

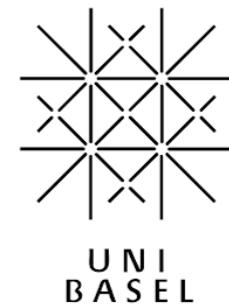
Mechanismus von Antikythera



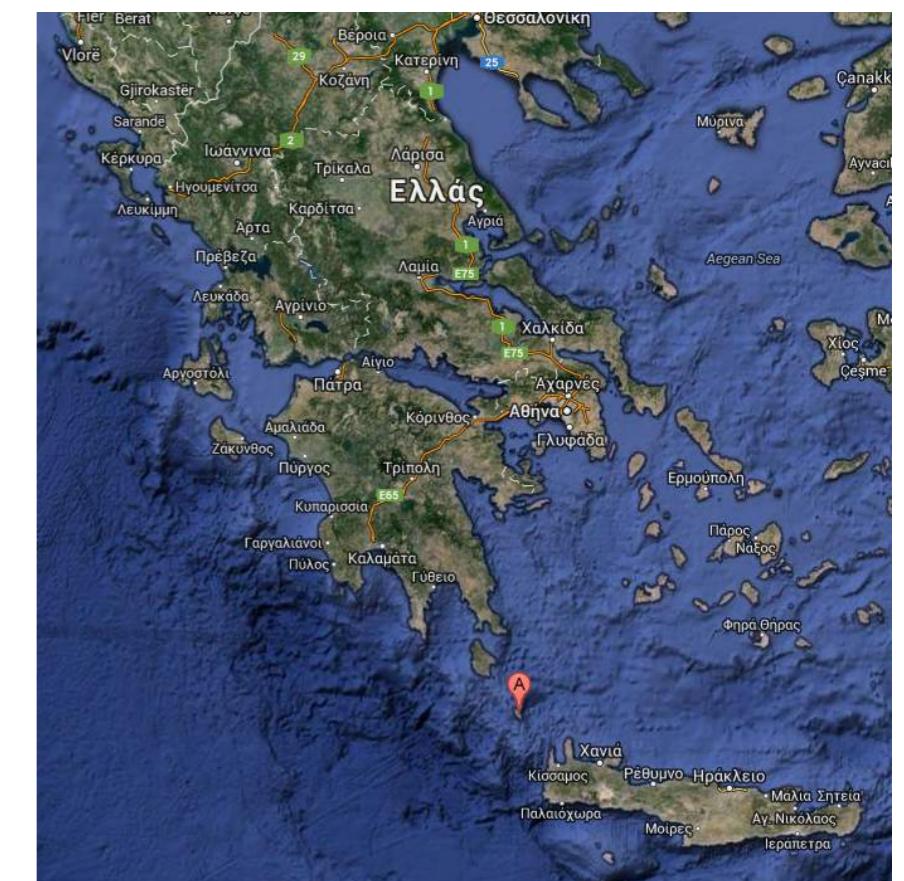
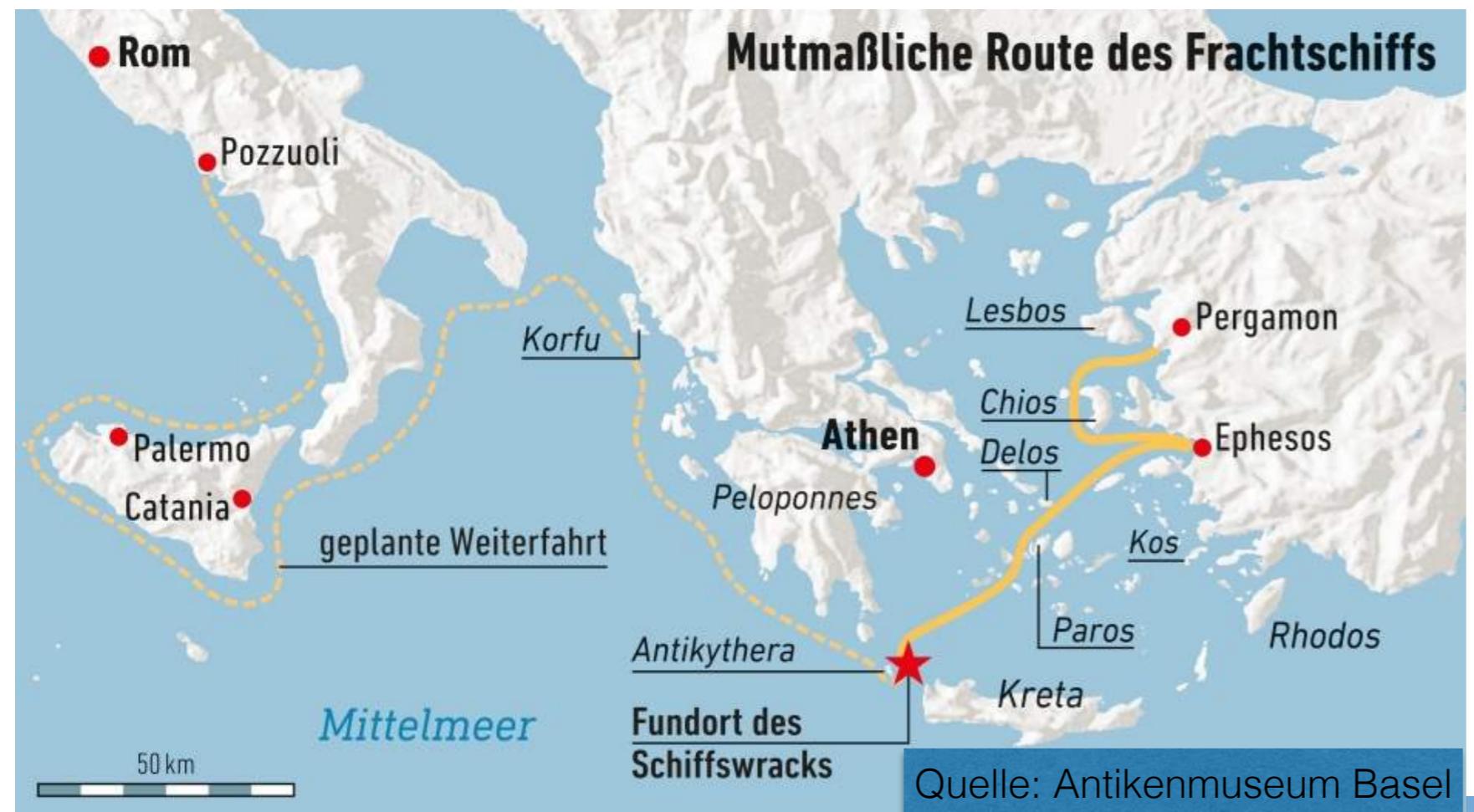
Data & Service
Center for
the Humanities
DaSCH

Rita Gautschy

Berlin, 12. 1. 2022



Fundort des Schiffswracks



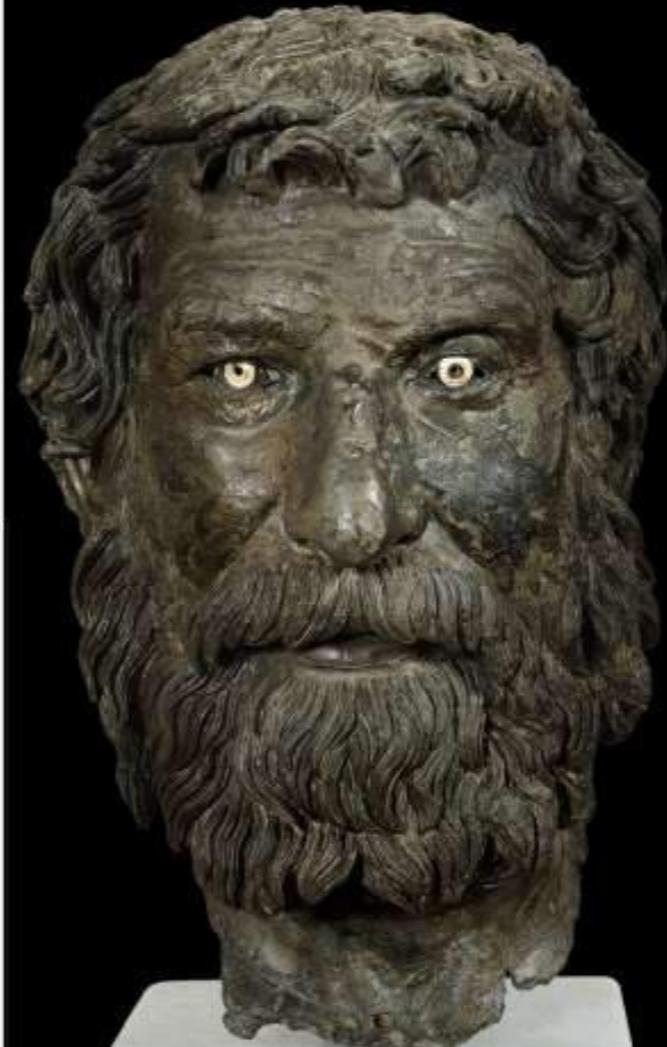
Fundumstände



Weitere „Ausgrabungen“



Fundstücke



Fundstücke



Fundstücke



Fundstücke - Mechanismus



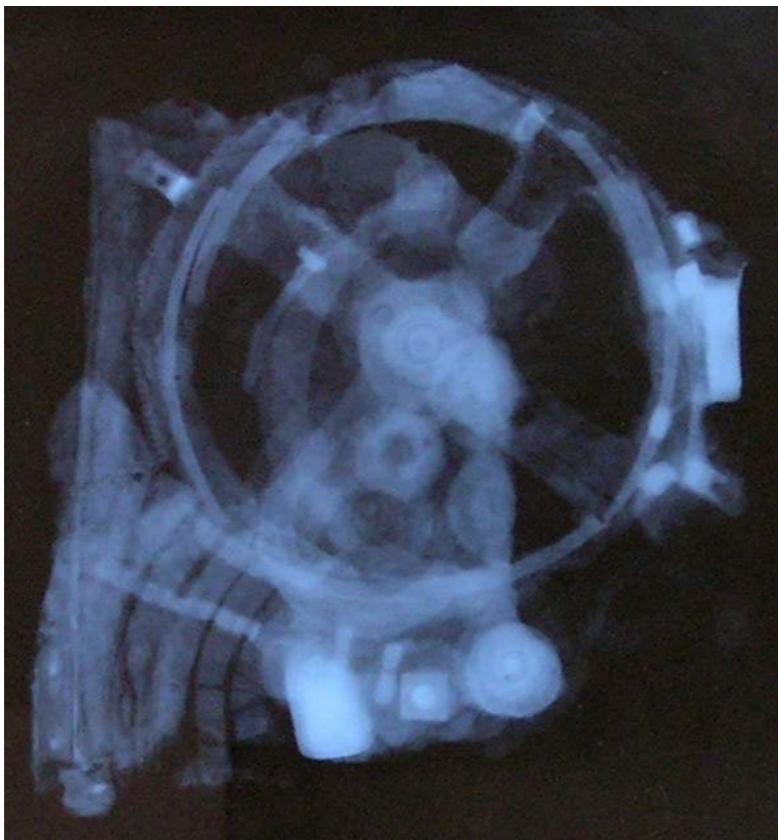
Forschungsgeschichte



- 1903 vermutet, dass es eine Art Astrolab ist
- 1905/1906 Albert Rehm: entdeckte Monatsname „Pachon“ → kein Astrolab

Forschungsgeschichte

- 1958: **Derek de Solla Price** - entdeckte auf Vorderseite Bruchstücke von Inschriften
- 1972: Mechanismus mit Röntgen- und Gammastrahlen untersucht
 - erste Rekonstruktion der Anzeigen auf Vorderseite



Forschungsgeschichte

- ab 1983: Physiker **Michael Wright** & Computer-historiker **Allan Bromley** - Wright vermutete, dass auch Bewegung der Planeten dargestellt war
- 1989: Fragmente im Museum untersucht
- inzwischen 2 neue Fragmente aufgetaucht
- kaum neue Ergebnisse, ausser dass de Solla Price nicht alle Fragmente richtig angeordnet hatte
- Wright wurde auf Tomographie aufmerksam
- über 2 Jahre hinweg 700 Tomographie-Aufnahmen gemacht, 4 neue Zahnräder (31 insgesamt)

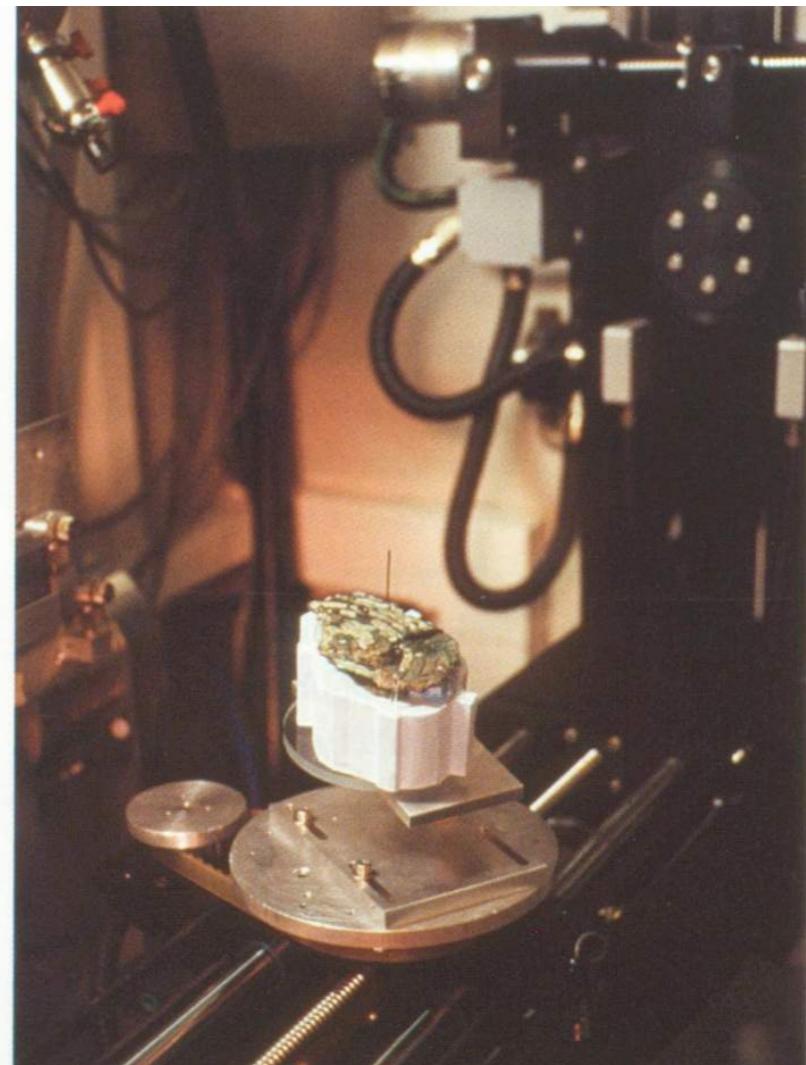
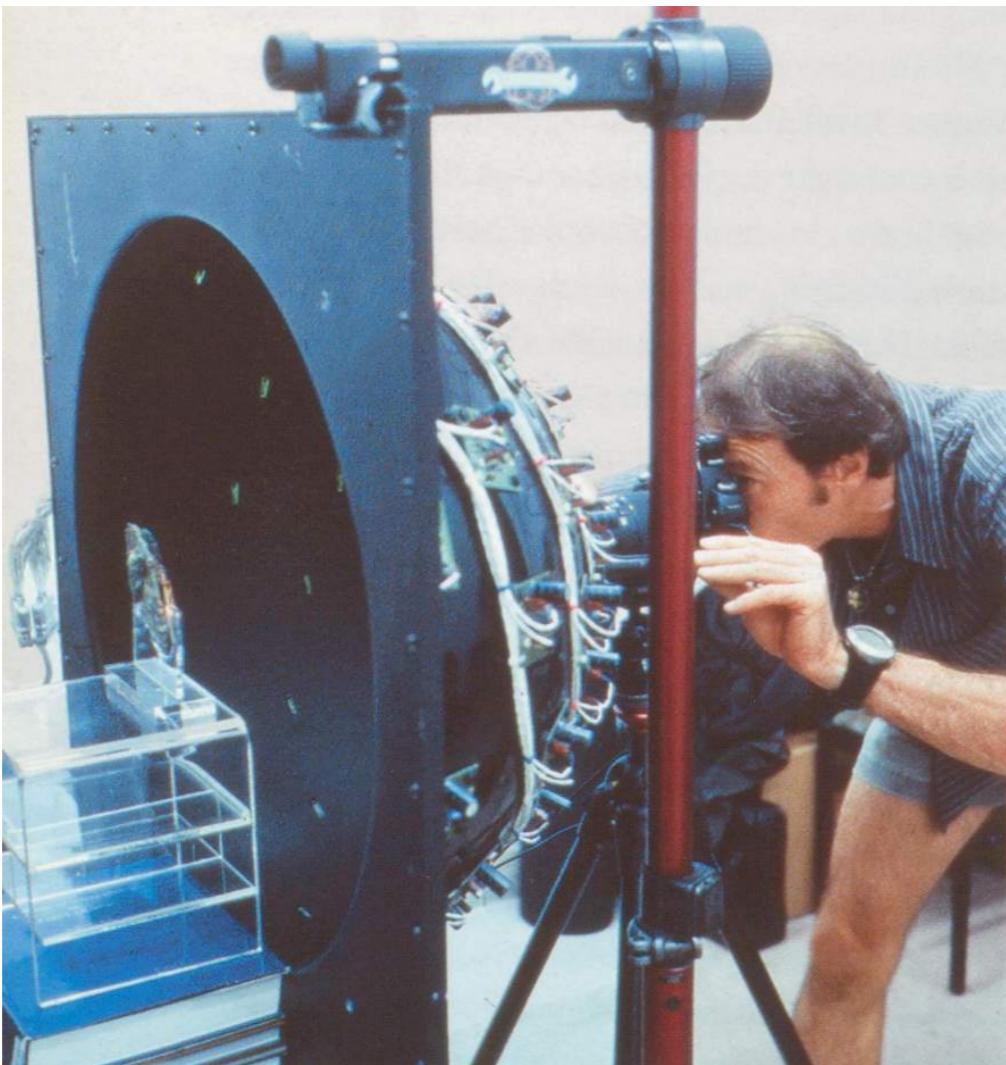
Forschungsgeschichte

- Wright zu voreiliger Rekonstruktion gezwungen da neue Arbeitsgruppe Mechanismus zu erforschen begann

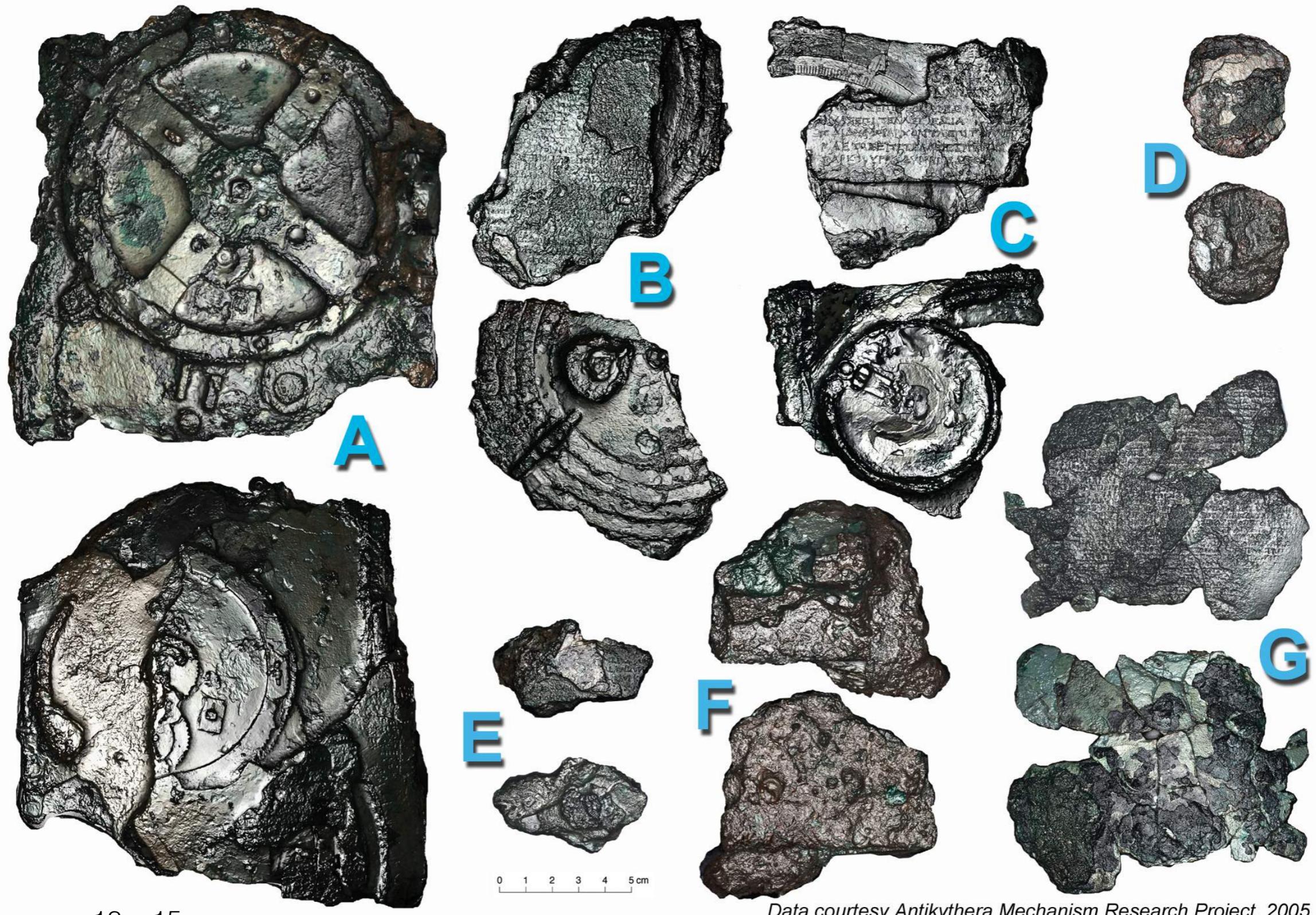


Forschungsgeschichte

- **Freeth & Edmunds: Antikythera Mechanism Research Project**
 - <http://www.antikythera-mechanism.gr/>
 - 2005: neuere CT- und Röntgenbilder gemacht



Mechanismus: Fragmente A-G



Data courtesy Antikythera Mechanism Research Project, 2005

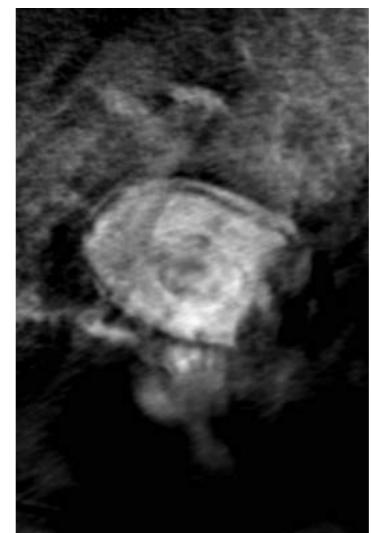
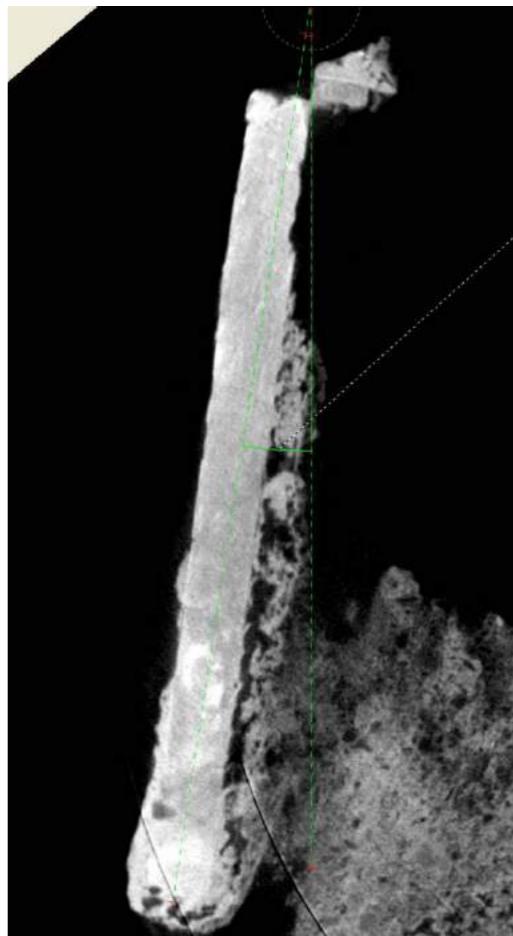
Datierung



- Schiff ist zwischen 70 und 60 v. Chr. gesunken
- Mechanismus meist zw. ca. 120 und 70 v. Chr. datiert

Mechanismus: Zeiger

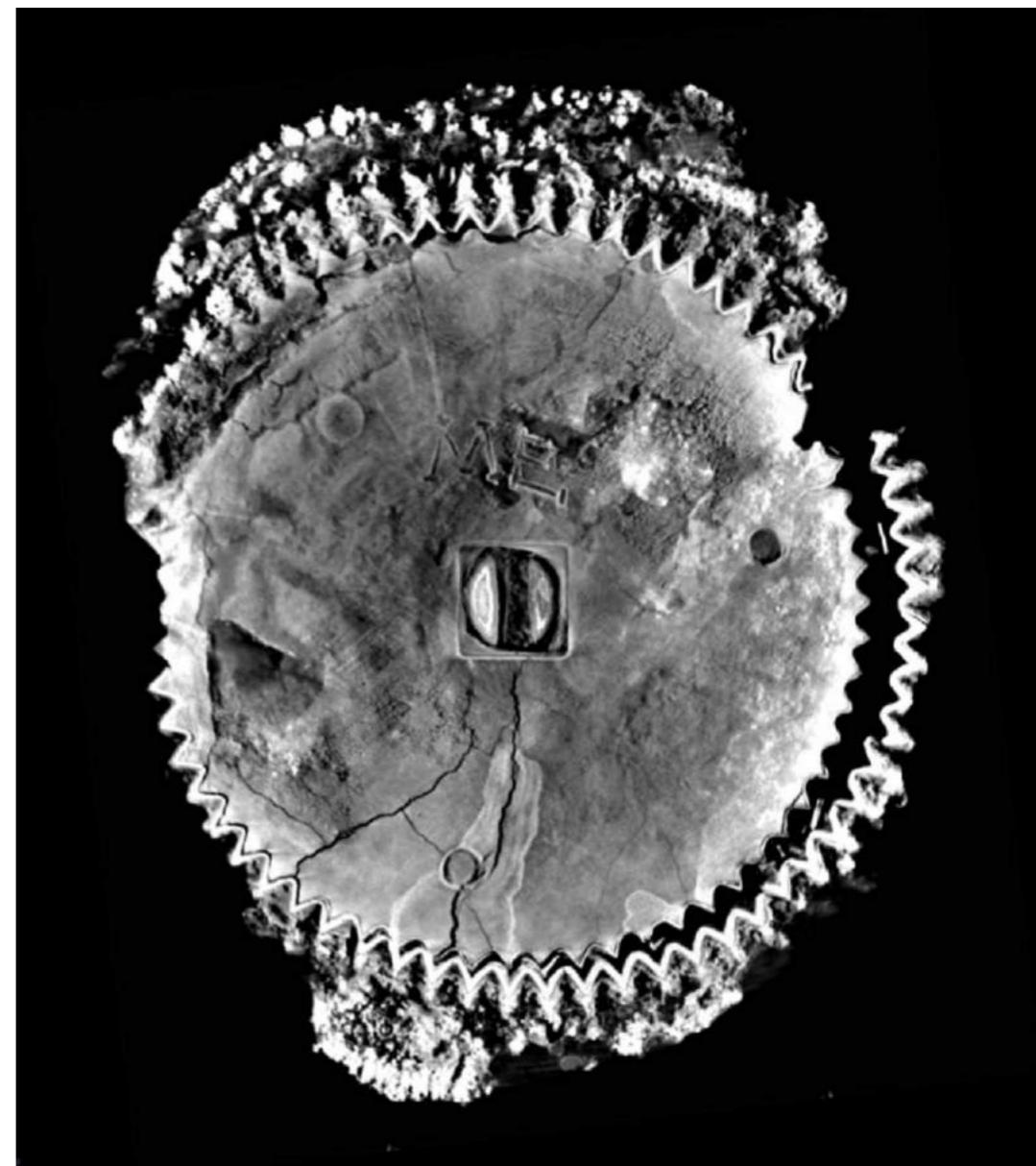
- heute: 6 relativ sicher rekonstruierte Anzeigen, dafür 7 Zeiger nötig:
 - 1 Mondzeiger auf Rückseite von Fragment C vorhanden
 - Nabe des Zeigers für Anzeige von Finsternissen vorhanden
 - Zeiger für angenommene Planetenbewegungen fehlen (gelöst 2021 durch neue Rekonstruktion!)



©2005 Antikythera Mechanism Research Project

Mechanismus: Zahnräder

- 31 Zahnräder erhalten
 - 27 auf Fragment A
 - je 1 auf Fragment B, C, D
 - Fragment D enthält zusätzlich noch 1 weiteres Zahnrad, das vermutlich zu nicht erhaltener Planeten-Anzeige gehörte
 - insgesamt 8 nicht gefundene Zahnräder postuliert
- zu mehreren Getrieben vereinigt



©2005 Antikythera Mechanism Research Project

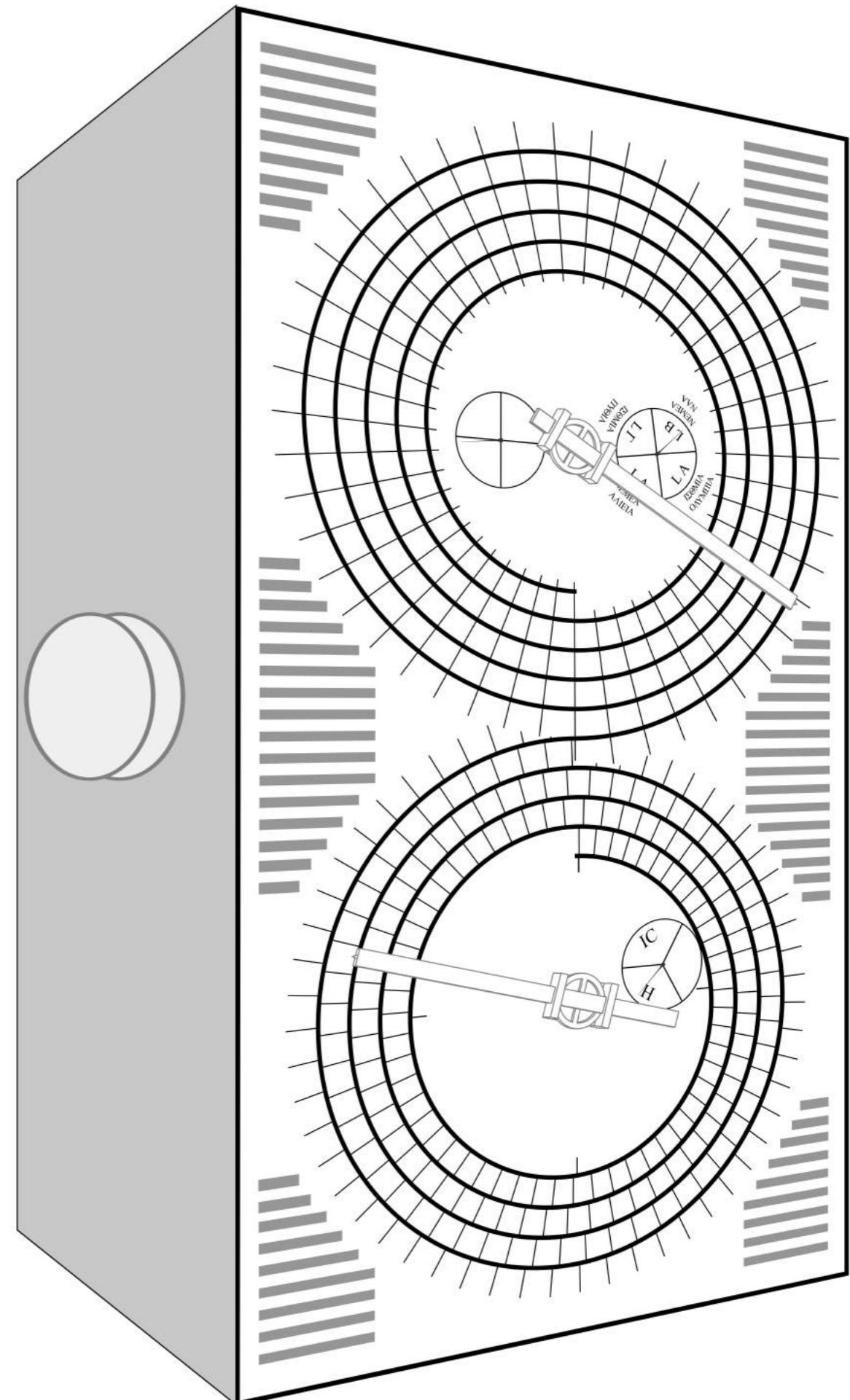
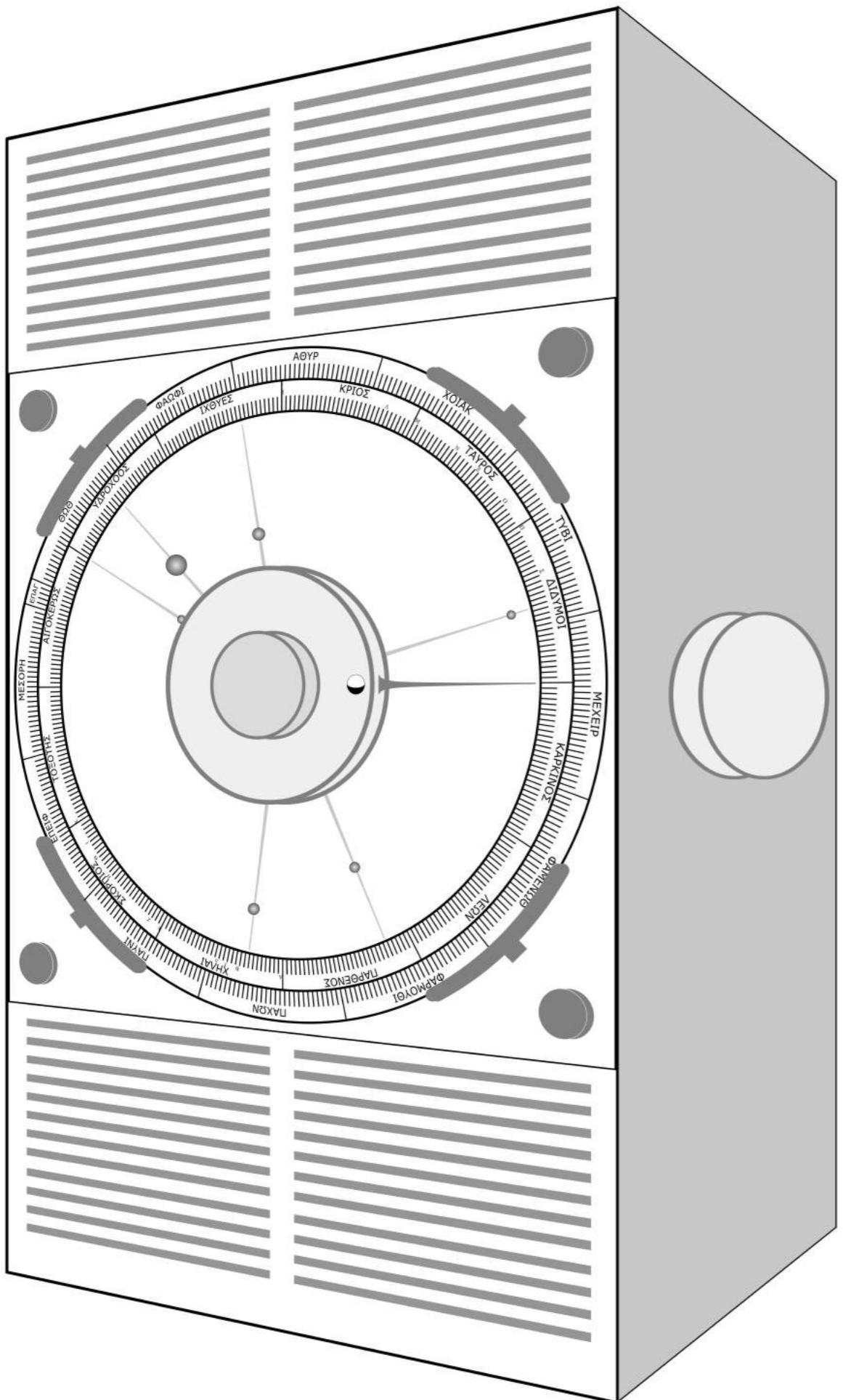
Rekonstruktion

Vorhandene astronomische Grundperioden

- siderisches Jahr
- siderischer Mondmonat (ca. $27 \frac{1}{3}$ Tage)
- synodischer Mondmonat (ca. $29 \frac{1}{2}$ Tage)

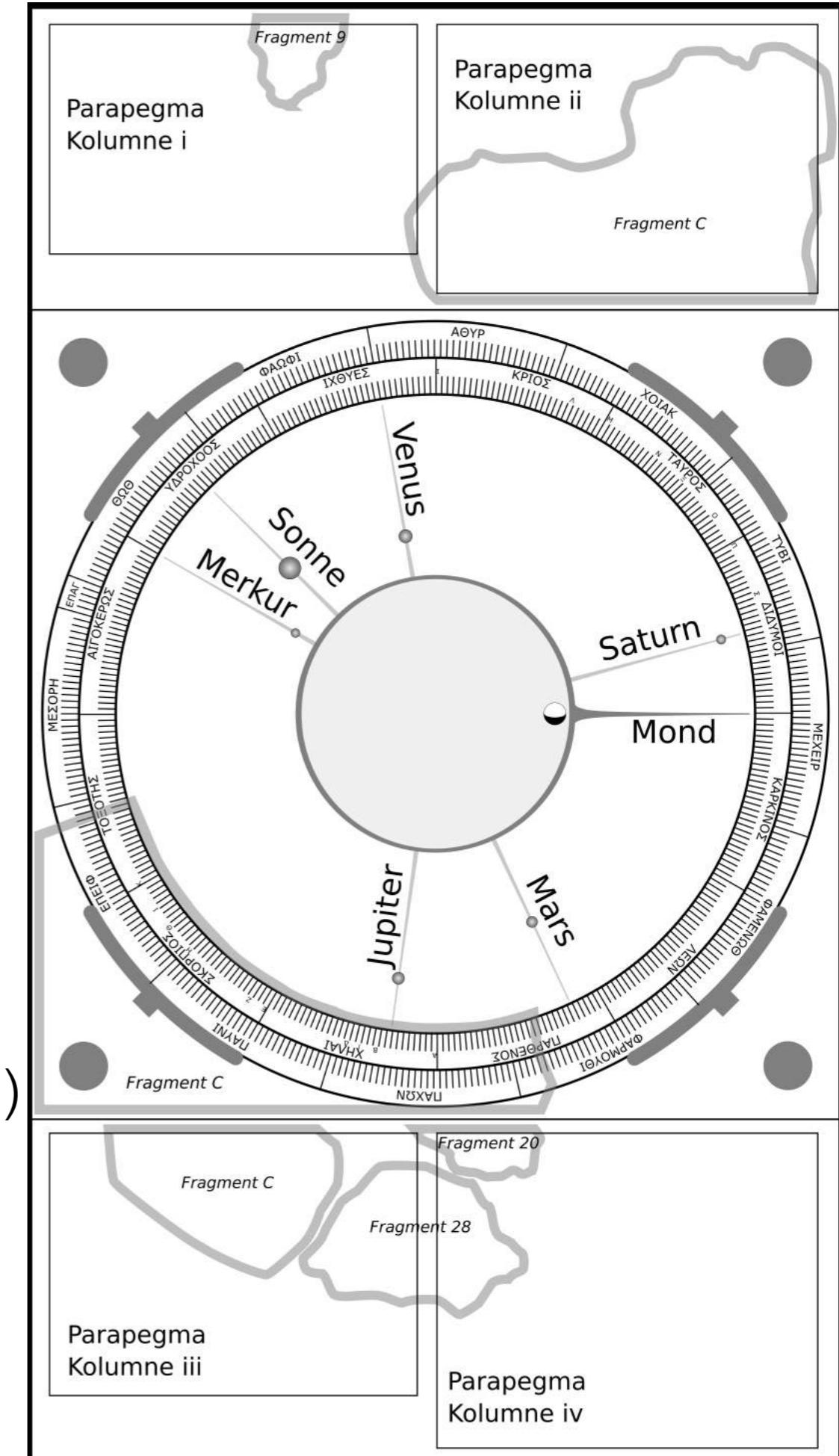
Abgeleitete Perioden

- Meton-Zyklus (19 Sonnenjahre, 235 Mondmonate)
- Saros-Periode (18 Sonnenjahre, 223 synodische Mondmonate, 242 drakonitische Mondmonate)
- diente als Modell für die von Erde aus beobachtbaren Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten



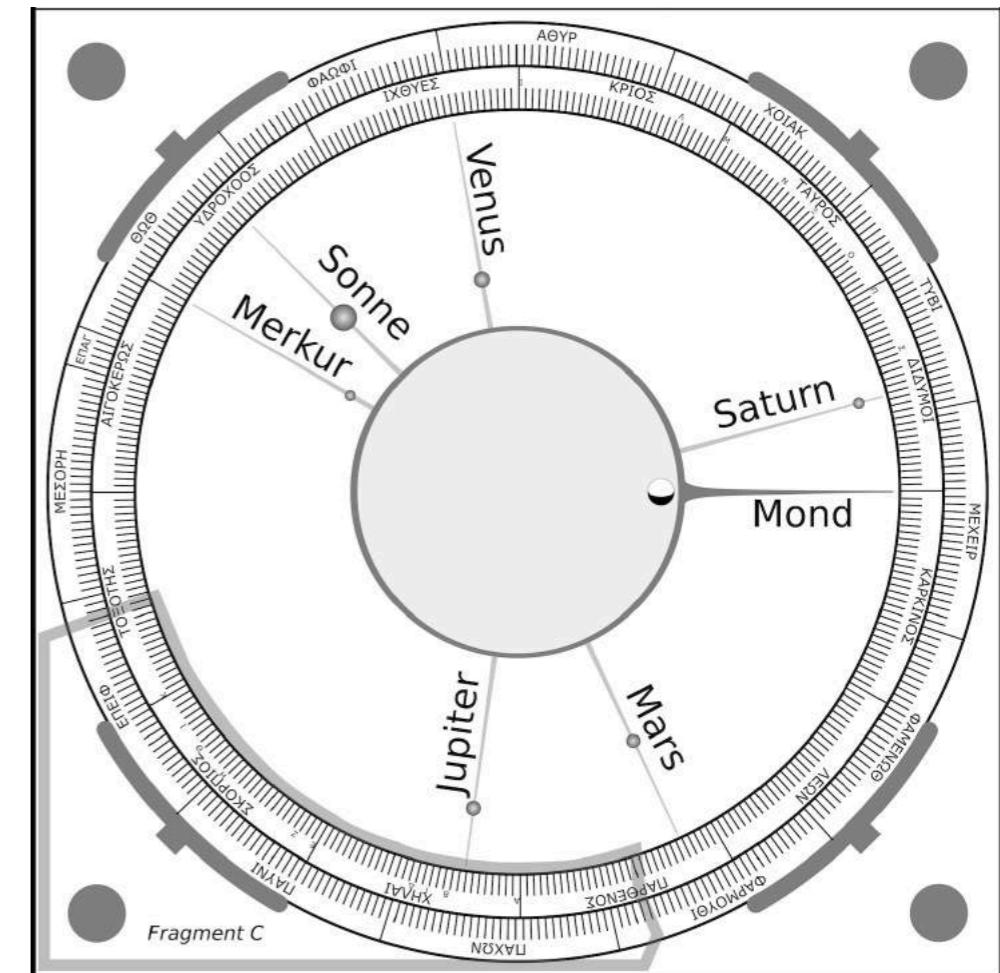
Rekonstruktion: Vorderseite

- Sonnenkalender mit
 - innerer Tierkreisskala mit 12 Abschnitten für Tierkreiszeichen
 - äussere Datumsskala mit 365 Tagen unterteilt gemäss ägyptischem Kalender:
12 Monate zu je 30 Tagen und 5 Zusatztage
 - zueinander koaxiale Zeiger für jeden Himmelskörper (Sonne, Mond Planeten)
 - Mondphasenkugel (schwarze Kugel)

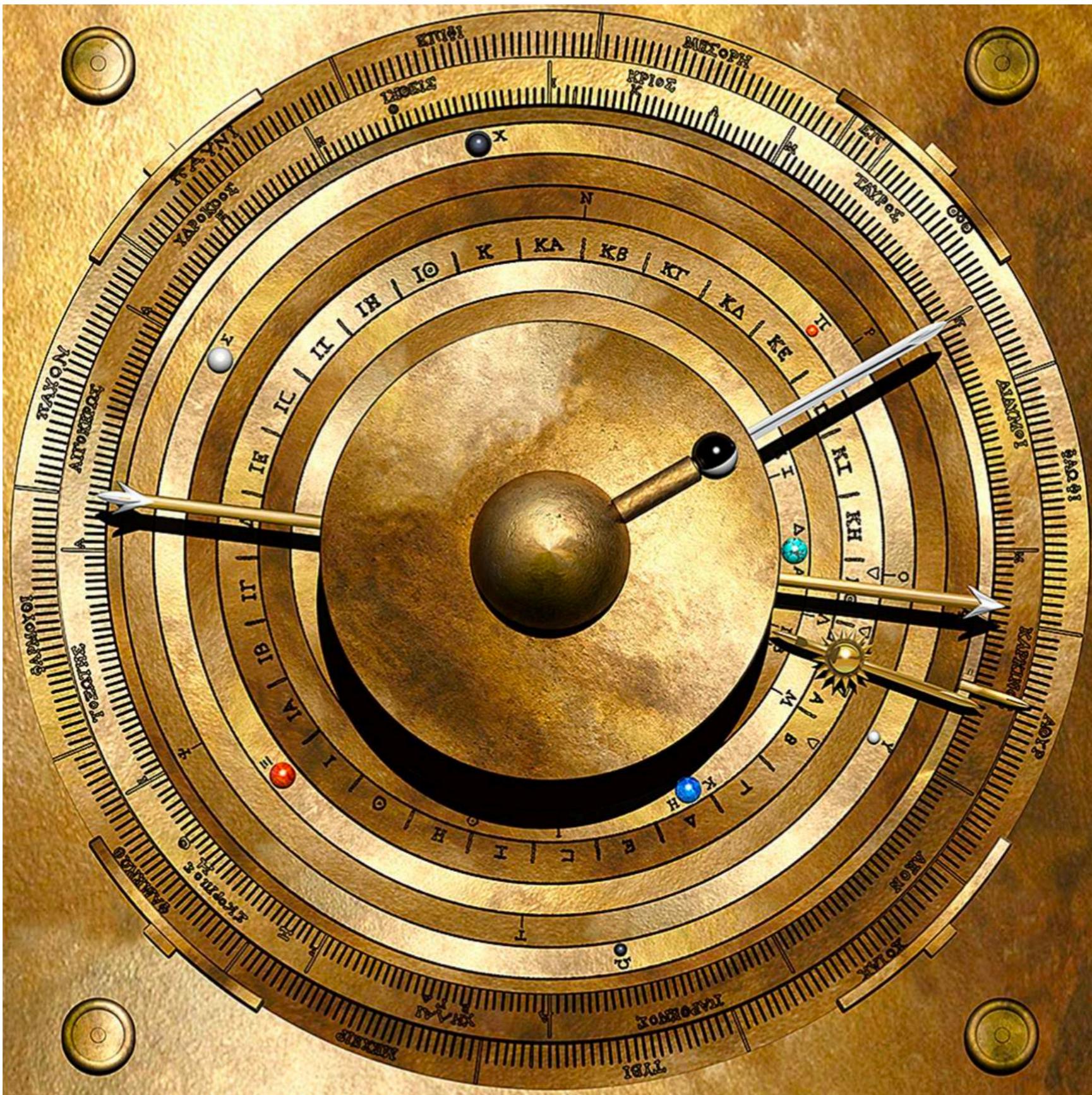


Rekonstruktion: Vorderseite

- nur kleines Bruchstück der Vorderseite erhalten, Fragment C mit
 - Teil des inneren Rings, die Sternbilder Παρθένος (Jungfrau) und Χηλαί Σκορπίου (Waage)
 - Monate Pachon und Payni
 - Zeiger



Aktuellste Rekonstruktion der Vorderseite



Rekonstruktion: Hinterseite oben

Meton-Zyklus (oben gross)

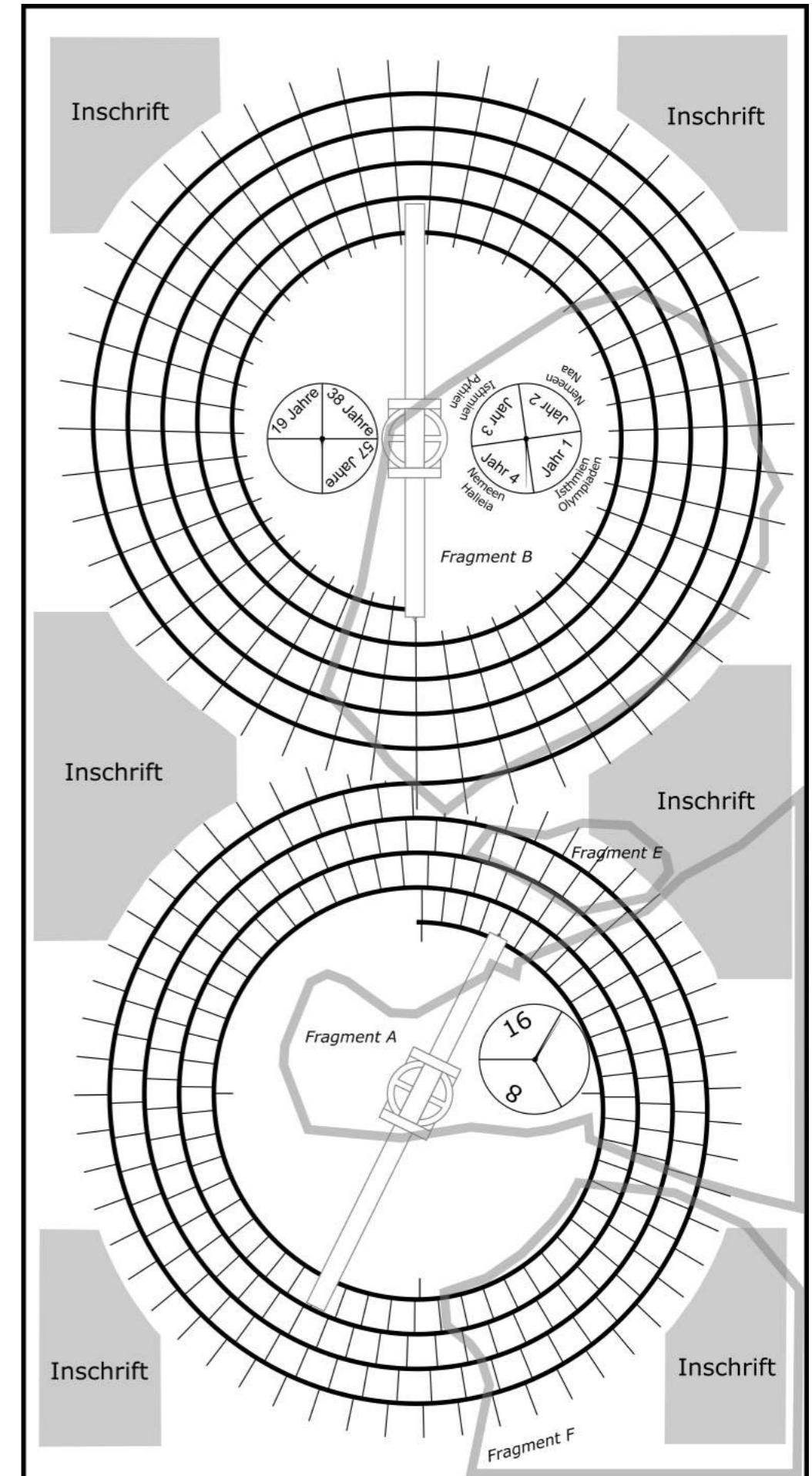
- bei 19-maligen Drehen des vorderen Sonnenzeigers wurden hinten 235 synodische Mondmonate durchfahren
- Monate mit korinthischen Namen auf Spiralskala aus fünf ganzen Umgängen

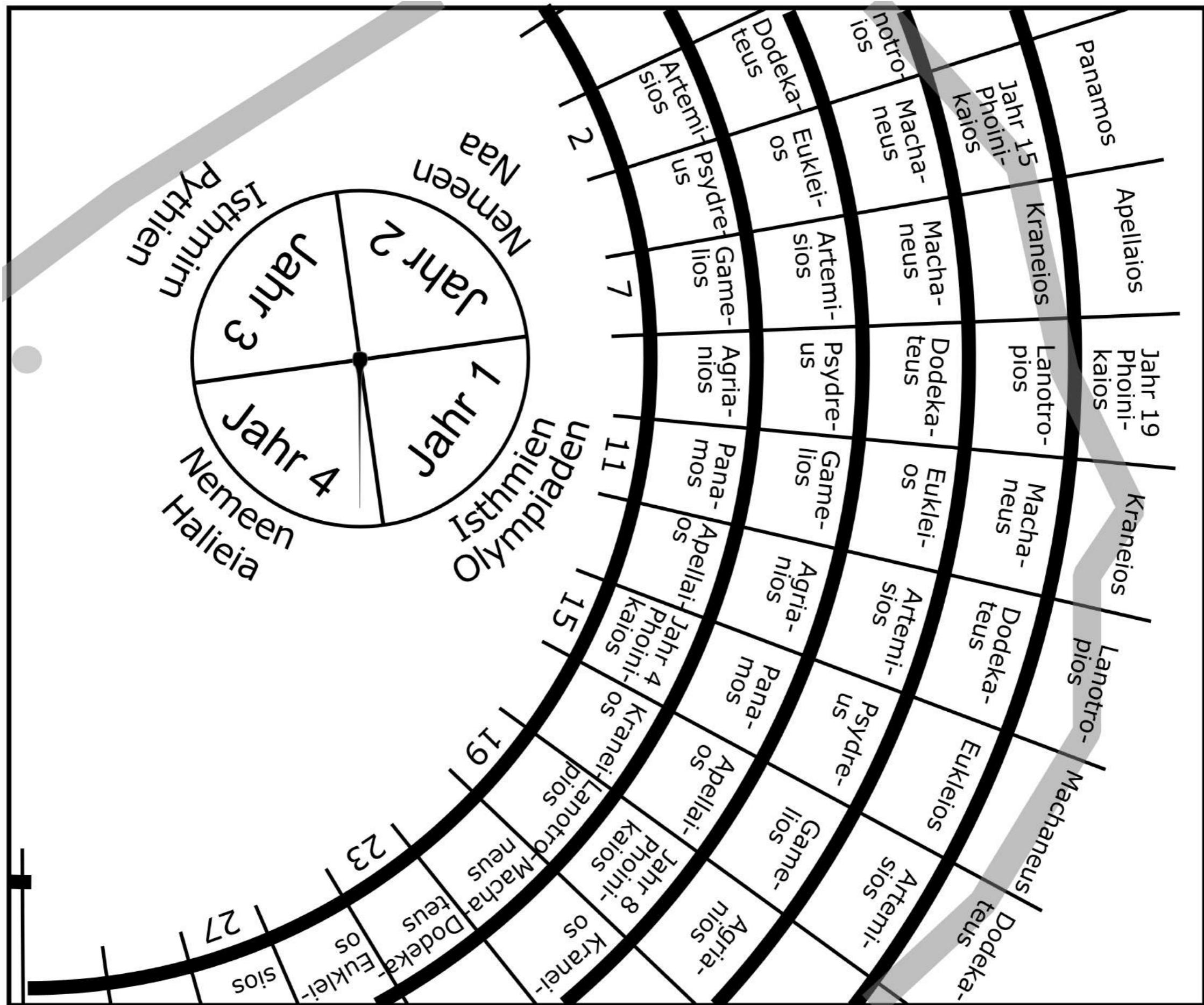
Kallippische Periode (oben links)

- Zahl 76 in Inschriften gefunden, deswegen diesen Zeiger rekonstruiert

Olympiaden (oben rechts)

- Zeiger drehte sich einmal, wenn sich vorderer Sonnenzeiger viermal drehte





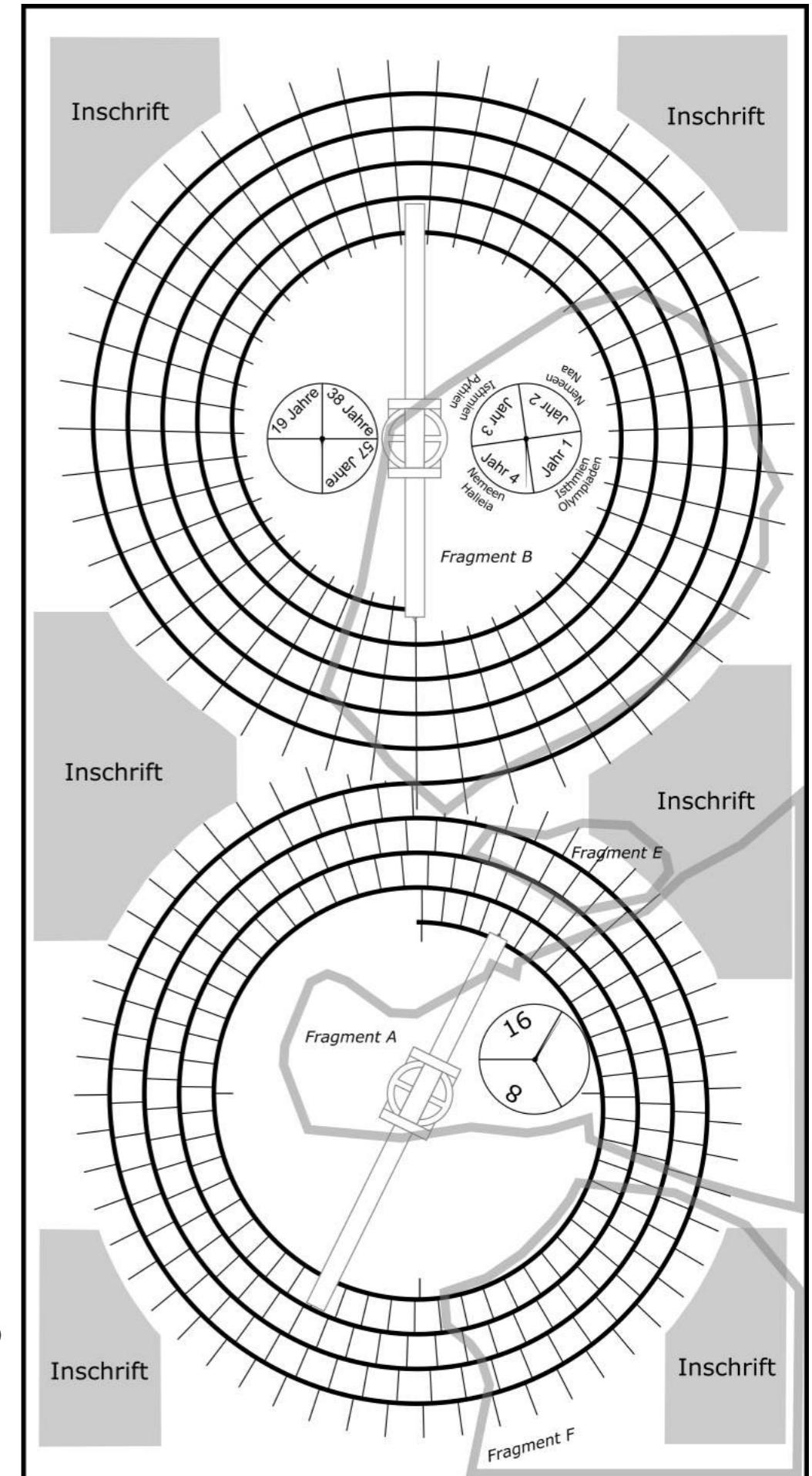
Rekonstruktion: Hinterseite unten

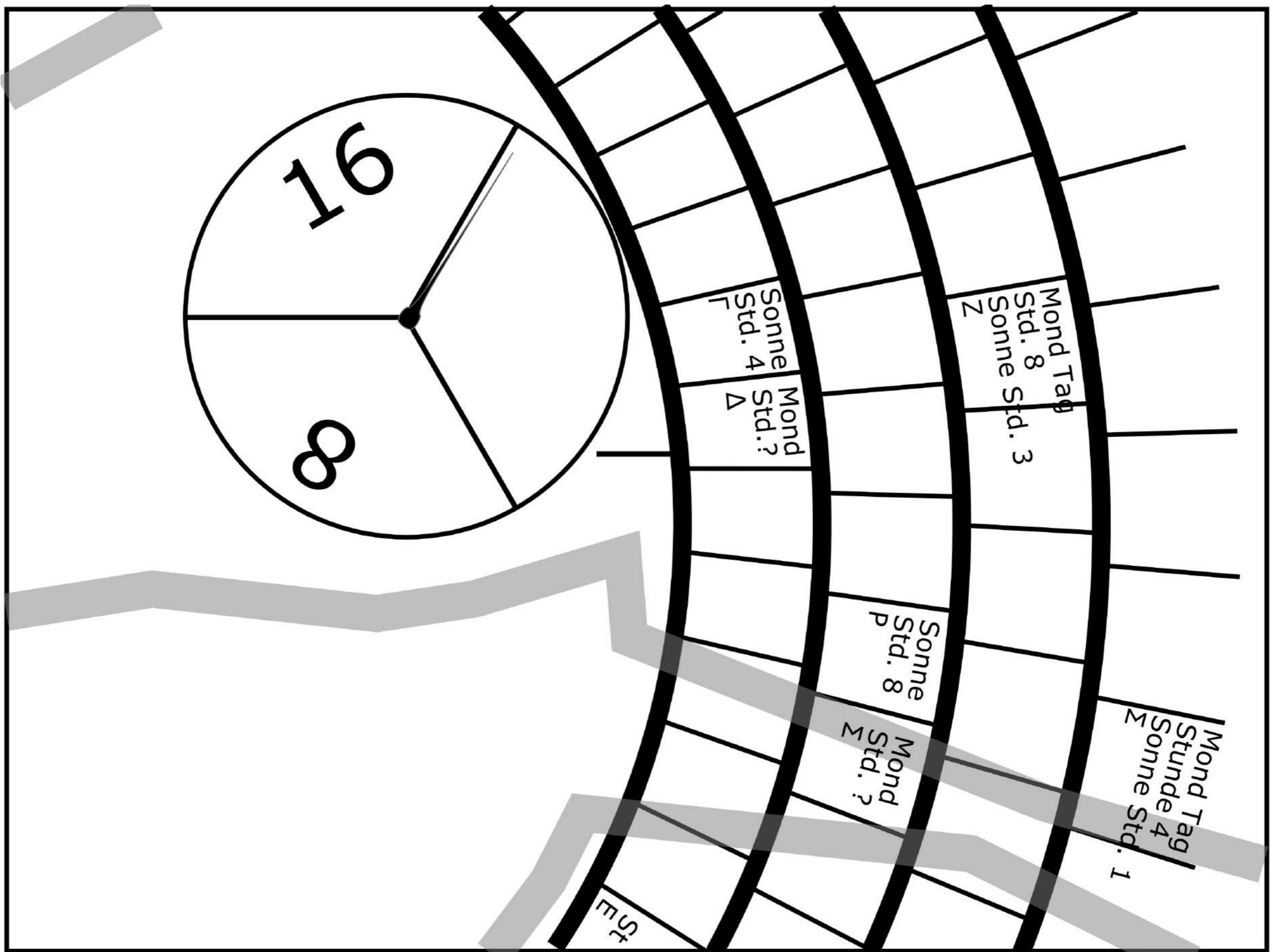
Saros-Zyklus (unten gross)

- Anzeige spiraling mit vier Umläufen und 223 synodische Mondmonate lang
- Monate markiert, in denen Sonnen- oder/ und Mondfinsternis stattfand
- waren mit Glyphen markiert
- 18 von 51 Beschriftungen erhalten

Triple Saros/Exeligmos (unten rechts)

- Erweiterung auf 3-fachen Wert der Sarosperiode
- gab an ob Finsternis in 0., 8. oder 16. Stunde stattfand bzw. ob 1/3 oder 2/3 Tag dazu addiert werden muss

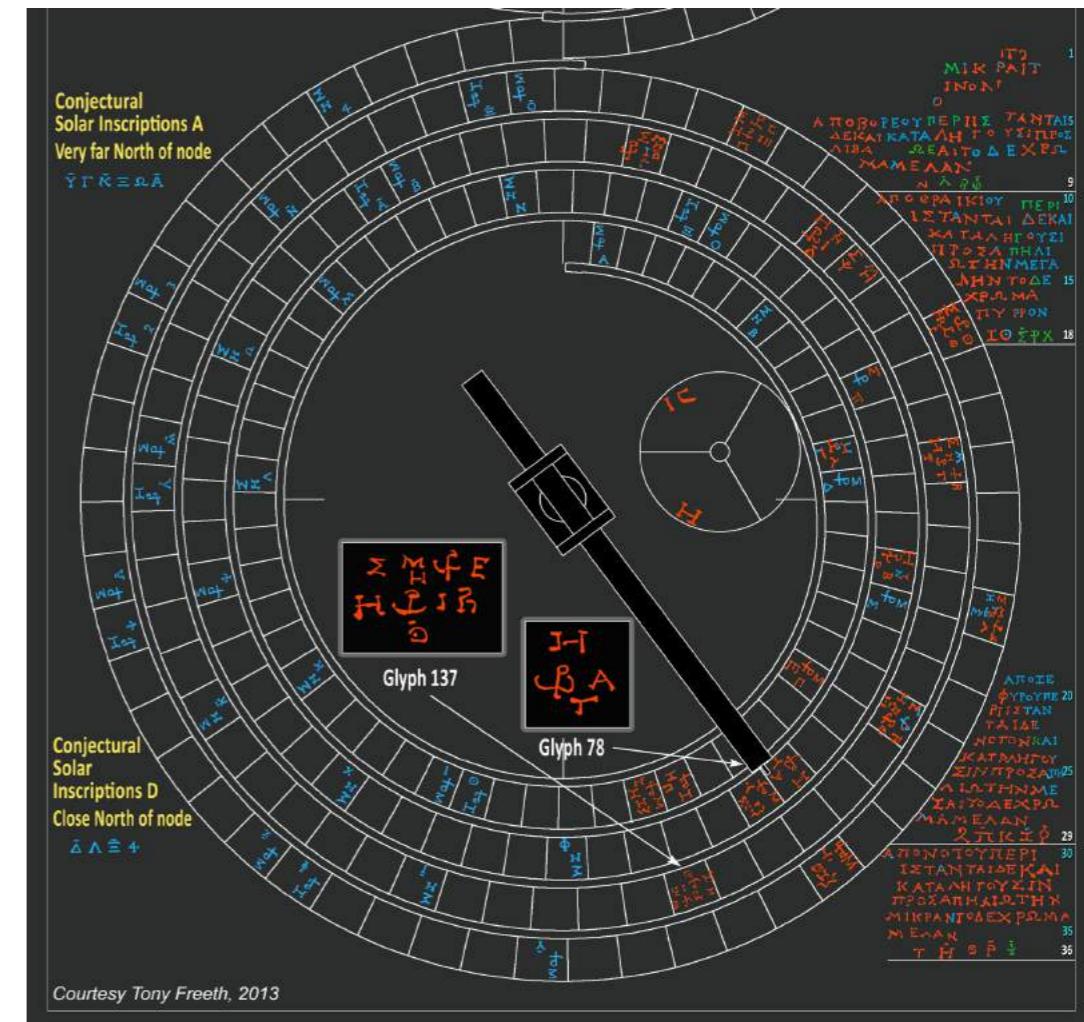




Rekonstruktion: Hinterseite unten

Beschriftungen bei Saros-Zyklus

- **Σ (ΣΕΛΗΝΗ, Selene, gr. für ‚Mond‘)** für Mondfinsternisse
- **Η (ΗΛΙΟΣ, Helios, gr. für ‚Sonne‘)** für Sonnenfinsternisse
- **ΗΜ (ΗΜΕΡΑΣ, Hemeras, gr. für ‚Tag‘)** für am Tage stattfindend
- **ΝΥ (ΝΥΚΤΟΣ, Nyktos, gr. für ‚Nacht‘)** für in der Nacht stattfindend
- **ωρ (ωρα, ora, gr. für ‚Stunde‘)** für die jeweilige Stunde des Tages bzw. der Nacht



Inschriften und Skalenbeschriftungen

4 grosse Inschriftenflächen

- auf Innenseite des Vorderdeckels
- auf Innenseite des Hinterdeckels
- ober- und unterhalb der Anzeigen auf Vorderseite
- ober- und unterhalb der Anzeigen auf Rückseite
- alle Skalen beschriftet
- von vermuteten 15'000 Buchstaben rund 3'000 erhalten
- Schrifthöhe zw. 1.2 und 2.7 mm
- keine Lücken zw. einzelnen Worten, aber Lücken vor und hinter denjenigen Buchstaben, die als Ziffern dienten

Inschriften und Skalenbeschriftungen

- Erhaltungszustand der Texte ist schlecht
- Texte in Koine-Griechisch verfasst
- Flächen auf Innenseiten beider Deckel enthielten Gebrauchsanweisung für Mechanismus
 - Fragment E: „*Spirale unterteilt in 235 Abschnitte*“ - Hinweis auf Meton-Zyklus
 - Fragment 19: „*76 Jahre*“ und „*19 Jahre*“ - Hinweis auf Anzeige der 19-jährigen Meton-Periode und der 76-jährigen Kallipischen Periode auf Rückseite des Mechanismus

Inschriften und Skalenbeschriftungen

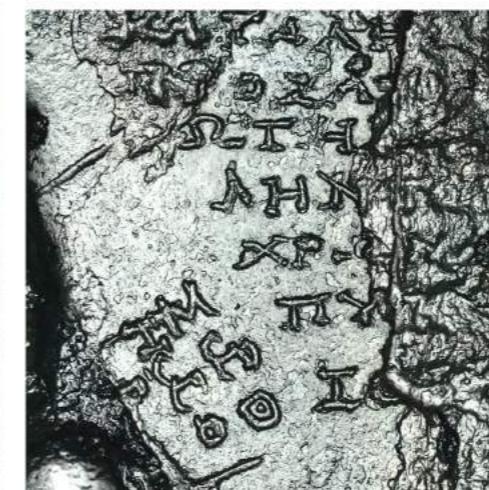
A



B



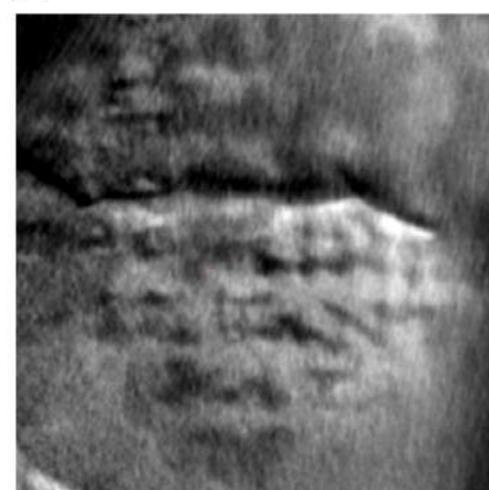
C



D



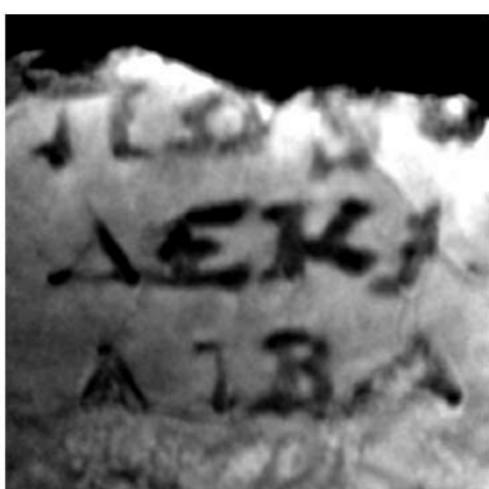
E



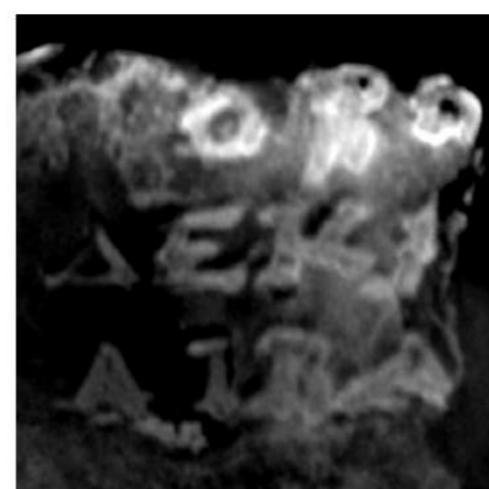
F



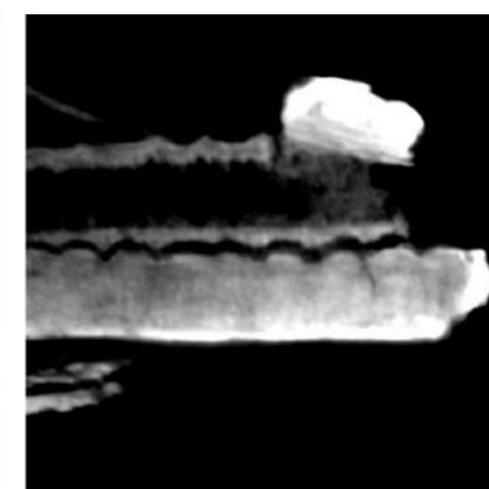
G



H



I

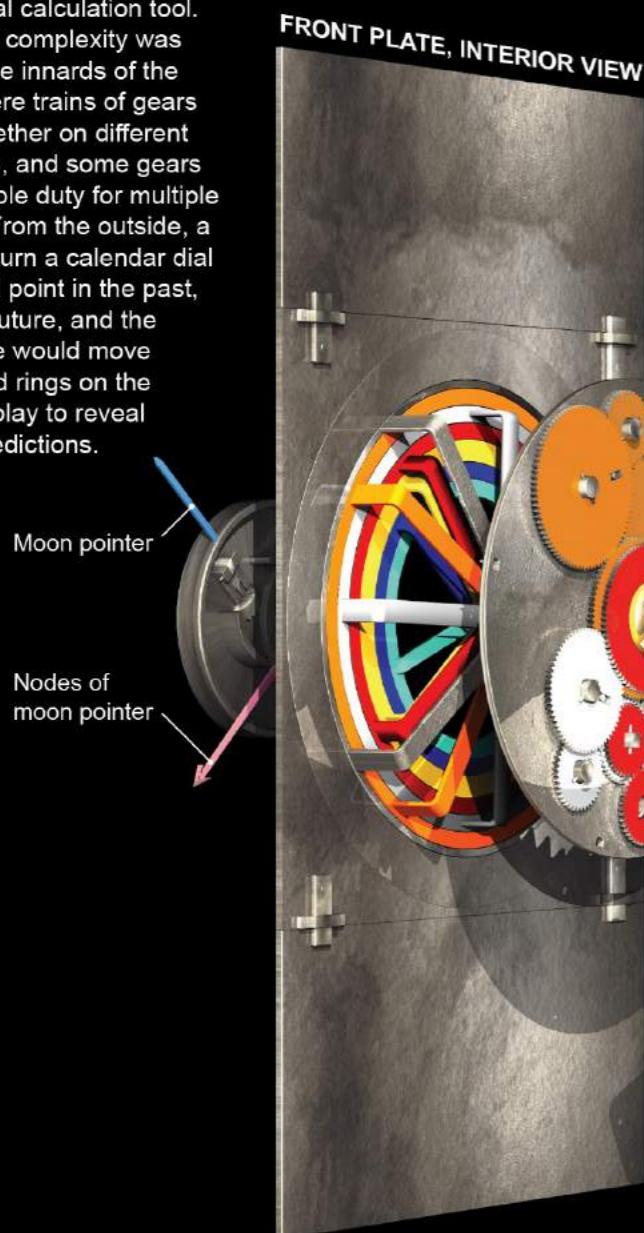


Data courtesy Antikythera Mechanism Research Project, 2005

Antikythera-Mechanismus

INSIDE THE MACHINE

The new model of the Antikythera mechanism proposes a total of 69 gears, forming a shockingly complex astronomical calculation tool. Most of this complexity was hidden in the innards of the device, where trains of gears worked together on different calculations, and some gears served double duty for multiple purposes. From the outside, a user could turn a calendar dial to a desired point in the past, present or future, and the gears inside would move pointers and rings on the surface display to reveal celestial predictions.



Gears for True Sun, Mars, Jupiter and Saturn

Gears for displaying the positions of the sun, Mars, Jupiter and Saturn were mounted on a circular plate linked to the main drive wheel by pillars.

- Sun
- Moon
- Jupiter
- Saturn

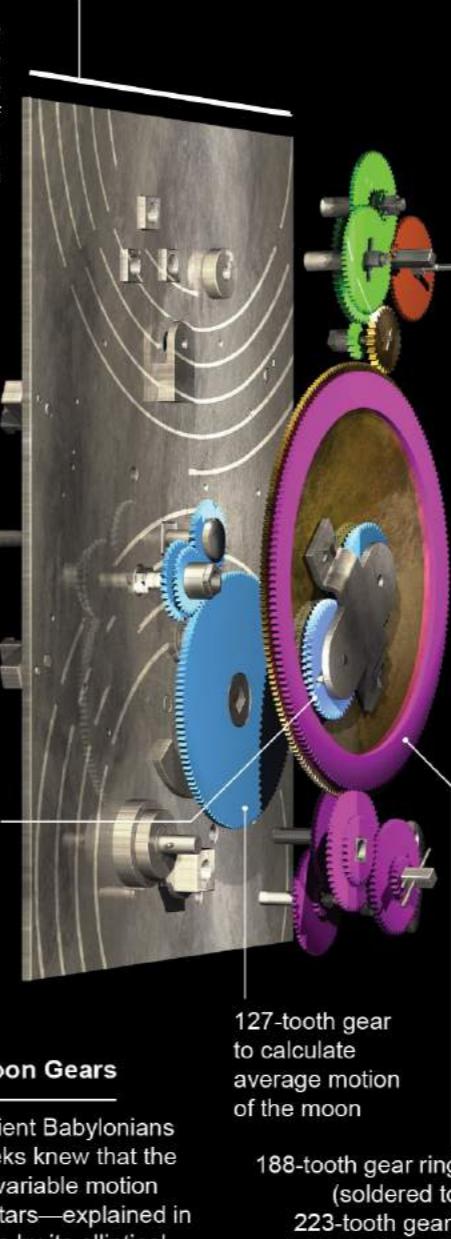
Main Drive Wheel

This central wheel orchestrated the various gear trains responsible for calculating the positions of the sun, moon and planets at any given time.

- Sun
- Moon
- Nodes of moon
- Jupiter
- Saturn

Main Plate with Bearings

A central plate inside the mechanism served as a mounting board for the gear trains that tuned the displays on the front and back plates.



BACK PLATE



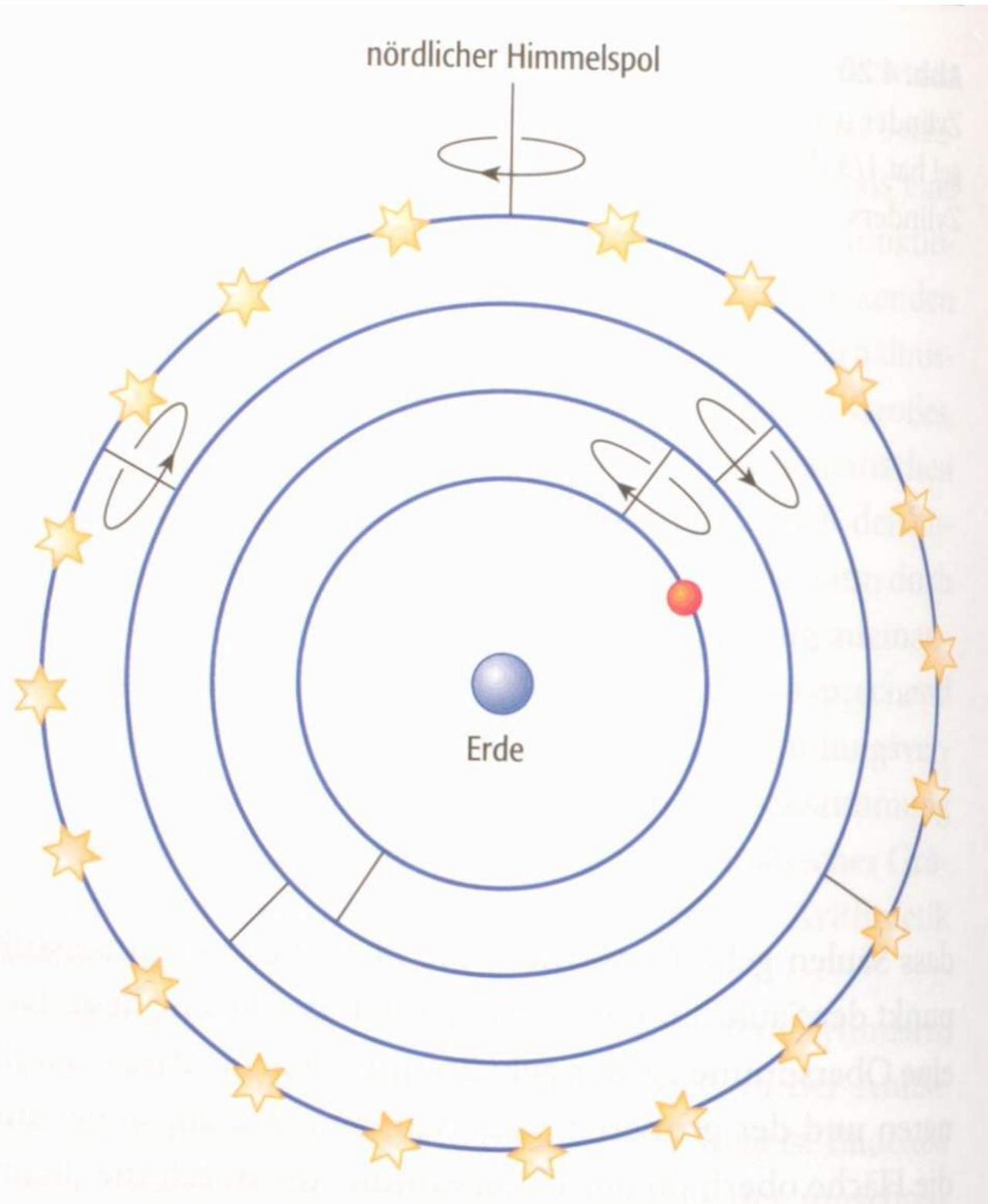
Back Dials

The upper back dial system was a Metonic/Kallippic calendar that reconciled the lunar month with the solar year. It also included a smaller dial showing the four-year Olympiad cycle of the Panhellenic Games, commonly used to mark time. The lower back dial system was a saros/exeligmos calendar that predicted solar and lunar eclipses according to the 223-month saros cycle. It was indexed to inscriptions on the back plate that describe the characteristics of the predicted eclipses.

Antikythera-Mechanismus

- Mechanismus ist aus komplexem Zahnradsystem gebaut: Dinge, die man aufgrund überliefelter schriftlicher Quellen in dieser Zeit nicht vorausgesetzt hätte
- zur Entstehungszeit des Mechanismus Aristotelisches Weltsystem vorherrschend
- Mechanismus enthält im Wesentlichen alles, was sich im Werk *Isagoge* des Geminos findet

Eudoxos von Knidos (408-355 v. Chr.)



- Erde im Mittelpunkt, steht still
- um Erde bewegen sich Sonne, Mond, Planeten und Fixsternhimmel
- für jedes Objekt eigenes Modell
- für Sonne und Mond 3 Sphären nötig
- für Planeten 4 Sphären nötig
- insg. 26 Planetensphären + 1 Fixsternsphäre = 27 Sphären

Kallippos von Kyzikos (ca. 370-325 v. Chr.)

- Schüler des Eudoxos
- hat Modell des Eudoxos verfeinert
- baute Modell der gekoppelten Kreisbewegungen noch weiter aus
- zusätzliche Bewegungssphären nötig

| Modell | Sonne | Mond | Merkur | Venus | Mars | Jupiter | Saturn | Summe |
|-------------------|-------|------|--------|-------|------|---------|--------|-------|
| Eudoxos | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| Eudoxos-Kallippos | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 33 |

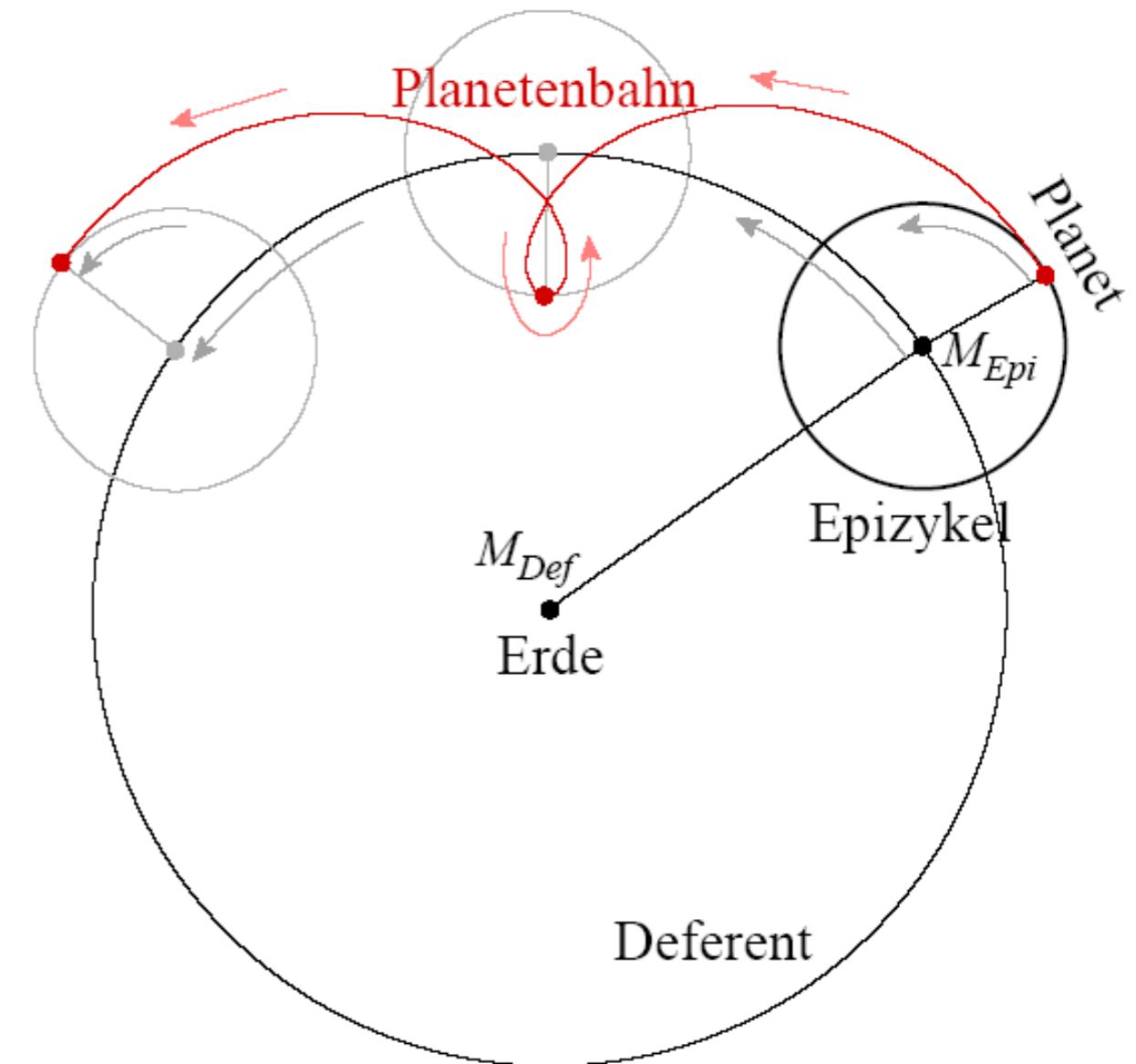
Aristoteles (384-322 v. Chr.)

- versucht, ein einziges Sphärenmodell zur Beschreibung des gesamten Kosmos vorzustellen
- kombiniert die verschiedenen Modelle des Eudoxos
- durch Zwischensphären Sphären des Eudoxus voneinander entkoppelt
- Zwischensphären bewegen sich synchron mit Fixsternsphäre
- für jede Bewegungssphäre muss weitere bewegungskompensierende Sphäre eingeschaltet werden
- insgesamt 55 Sphären!

Apollonios von Perge (262-190 v. Chr.)

Epizykeltheorie

- Planeten bewegen sich auf kleinen Kreisbahnen (= *Epizykeln*), die ihrerseits auf einer grossen Kreisbahn (= *Deferent*) um die Erde wandern
- Epizykel = „Kreis auf dem Kreis“
- diese Theorie rund 2000 Jahre lang vertreten

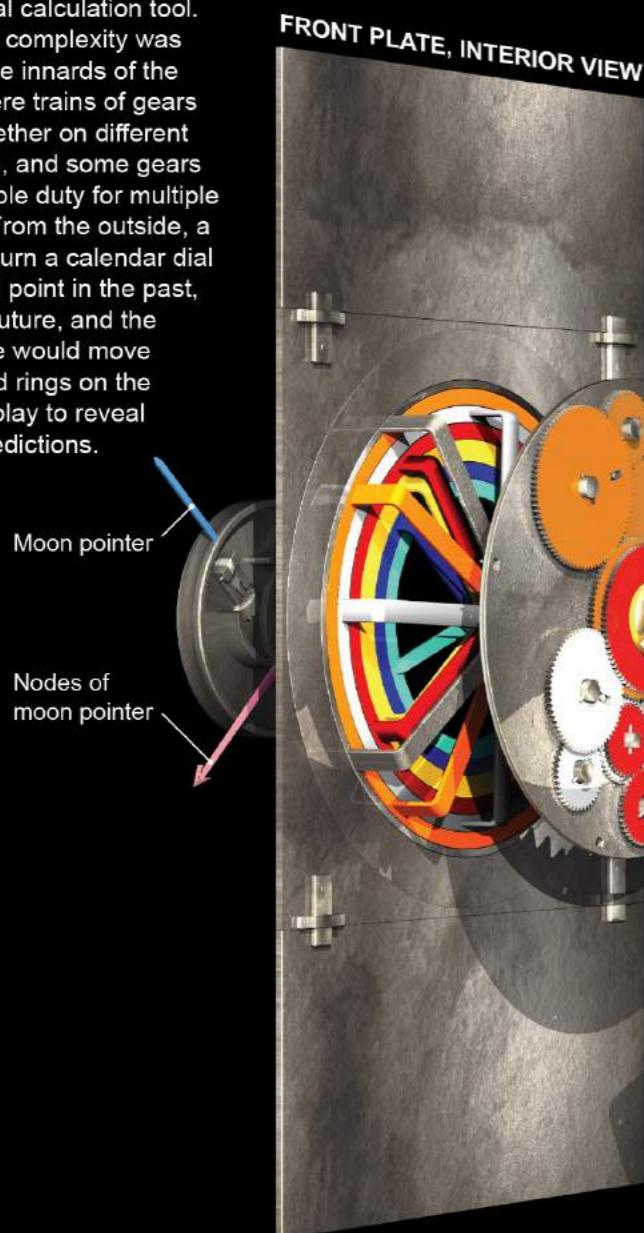


Bildquelle: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/EpizykelBahn.png>

Antikythera-Mechanismus

INSIDE THE MACHINE

The new model of the Antikythera mechanism proposes a total of 69 gears, forming a shockingly complex astronomical calculation tool. Most of this complexity was hidden in the innards of the device, where trains of gears worked together on different calculations, and some gears served double duty for multiple purposes. From the outside, a user could turn a calendar dial to a desired point in the past, present or future, and the gears inside would move pointers and rings on the surface display to reveal celestial predictions.



Gears for True Sun, Mars, Jupiter and Saturn

Gears for displaying the positions of the sun, Mars, Jupiter and Saturn were mounted on a circular plate linked to the main drive wheel by pillars.

- Sun
- Moon
- Jupiter
- Saturn

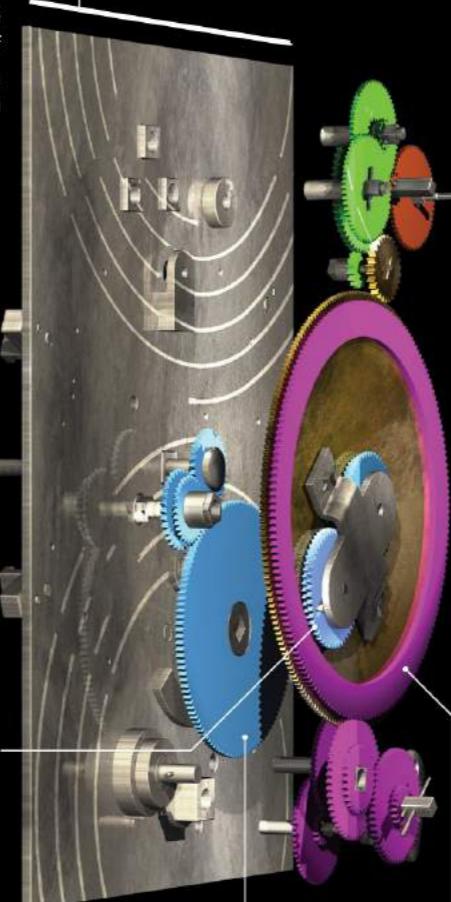
Main Drive Wheel

This central wheel orchestrated the various gear trains responsible for calculating the positions of the sun, moon and planets at any given time.

- Sun
- Moon
- Nodes of moon
- Jupiter
- Saturn

Main Plate with Bearings

A central plate inside the mechanism served as a mounting board for the gear trains that tuned the displays on the front and back plates.



Back Dials

The upper back dial system was a Metonic/Kallippic calendar that reconciled the lunar month with the solar year. It also included a smaller dial showing the four-year Olympiad cycle of the Panhellenic Games, commonly used to mark time. The lower back dial system was a saros/exeligmos calendar that predicted solar and lunar eclipses according to the 223-month saros cycle. It was indexed to inscriptions on the back plate that describe the characteristics of the predicted eclipses.

Ursprungsort Rhodos

- Schiff machte Zwischenhalt auf Rhodos (zahlreiche rhodische Amphoren)
- Hipparchos arbeitete kurze Zeit vorher auf Rhodos
- Parapegma ähnelt demjenigen von Geminos
- Poseidonios wirkte auf Rhodos, über den Cicero berichtet, dass er dort ein Instrument sah „*dessen einzelne Umdrehungen dasselbe an Sonne, Mond und den fünf Planeten hervorrufen, was am wirklichen Himmel in den einzelnen Tagen und Nächten abläuft*“
- Erwähnung der *Halieia* (lokales rhodisches Fest)

Für wen war er gedacht?

- kein Einzelstück, Vorlage des Finsterniskalenders aus Zeit um 205 v. Chr.
- ziemlich sicher für Person in Epirus bestimmt
 - verwendeter Mondkalender auf Rückseite
 - *Naa* erwähnt (lokales Fest; Dodona)
- Astronom?
- Astrologe?
- für Studenten der Philosophie und andere Mitglieder der Elite konzipiert?

Literatur

- T. Freeth & A. Jones, *The Cosmos in the Antikythera Mechanism*, ISAW Papers 4, 2012 (<http://dlib.nyu.edu/awdl/isaw/isaw-papers/4/>)
- T. Freeth, *Eclipse Prediction on the Ancient Greek Astronomical Calculating Machine known as the Antikythera Mechanism*, PLoS One 9 (7), 2014, 1-15 (<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0103275>)
- N. Kaltsas, E. Vlachogianni & P. Bouyia (Hrsg.), *The Antikythera Shipwreck: the ship, the treasures, the mechanism*, Athen 2012
- A. Jones, *A Portable Cosmos: Revealing the Antikythera-Mechanism*, Scientific Wonder of the Ancient World, Oxford 2017
- Almagest, International Journal for the History of Scientific Ideas 2016/1: The Inscriptions of the Antikythera Mechanism

Literatur

- T. Freeth D. Higgon, A. Dacanalis, L. MacDonald, M. Georgakopoulou & A. Wojcik, *A Model of the Cosmos in the ancient Greek Antikythera Mechanism*, Scientific Reports 11, 5821 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84310-w>
- R. Gautschi & F. Battistoni, Der Antikythera-Mechanismus, in: R. Färber & R. Gautschi (Hrsg.), Zeit in den Kulturen des Altertums. Antike Chronologie im Spiegel der Quellen, 2020, 419-434
- T. Freeth, *An Ancient Greek Astronomical Calculation Machine Reveals New Secrets*, Scientific American 326 (1), 2022, 24-33. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0122-24>