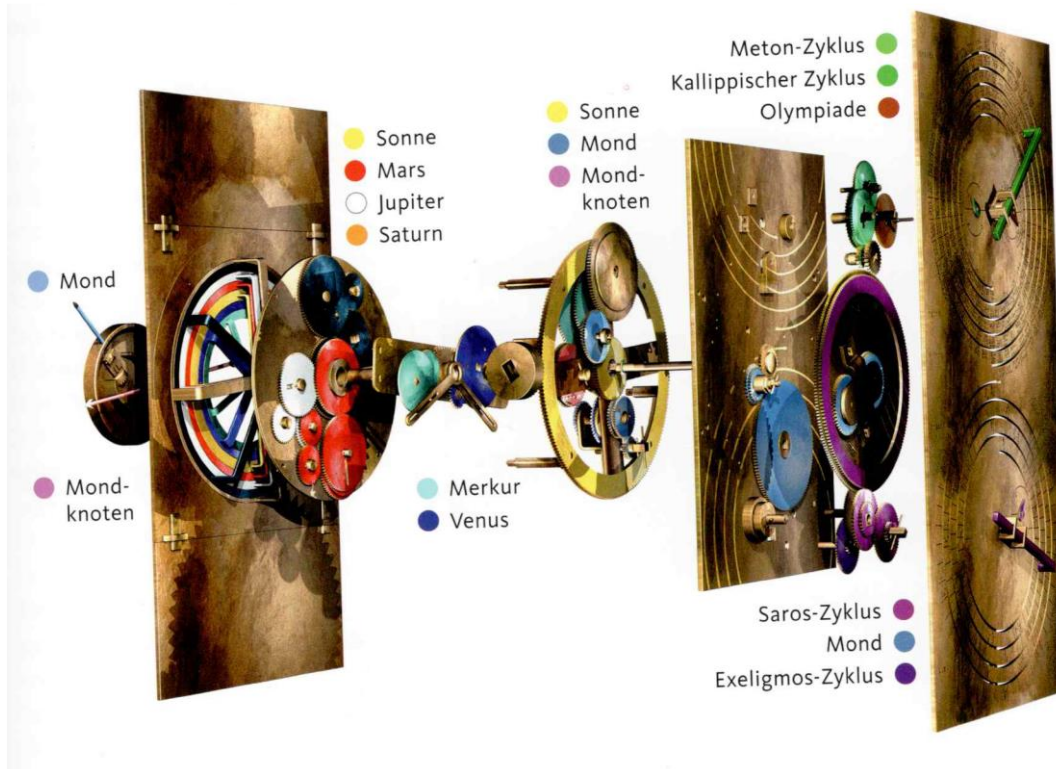
119
Römische Marmorstatue des Atlas aus der Farnese-Sammlung, römische Kopie eines griechischen Originals, 2. Jh. n. Chr. (Kat. 046)



Referat 4 (Kolmorgen, Wolpers, Dreckmann): Atlas Farnese



Referat 5 (Kühl, Schmidt, Zeume): Der Mechanismus von Antikythera (Orig.)



Referat 5 (Kühl, Schmidt, Zeume): Der Mechanismus von Antikythera (Rekonstr.)

a)

- babylonische Tontafel (YBC 7289), 19. – 17 Jh. v. Chr.
- abgebildet: Konstruktion eines geometrischen Quadrats mit sich schneidenden Diagonalen + numerische Annäherung der Quadratzahl von 2; Wert wird von der obersten horizontalen Inschrift abgelesen und zeigt größte mathematische Genauigkeit der Antike
- Berechnung der „Gesetzmäßigkeit“ zur Erbauung von bspw. Pyramiden notwendig

b)

- Berechnung der Diagonale eines Quadrats anhand der Seitenlängen mithilfe extrem genauer Annäherung an Wurzel 2
- Abweichung geringer als 1 Zweimillionstel bzw. 0,00005%
- Annäherung auf 6. Nachkommastelle genau (3. im babylonischen Sexagesimalsystem, welches auf 60 statt auf 10 beruht)
- Wurzel 2 Grundlage vieler wichtiger Formenberechnungen (siehe Satz des Pythagoras) und als irrationale Zahl schwer zu berechnen
- bedeutender Schritt in der Hilfswissenschaft Mathematik

c)

- babylonische Tontafel (YBC 7289), 19. – 17 Jh. v. Chr.
- babylonische Tontafel, rund, Rekonstruktion, Original in Yale

d)

- grob ähnliche wissenschaftliche Erkenntnisse bei Hipparch (2. Jh. v. Chr.) und Ptolemäus (2. Jh. n. Chr.) überliefert
- YBC 7289 selbst findet keine Erwähnung

e)

- Digitalisiert für ua 3D-Drucke im Rahmen des Yale Babylonian Collection Digital Imaging Project¹
- Kopie aus der Yale Babylonian Collection

1 <https://ipch.yale.edu/news-events/3d-print-ancient-history-one-most-famous-mathematical-texts-mesopotamia>

Neros Cenatio Rotunda

„Praecipua coenationem rotunda, quae perpetuo diebus ac noctis vice mundi circumageretur.” (Sueton, Nero, 31, 3)

Das Versailles Roms: die Domus Aurea. Neros Prunkpalast hatte ein gewaltiges Ausmaß. Wie Tacitus schreibt, erstreckte sie sich über weite Teile des Palatins, des Esquilins bis hin zum Nordhang des Caelius. Dagegen ist die Cenatio Rotunda ein kleiner Teil, dafür aber ein spektakulärer. Es handelt sich hierbei um einen turmartigen Anbau an einen Seitenflügel des Palastes mit einem Bankettsaal, der auf einem Unterbau in ca. 20m Höhe thronte. Aber noch nicht genug: Er drehte sich Tag und Nacht. Die Drehung des Speisesaals sollte die Bewegung des Himmelsgewölbes nachahmen. Hierbei waren die Gäste dann mitten im Geschehen, inklusive 360° Rundumblick. Also quasi ein antiker Vorgänger des Berliner Fernsehturms.

Aufbau:

- Runder Turm, der aus einem ca. 20m hohen Unterbau und dem säulenumrahmten Bankettsaalüberbau bestand
- Zwei konzentrisch angeordneten Mauern im Unterbau
- In einer zentralen Säule eine Wendeltreppe, die die zwei Geschosse des Unterbaus miteinander verband
- Dieser Unterbau bot Platz für die Drehmechanik sowie Dienstbotengänge
- Der Zugang zum Bankettsaal im Überbau erfolgte vermutlich direkt vom Palast aus, und nicht über die Wendeltreppe

Drehmechanismus:

- Kreisförmiger Holzbankettboden, der auf einer Art Kugellager aufgelegt war
- Antrieb war ein außerhalb des Turmes gelegenes Wasserrad, das über Zahnräder mit der Mechanik des Drehfußbodens verbunden war

Rekonstruktion:

- Gefunden wurden: Fragmente des Unterbaus, d.h. Teile der Außen- und Innenmauern sowie der Wendeltreppe, und des Zahnradmechanismus‘
- Aus der Wendeltreppe ließ sich die Höhe des Unterbaus schätzen
- Aus halbkugelförmigen Vertiefungen ließ sich auf einen Kugellagermechanismus schließen
- Eine erste Rekonstruktion erfolgte durch Matthieu Quantin und Nathalie André, 2016

Herons Figurenkarussell am Beispiel der Rebhuhnjagd

Bewegliche, automatische Figuren erscheinen uns oft als eine Erfindung der Moderne, sind jedoch bereits in der Antike verbreitet gewesen. Schon Aristoteles schrieb in seinem Werk *De motu animalium* („Über die Bewegung der Lebewesen“) über solche Automaten. Der Begriff Automat ist abgeleitet vom griechischen αὐτόματος und bedeutet so viel wie „sich von selbst bewegend; aus eigenem Antrieb“. Automaten funktionieren mithilfe komplexer Mechanik aus Gestängen, Zugseilen sowie Gelenken und konnten mittels Stiftwalzen programmiert werden. Ein Beispiel für solche Apparate sind fahrende Automatentheater. Diese besaßen einen kleinen Tempel oder altarartigen Aufbau mit bspw. einer Götterfigur in Zentrum der Konstruktion. Dieser war in der Lage, sich durch Heben und Senken zu drehen und zu bewegen.

Eine Variante eines solchen beweglichen, sich drehenden Automatentheaters ist das Figurenkarussell. Wie bei einem Daumenkino wird ein realistischer Bewegungsablauf imitiert, indem zwei oder mehr Figuren rotieren, wobei bis auf eine Phase die jeweiligen anderen Figuren kurzzeitig abgedeckt werden. Die Automaten wurden meist mit Wasser-, Luft- oder Dampfdruck betrieben.

Solche Konstruktionen werden ausführlich in den sogenannten *Pneumatika* beschrieben. Der antike wissenschaftliche Begriff *pneumatikon* stammt vom griechischen πνεῦμα, was so viel wie Wind, Atem oder Windstoß bedeutet. Als *Pneumatika* werden die Schriften des Philon von Byzanz (3.–2. Jh. v. Chr.) und des Heron von Alexandria (vermutlich 1. Jh. n. Chr.) bezeichnet. Heron hatte vermutlich Zugang zu Philons Werk. Er war Mathematiker sowie Ingenieur und schrieb zahlreiche Werke zur Mechanik, Pneumatik, Vermessungskunde und Herstellung von Maschinen. Herons *Pneumatika* sind in mehreren Handschriften überliefert, wobei zwei als Grundlage der heutigen Edition dienen.

Er beschreibt detailliert einige Konstruktionen verschiedener Figurenkarusselle. Aufgrund der Verwendung des Plurals („die Automatentheater“) und alternativer Bauanleitungen, lässt sich ableiten, dass um die Zeitenwende Automaten und animierte Skulpturen weit verbreitete Kunsttechnologien waren. Durch Vergänglichkeit und Wiederverwendung der Materialien (Holz, Seile, Metalle) ist heutzutage die Mehrheit der Konstruktionen verloren.

Unter anderem überliefert Heron die Bauanleitung für ein dampfdüsenbetriebenes Figurenkarussell, in welchem ein Kleinkind zu sehen ist, das einem Rebhuhn hinterherjagt bzw. hinterherkrabbelt. Es besteht aus zwei Phasen mit jeweils zwei bronzenen, etwas unterlebensgroßen Figuren. Die scheinbare Bewegung wird dargestellt, indem sich die Gewandfalten des Kindes in der zweiten Phase verschieben und sich die Armposition verändert. Das Rebhuhn schaut in der zweiten Szene abrupt zum Kind zurück. Beide Figuren, stammen aus dem ersten vor- oder nachchristlichen Jahrhundert.

In der Ausstellung „Maschinenraum der Götter“ werden nicht die echten Figuren, sondern 3D-Rekonstruktionen ausgestellt. Sie wurden vom Imaging Department des Metropolitan Museum of Art in New York unter der Leitung von Scott Geffert und Wilson Santiago angefertigt und von Jakob Brinkmann animiert.

Die Sphaira des Archimedes und der Atlas Farnese

Die Sphaira des Archimedes

Die Sphaira des Archimedes ist ein mechanischer Apparat, welcher durch Archimedes (287 - 212 v. Chr.) und auch von dem Universalgelehrten Poseidonios (135 - 51 v. Chr.) konzipiert wurde. Sie sollte der Darstellung und Observation der rhythmischen Bewegungen und Veränderungen des Himmels über den Verlauf des Jahres dienen und so z.B. den Verlauf des Tierkreises ("Zodiakus") verdeutlichen.

Dass die Erde kugelförmig ist, war auch in der Antike schon bekannt und ergab sich aus verschiedensten Beobachtungen, unter anderem auch der Bewegung von Planeten und bestimmten "beweglichen" Sternen. Diese veränderten sich in einem gewissen Rhythmus über den Verlauf des Jahres, wodurch auf Muster in der Bewegung der Erde zum Himmel geschlossen werden konnte. Eine Abbildung dieser Muster, welche sogar Abweichungen und Irregularitäten einschließen könnte, sollte durch die Sphaira möglich sein. Somit kann die Sphaira als eine Art früher analoger Computer zu Diensten der Veranschaulichung astronomischer Phänomene bezeichnet werden.

Die ausgestellte Rekonstruktion ist ein experimenteller Nachbau von 2017 – die Existenz jenes Apparates ist lediglich literarisch belegt (Cic. rep. 1, 21-22; Tusc. 1,63; nat. 2, 87-88), ansonsten sind die Objekte nicht archäologisch fassbar. Betrieben wurde die Sphaira vermutlich durch Wasserkraft, weswegen der deutsche Historiker Hermann Kienast vermutet, dass ein Konstrukt wie die Sphaira des Archimedes womöglich im „Turm der Winde“ im Athen des ersten Jahrhunderts v. Chr. in Betrieb gewesen sein könnte. Dieser achteckige Turm verfügt über ein mittlerweile verlorenes inneres wasserbetriebenes Maschinensystem, was auf die Existenz einer Wasseruhr oder ähnliche Konstruktion (vgl. Atlas Farnese) hindeuten würde.

Atlas Farnese

Marmorskulptur aus dem 2. Jh. n. Chr. nach griechischem, nicht erhaltenen Vorbild (Bronzeskulptur?). Ergänzung im 16. und 18. Jh. um Gesicht, Arme und Beine. Im heutigen Zustand 1,91 m hoch (ohne Ergänzungen max. 1,41 m). Kegelförmige Eintiefung am Pol: eingelassenes Objekt? Gnomon?

Fundort (ungesichert!) n. P. Ligorio: Caracalla-Thermen.

Atlas trägt auf den Schultern eine Sphaira mit Linien des Äquators, Polar- und Wendekreise, Koluren (mit Längengraden der Erde vergleichbar, verlaufen durch Himmelspole), Ekliptik (scheinbare Bahn der Sonne (1 Lauf: 365 Tage)), Grenzen des Zodiakus (Tierkreis) sowie 41 reliefierte personifizierte Sternbilder.

Forschungsstand der Künstler: Astronom Hipparchos (um 190 - 120 v. Chr.).

Eher künstlerischer als wissenschaftlicher Anspruch.

Urfassung möglw. im sog. Turm der Winde aufgestellt; mag mechanische und größere Sphaira getragen haben, die die Position der Planeten in Echtzeit anzeigte. Hielt Fixsterne (Sterne, die ihre Position am Himmel nicht verändern und stets dieselbe Stellung zueinander einnehmen) in den Händen. Müsste darum selbst um die Sphaira kreisen.

Weitere Literatur:

U. Korn, Der Atlas Farnese. Eine archäologische Betrachtung, in: G. Schweikhart (Hrsg.), Antiquarische Gelehrsamkeit und bildende Kunst. Die Gegenwart der Antike in der Renaissance (Köln 1996), 25-44.

Frankfurt-Exkursion Oktober 2023 der Latinistik (Prof. Dr. N. Hömke) Annabell Kühl, Carolin Schmidt, Frances Alexa Zeume

Der Mechanismus von Antikythera ist das komplexeste Objekt der Antike. Es sind nur noch 82 zerbrochene und korrodierte Fragmente (etwa ein Drittel) erhalten, die aufgrund ihres Zustands das Archäologische Museum Athen nicht verlassen können. Die Rekonstruktion des Mechanismus ist aus diesem Grund nur auf Animationen zu sehen, welche die in 120 Jahren gewonnenen Erkenntnisse veranschaulichen.

Im Jahr 1900 stieß eine Gruppe von griechischen Schwammtauchern auf ein Mitte des 1. Jh. v. Chr. untergegangenes Schiffswrack, in welchem sich u.a. ein wörterbuchgroßer Klumpen aus Bronze befand. Erst einige Monate später entdeckte der Archäologe Spyridon Staïs winzige Zahnräder in dem mittlerweile aufgeplatzten Klumpen. In den darauffolgenden Jahren wurden Vermutungen über die Funktion und den möglichen Aufbau der Einzelteile aufgestellt, aber erst durch Inschriften auf den Oberflächen der Fragmente konnte geschlossen werden, dass es sich um eine astronomische Apparatur handeln musste.

Der deutsche Altphilologe Albert Rehm untersuchte die Fragmente von 1905 bis 1906. Er entdeckte weitere astronomische Inschriften, die u.a. Aufschluss über die Zyklen von Sonne und Mond gaben. Weiterhin fand er heraus, dass epizyklische Zahnräder den Kern des Mechanismus ausmachten, die im Gegensatz zu herkömmlichen Zahnrädern auf anderen sich drehenden Zahnrädern oder Scheiben lagen. Dadurch konnte eine deutlich höhere Rechenleistung vermerkt werden. Die Forschung wurde in den 1950er Jahren von Derek de Solla Price neu aufgenommen. Ihm gelang es, die Hauptfragmente anzuordnen, indem er anhand von Röntgenstrahlen die Anzahl der Zähne an den Rädern schätzen konnte. Weiterhin fand er ein Räderwerk, das mithilfe der von Rehm gefundenen Inschriften die Position des Mondes nach dem geozentrischen Weltbild berechnete. Als nächstes versuchte sich Michael Wright an dem Rätsel. Er untersuchte, wie die Zyklen von Mond (mit vier verschiedenen), Sonne und Erde mit Zahnrädern in den Mechanismus eingebracht werden konnten. Dabei erkannte er u.a., dass Mondphasen unter Verwendung einer zur Hälfte versilberten Kugel dargestellt wurden und rekonstruierte ein Zahnradgetriebe für die Zyklen. Im Jahr 2005 fand ein Forscher:innenteam aus verschiedenen Fachrichtungen bis dahin verborgene Schriftzeichen im Inneren der Fragmente und erkannte, dass auch die Vorhersage von Mondklipsen möglich war.

Zusammen mit den Erkenntnissen der bislang letzten Forscher:innengruppe, die 2018 das UCL Antikythera Research Team bildeten, lässt sich der Mechanismus von Antikythera wie folgt rekonstruieren: Der Mechanismus wird von zwei Deckplatten geschützt. Auf der vorderen Abdeckung befanden sich die Zyklen der Planeten und ein Verzeichnis zu den Planetenringen. Die hintere Abdeckung gab Aufschluss über die Kalenderstruktur, die Zyklen von Sonne und Mond und über die Handhabung der Kosmos-Anzeige an der Frontplatte. Auf eben dieser fand die Forscher:innengruppe von 2018 Inschriften, die die Zeitintervalle zwischen Ereignissen für jeden damals bekannten Planeten in seinem jeweiligen Umlaufzyklus beschrieben. Diese Zyklen sowie das Datum der metonischen und ägyptischen Kalender, die Position und Phase des Mondes und die Zeit seit dem letzten Neumond in Tagen wurden durch eine komplexe Konstruktion aus verschiedenen Ringen und Zeigern visualisiert. Ergänzt wurde diese Liste mit den Mondknoten (Schnittpunkt der Mondbahn mit der Erdumlaufbahn), dem Jahr einer Eklipse und der Phase des drakonitischen Monats (Zeitraum zwischen zwei Mondknoten). Die Rückseite schmückten zwei Anzeigen: Die obere, metonische Skala (Jahreseinteilung) samt Monatsnamen und Olympiade-Anzeige und die untere Saros-Skala mit Eklipsenglyphen, sowie Eigenschaften der Eklipsen um beide Skalen.

Während die Funktionsweise und der Aufbau des Mechanismus von Antikythera weitestgehend nachvollzogen werden konnten, ist die Herkunft nach wie vor ein Rätsel. Price stellte die Vermutung auf, dass Cicero (u.a. Tusc. 1,25,63) von dem Mechanismus als einem Entwurf des Archimedes berichtet hätte, jedoch konnte dies nicht bewiesen werden. Nach heutigen Erkenntnissen stammte der Mechanismus aus der Stadt Epiros im Nordwesten Griechenlands. Anhaltspunkte dafür sind die Inschriften von vier Monatsnamen, die ausschließlich korinthischen Ursprungs sind. Die Entstehungszeit lässt sich anhand der zugrunde liegenden Theorien und der im Wrack gefundenen Fracht auf 240 v. Chr. und dem 1. Jahrhundert v. Chr. datieren.

Der Mechanismus von Antikythera stellt die früheste bekannte mechanische Apparatur der Menschheit dar und gilt als Meilenstein in der Geschichte der Technologie, der bis heute die Wissenschaft vor viele Fragen stellt.