

Die archimedische Sphäre – ein antiker Computer?

Eine Mechanik mit 34 Zahnrädern konnte vor über
2000 Jahren Sonnen- und Mondfinsternisse voraussagen

Ben-David Chandra

Gab es bereits vor über 2000 Jahren so etwas wie einen Computer? Im folgenden Artikel werde ich diese Frage beantworten. In einer Textstelle aus dem 14. Kapitel des ersten Buches der „*De re publica*“ von Marcus Tullius Cicero wird von einer Mechanik berichtet, die ich näher untersuchen möchte.

Ein fiktives Gespräch zwischen Steve Jobs und Mark Zuckerberg im Jahre 2010

Mark: Wie bist du auf den Namen des iPhone gekommen?

Steve: Das „i“ steht für Internet, so wie wir es bereits beim iMac benutzt haben. Ich wollte dieses Gerät allerdings aPhone nennen. Das „a“ stünde dabei für „Archimedes“. So wie ich meine Firma nach dem Apfel benannt habe, der Isaac Newton auf den Kopf gefallen ist, fand ich diesen Zusammenhang ebenfalls passend.

Mark: Warum gerade Archimedes? Was hat er damit zu tun?

Steve: In meiner Lieblingsjugendbuchreihe „Helden des Olymp“ setzt sich das römische Reich mit seiner gesamten Kultur und Mythologie in den heutigen USA fort. Die verfeindeten römischen und griechischen Halbgötter müssen zusammenarbeiten, um die Giganten erneut zu besiegen. Die Sphären des Archimedes spielen in diesem Kampf eine entscheidende Rolle. Vor kurzem wurden einige neue archäologische Entdeckungen bezüglich des sogenannten Antikythera-Mechanismus gemacht. Als ich davon las, fragte ich mich, ob es bereits in der Antike etwas wie Computer gab.

Mark: Woher weiß man überhaupt von der Existenz solcher Sphären?

Steve: Marcus Tullius Cicero schrieb in den Jahren 54-51 v. Chr. im Angesicht des Niederganges der römischen Republik ein Buch über die ideale Verfassung und Staatsform: „*De re publica*“. Die Thematik wird in einer dialogischen Form und zu einem damals 70 Jahre zurückliegenden Zeitpunkt entwickelt, so als würde jemand unser Gespräch aufzeichnen und z.B. 2017 veröffentlichen.

Publius Cornelius Scipio Aemilius Africanus Numantinus minor (185 – 129 v. Chr.), für Cicero die Verkörperung des idealen Staatsmannes, diskutiert im Jahr 129 v. Chr. mit seinen Freunden auf seiner Landresidenz die wichtigsten Fragen des staatlichen Allgemeinwohles. An der Stelle, an der die Sphäre erwähnt wird, sind Lucius Furius Philus und Publius Rutilius Rufus seine wichtigsten Gesprächspartner. Letzterer berichtet später Cicero von dem Gespräch, an dem dieser nicht teilgenommen hatte.

Die betreffende Textstelle ist eine Erzählung des Lucius Furius Philus, der aus seinen Erinnerungen von einem Treffen der beiden Konsuln Marcus Claudius Marcellus und Gaius Sulpicius Gallus im Jahre 166 v. Chr. während einer Sonnenfinsternis berichtet. Marcellus lässt die archimedische Sphäre bringen, die sein gleichnamiger Großvater von der Eroberung der Stadt Syrakus auf Sizilien mitgebracht hatte. Philus findet keinen großen Gefallen an dem Aussehen der Kugel, da die zweite Kugel, die der Eroberer Marcellus mitgebracht hatte, deutlich schöner war. Doch der Konsul Gallus kann die Funktion der Sphäre erklären und sie im Zusammenhang mit der Sonnenfinsternis demonstrieren, woraufhin Philus die Bedeutung des Planetariums erkennt und den Verstand des Archimedes für „übernatürlich“ erklärt.

DE SPHAERAARCHIMEDIS

Mark: Handelt die „De re publica“ nicht von der idealen Staatsform? Was hat die archimedische Sphäre damit zu tun?

Steve: Für Cicero ist die perfekte Staatsform die Republik, eine Mischform aus Monarchie, Aristokratie und Demokratie, verkörpert im römischen System durch die Konsuln, den Senat und die Volksversammlungen. Die Textstelle selbst mit dem Bericht von den archimedischen Sphären ist Teil der Einleitung des Buches. Durch sie wird erklärt, dass manche Dinge den menschlichen Verstand übersteigen. Dem gegenüber solle man sich, vor allem als Politiker, zum Wohle aller mit den fasslichen Dingen beschäftigen, hier die Republik und deren Erhaltung, woraus sich das gesamte Gespräch der Schrift entwickelt. Die Jahre 54-51 v. Chr., die Zeit der Niederschrift des Buches, werden als Zeitenwende betrachtet. Es entsteht eine neue Machtverteilung durch das Triumvirat von Pompeius, Crassus und Cäsar, welches eine Gefahr für die Republik darstellte. Im Jahre 212 v. Chr. waren die archimedischen Sphären die einzige Beute, die der Großvater des Marcus Claudius Marcellus nach der Eroberung von Syrakus mitgenommen hatte. Bei dieser Eroberung wurde auch Archimedes getötet. Syrakus war eine griechische Kolonie auf Sizilien, die sich während des 2. Punischen Krieges direkt zwischen dem karthagischen und dem römischen Reich befand. In der Geschichte im Jahr 166 v. Chr. trifft nun also der Enkel des Eroberers von Syrakus auf seinen Amtskollegen im Konsulat: Gaius Sulpicius Gallus. Dieser war neben seiner Berufung als Politiker auch ein Gelehrter vieler Wissenschaften, d.h. als Astronom war er in der Lage die Funktionsweise der Sphäre zu erklären.

Mark: Was waren denn eigentlich die archimedischen Sphären?

Steve: Cicero erwähnt zwei archimedische Sphären:

Die erste hatte Archimedes für das gemeine Volk gefertigt. Es war ein himmlischer Globus, eine solide Kugel, auf der das Himmelszelt der Erde abgebildet war.

Zu der zweiten Sphäre schrieb er: „[...] Diese Art der Kugel, auf der die Bewegung der Sonne und des Mondes und der fünf Sterne, die die Irrenden und gleichsam Wandelnden benannt würden, hätte auf jener festen Kugel nicht abgegrenzt werden können.“

Dies bedeutet, dass sich die beiden Sphären zwar ähneln, doch auf der zweiten Sphäre konnten zusätzlich die sich bewegenden Himmelskörper gezeigt werden. Hier handelt es sich ein Planetarium.

Beide Konstrukte entsprechen einem geozentrischen Weltbild.



DE SPHAERA ARCHIMEDIS

Mark: Wie funktioniert diese besondere Sphäre?

Steve: Michael Wright, Mechaniker und ehemaliger Kurator im Science Museum in London, war es möglich, das archimedische Planetarium nachzubauen und den Beschreibungen Ciceros zu entsprechen. Im Inneren der Kugel befindet sich ein Mechanismus, der die verschiedenen Geschwindigkeiten, Richtungen und Richtungswechsel der äußeren Metallarme steuert, deren Spitzen die Sonne, den Mond und die fünf damals bekannten Planeten darstellen. Durch dieses Konstrukt war es möglich, die Umstände einer Sonnenfinsternis vorauszusagen. Doch um den genauen Ort auf der Erde zu bestimmen, an dem die Finsternis stattfand, musste man zusätzlich die Drehung und Position der Erde in Relation zum Himmelszelt berechnen, da die Kugel selbst nur den Himmel darstellt.

Mark: Woher wusste Michael Wright, wie er dieses Planetarium konstruieren musste? Um einen derart komplexen Mechanismus zu bauen, haben ihm sicherlich nicht die Beschreibungen Ciceros genügt.

Steve: 1901 wurde von Schwammtauchern vor Antikythera, eine Insel in Griechenland, ein Schiffswrack gefunden. In ihm befand sich unter anderem eine bronzene Mechanik aus der Zeit von ungefähr 80-65 v. Chr. Erst kürzlich konnte mit Hilfe der Computer-Tomographie der Mechanismus weitestgehend entschlüsselt werden.



Dieser „Antikythera-Mechanismus“ ist ein recht kleiner Kasten mit den Maßen 30cm x 19cm x 10cm. Die vordere Seite beinhaltet eine Darstellung, die der auf der archimedischen Sphäre ähnelt.

Hier werden die Himmelskörper durch Zeiger dargestellt, die sich um die Erde bzw. das Himmelszelt in der Mitte bewegen. Im Inneren des Kastens befindet sich ein Mechanismus aus 34 Zahnrädern, der die

DE SPHAERAARCHIMEDIS

Funktion gewährleistet und die vordere Darstellung mit vier Kalendern (zwei große, zwei kleine) auf der Rückseite verbindet. Der obere große Kalender stellt einen Metonzyklus dar, was einer Zeitspanne von 235 synodischen Monaten¹ entspricht. In diesem Ziffernblatt befinden sich zwei kleinere Kalender. Der erste ist im Vierjahresrhythmus der Olympischen Spiele gekennzeichnet, während der zweite Kalender dem kallippischen Zyklus von 76 Jahren (940 lunarische Monate) nachgeht. Auf dem unteren Kalender sind die Monate markiert, in denen eine Finsternis der Sonne oder des Mondes erwartet wurde. Der gesamte Mechanismus wurde durch einen Drehknopf an der Seite bedient. Vor beiden besagten Platten befand sich jeweils eine Tür mit griechischen Inschriften. Diese ergeben eine Art Gebrauchsanweisung und dank ihnen lässt sich eine Herkunft aus der korinthischen Kolonie Taurmina, ebenfalls auf Sizilien vermuten. Damit wird die Theorie des schwedischen Forschers Göran Hendriksson gefestigt, dass der Mechanismus zum einen auf Grundlage der astronomischen Theorien von Hipparchos von Rhodos, aber eben auch nach den mechanischen Ideen von Archimedes konstruiert wurde, da Letzterer ebenfalls auf Sizilien gelebt hatte. Es ist also durchaus möglich, dass eine direkte Verbindung zwischen dem Erbauer des Antikythera-Mechanismus und Archimedes bestand.

Mark: Woher hatten die Menschen die Informationen, um einen derart akkuraten Mechanismus zu konstruieren?

Steve: Bereits Thales von Miletus (624 - 547 v. Chr.), von Cicero in der besagten Textstelle als der erste Erbauer eines Himmlischen Globus erwähnt, konnte, dank einer Methodik, die er bei den Babyloniern gelernt hatte, Sonnenfinsternisse berechnen. Den Babyloniern war bereits seit 748 v. Chr. der sogenannte Saroszyklus bekannt. Dabei handelt es sich um eine ziemlich präzise Zeitspanne von 18 Jahren, 11 Tagen und 8 Stunden, bzw. 223 „synodischen Monaten“. Diesen Zeitraum benötigen Sonne, Mond und Erde, um sich wieder im gleichen räumlichen Verhältnis zueinander einzufinden, wie zu Beginn des Zyklus.

Die einfachste Methode diesen Zyklus zu bestimmen – was übrigens auch in der Antike genutzt wurde – war, den Abstand von zwei Sonnenfinsternissen zu bestimmen, bei der identische Bedingungen herrschen. Es existieren um 40 Saroszyklen gleichzeitig. Eine weitere Einheit ist der Exeligmoszyklus. Dabei handelt es sich um genau drei Saroszyklen, die zusammen also eine Zeitspanne von 54 Jahren und 34 Tagen ergeben. Durch diese Einheit werden sowohl die Bedingungen des Saroszyklus übernommen als auch die Erdumdrehung berücksichtigt, sodass die Sonnenfinsternis am gleichen Ort von der Erde aus zu beobachten ist. Mit anderen Worten wird die unvollständige Tagesanzahl des Saroszyklus (18 Jahre, 11 Tage und 8 Stunden) ausgeglichen, indem drei Saroszyklen zusammengefügt werden. Da die Sonnenfinsternis nun um die gleiche Uhrzeit stattfindet, wie zu Beginn des Exeligmoszyklus, befindet sich auch die Sonne von der Erde aus am gleichen Ort.

Ähnliches lässt sich bei den „fünf bekannten Planeten“ ableiten (Merkur, Venus, Mars, Saturn und Jupiter). So ließen sich auch schon in der Antike die Geschwindigkeit der Planeten und ihre Positionen berechnen. Für Archimedes muss es möglich gewesen sein, die entsprechende Sonnenfinsternis von 166 v. Chr. exakt einen Exeligmoszyklus zuvor, also im Jahr 220 v. Chr., beobachtet zu haben. Göran Hendriksson rechnete die Daten des Antikythera-Mechanismus mithilfe seines Computersystems nach. Daten, bei denen davon auszugehen ist, dass Archimedes diese berechnet bzw. beobachtet hat, waren äußerst genau. Der Forscher geht davon aus, dass Archimedes mit Hilfe einer Wasseruhr äquinoktiale Stunden² verwendet hat.

Da sich allerdings auch Angaben anderer Herkunft auf dem Mechanismus befanden, kamen einige Ungenauigkeiten zustande. Diese erklären sich durch die Verwendung saisonaler Stunden³, fehlerhafter bzw. fehlender Umrechnung der beobachteten Daten.

Die Umrechnung der Daten entsprechend der Position des Beobachters und des Verwendungsortes des Mechanismus war aus folgendem Grund notwendig. Das Himmelsbild verschiebt sich je nach geographischer Position, wodurch die Wahrnehmung der Position der verschiedenen Himmelskörper im Verhältnis zum fixen Sternenhimmel verändert wird. Die Vorhersagegenauigkeit des Antikythera-Mechanismus korreliert mit der Abgleichung der geographischen Positionen, von denen die Beobachtungen gemacht wurden.



DE SPHAERA ARCHIMEDIS

Bei der Überprüfung der Daten durch Hendriksson ging dieser auf verschiedene geographische Ausgangspunkte ein. Er erzielte eine sehr gute Übereinstimmung der Daten die Stadt Taurmina auf Sizilien betreffend, was bereits durch die Inschriften auf dem Mechanismus vermutet wurde. In Athen und in Rhodos, wo man die Herkunft der Konstruktion ursprünglich vermutet hatte, waren die Übereinstimmungen ungleich schlechter. Die besten Daten erhielt man für Syrakus. Dadurch liegt die Vermutung nahe, dass die Daten, die auch Archimedes genutzt hatte, für den Antikythera-Mechanismus übernommen wurden, was nicht bedeutet, dass der Ursprung des Mechanismus auch in Syrakus liegt.

Mark: Was konnten die Menschen mit einer derartigen Konstruktion anfangen, wenn überhaupt?

Steve: „*cum aliud nihil ex tanta praeda domum suam deportavisset*“. Marcellus nahm nichts außer den Sphären als seine Beute mit nach Hause. Den Konstruktionen wurde aus verschiedenen Gründen eine äußerst große Bedeutung beigemessen. Einer der Gründe lässt sich in einem Zitat von Francis Bacon finden: „*Scientia potentia est*!“ – „Wissen ist Macht!“ Es war ein Luxusgegenstand und diente außerdem der Erstellung von Horoskop. Wichtiger war allerdings seine Funktion als Kalender, mit dem beispielsweise die Zeitpunkte von Aussaat und Ernte in der Agrarwirtschaft und in der Seefahrt die Zeitpunkte der Abreise bestimmt werden konnten. Für Cicero lag die Bedeutung in der Möglichkeit einer philosophischen oder religiösen Demonstration himmlischer Abläufe. Für ihn war dieses Objekt der Beweis eines Aspektes der stoischen Philosophie. So wie das Planetarium einen intelligenten Schöpfer hatte (Archimedes) und von einer Person bedient werden muss, muss auch der gesamte Kosmos von einer göttlichen Macht gelenkt werden.

Mark: Wir schweiften etwas ab. Warum hast du nun die Behauptung aufgestellt, dass die Sphäre ein antiker Computer sei?

Steve: Ein Computer besteht, wie du weißt aus Hardware, der mechanischen und elektronischen Ausrüstung eines Computers, und Software, der veränderbaren Programmierung des Computers. Die Software besteht wiederum aus vielen Algorithmen. Die Definition eines Algorithmus lautet: Es ist eine Handlungsvorschrift, wie mit einem oder mehreren Problemen der gleichen Art zu verfahren ist. Dies setzt die Sphäre mechanisch um. Durch die Einstellung der Position eines Himmelskörpers „berechnet“ die Sphäre die Positionen aller anderen Objekte. Somit ist es für mich eindeutig. Die Sphäre des Archimedes und der Antikythera-Mechanismus sind antike Computer.

Mark: Beeindruckend, welche technischen Möglichkeiten die Menschen vor so langer Zeit bereits hatten, die wir heute noch auf eine ähnliche Weise verwenden. Trifft das auch auf die politischen Vorstellungen Ciceros zu? Cicero würde die Regierungsform in den USA für das perfekte Staatssystem halten.

Steve: Und das sind nicht die einzigen Parallelen. Man könnte beinahe behaupten, dass Rick Riordan mit seiner Geschichte recht hatte: Das römische Reich setzt sich in den heutigen USA fort.

Mark: Zum einen handelt es sich bei der USA momentan um das kulturelle Zentrum der Welt, ebenso wie seinerzeit Rom. Außerdem haben bzw. hatten sowohl die USA, als auch Rom einen großen politischen Einfluss auf die Welt. Der Einfluss wirkt sich auf verschiedenen Bereiche aus, wie die Verwaltungstechnik und Ökonomie. Die damals unvergleichliche Schaffung von Infrastruktur und Verbindung der Städte im römischen Reich lässt sich mit den Fortschritten der Computertechnologie in den USA vergleichen. Die militärische Übermacht damals und heute ist ebenfalls zu benennen.

DE SPHAERAARCHIMEDIS

IN MEMORIAM

An Steve Jobs und unser Gespräch
über die archimedische Sphäre
Mark Zuckerberg 09.11.2016
Donald Trump ist der neue Präsident der USA

Mark: Steve hatte recht mit der Behauptung, dass es einige Parallelen zu der Antike gibt.

Man kann die antiken Konstruktionen von Archimedes und seinen Zeitgenossen teilweise mit modernen Computern vergleichen, da sie sich in ihrer Funktionsweise ähneln.

Man sagt Geschichte wiederholt sich nicht. Doch heute befinden wir uns vor einer Zeitenwende, wie es sie bereits vor 2000 Jahren gab. Wir befinden uns in dem nach Cicero besten Staatssystem und ein Populist kommt an die mächtigste Position des Landes, gar der Welt. Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie, dass der Populist von heute Republikaner ist. Und mit diesem neuen Präsidenten stellt sich mit die Frage: Wann droht uns die nächste Sonnenfinsternis?

¹ Synodische Monate: Eine Zeitspanne, die bestimmte Planeten benötigen, um ein gewisses Verhältnis zwischen einander wiederherzustellen. In diesem Fall ist von lunatischen Monaten die Rede, der Abstand von einem Neumond zum nächsten.

² Stunden gleicher Länge

³ Stunden, die entstehen, wenn man Tag und Nacht immer in 12 Stunden einteilt, wodurch deren Länge je nach Jahreszeit variiert

Literaturverzeichnis

A: Primärquelle

De re publica; Cicero, Marcus Tullius; Der Staat: lat. u. dt.; hrsg. und übers. von Karl Büchner. 5. Aufl. – München; Zürich: Artemis und Winkler, 1993. (Sammlung Tusculum)

B: Originaltext und eigene Übersetzung

De re publica, 1.21-1.22

Tum Philus: Nihil novi vobis adferam, neque quod a me sit (ex)cogitatum aut inventum; nam memoria teneo C. Sulpicium Gallum, doctissimum ut scitis hominem, cum idem hoc visum diceretur et esset casu apud M. Marcellum, qui cum eo consul fuerat, sphaeram quam M. Marcelli avus captis | Syracusis ex urbe locupletissima atque ornatissima sustulisset, cum aliud nihil ex tanta praeda domum suam deportavisset, iussisse proferi; cuius ego sphaerae cum persaepe propter Archimedi gloriam nomen audissem, speciem ipsam non sum tanto opere admiratus; erat enim illa venustior et nobilior in volgus quam ab eodem Archimede factam posuerat in templo Virtutis Marcellus idem. Sed posteaquam | coepit rationem huius operis scientissime Gallus exponere, plus in illo Siculo ingenii quam videretur natura humana ferre potuisse indicabam fuisse. Dicebat enim Gallus sphaerae illius alterius solidae atque plenae vetus esse inventum, et eam a Thalete Milesio primum esse tornatam, post autem ab Eudoxo Cnidio discipulo ut ferabat Platonis, eandem illam astris stellisque qua caelo in haerent es | se descriptam; cuius omnem ornatum et descriptionem sumptam ab Eudoxo multis annis post non astrologiae scientia sed poetica quadam facultate versibus Aratum extulisse. Hoc autem sphaerae genus, in quo solis et lunae motus inessent et earum quinque stellarum quae erantes et quasi vagae nominarentur, in illa sphaera solida non potuisse finiri, atque in eo admirandum esse inventum | Archimedi, quod excogitasset quem ad modum in dissimillis motibus inaequabiles et varios cursus servaret una conversio. Hanc sphaeram Gallus cum moveret, fiebat ut soli luna totidem conversionibus in aere illo quot diebus in ipso caelo succederet, ex quo et in [caelo] sphaera solis fieret eadem illa defectio, et incederet luna tum in eam metam quae esset umbra terrae, cum sol e regione...

Eigene Übersetzung

Darauf sagte Philus: „Nichts Neues werde ich euch zutragen und nichts, welches erdacht oder erfunden wäre; denn ich habe in Erinnerung, dass Gaius Sulpicius Gallus, ein sehr gebildeter Mann, wie ihr wisst, als erzählt wurde, dass dasselbe (die Sonnenfinsternis) gesehen wurde, zufällig bei M. Marcellus war, welcher gemeinsam mit diesem Konsul war und die Sphäre zu bringen befahl, die der Großvater des M.



DE SPHAERA ARCHIMEDIS

Marcellus als seine Beute aus der wohlhabenden und auch geachteten Stadt Syrakus mitgenommen hatte, während er nichts anderes aus der gesamten Beute zu seinem Haus fortbrachte; da ich durch den Rang des Archimedes schon oft den Namen von dessen Sphäre gehört hatte, bewunderte ich denselben Anblick nicht so sehr; es war nämlich jene schöner und stattlicher, die von demselben Archimedes – für das gemeine Volk gemacht – derselbe Marcellus in dem Tempel der Virtus aufgestellt hatte. Aber nachdem Gallus äußert kundig begann den Sinn dieses Werkes zu erörtern, entschied ich, dass mehr an Talent in jenem Sizilianer gewesen war, als gesehen worden wäre, dass es das menschliche Wesen tragen konnte. Gallus sagte nämlich, dass die Erfindung jener soliden und vollen Kugel alt sei und diese zuerst von Thales von Miletus gedreht, danach jene selbe aber von Eudoxos von Knidos, einem Schüler Platons, wie er meinte, mit Sternen, die dem Himmel anhaften, bemalt worden wäre; dessen gesamte Verzierungen und Bemalungen übernahm Aratus von Eudoxos und rühmte sie viele Jahre danach nicht mit Wissen der Astronomie, sondern mit einem gewissen poetischen Talent mit Versen.

In dieser Art der Sphäre aber wären die Bewegungen der Sonne, des Mondes und eben der fünf Sterne, die die Irrenden und gleichsam Umherschweifenden genannt werden, jener stattlichen soliden Sphäre war dieses nicht möglich darzustellen, und in diesem ist die Erfindung des Archimedes zu bewundern, die er erdacht hatte, auf welche Weise er ungleiche und wechselnde Bahnen in äußerst verschiedenen Bewegungen durch eine Umdrehung erhalten könnte.

Als Gallus diese Sphäre bewegte, geschah es, dass der Mond der Sonne in ebenso vielen Umdrehungen auf der ehernen Kugel nachfolgte, wie in Tagen am Himmel selbst, wodurch sich auch auf der Sphäre jene selbe Finsternis der Sonne ereignete und der Mond traf auf den Zielpunkt, der der Schatten der Erde wäre, als die Sonne gegenüber [stand].

C: Sekundärliteratur

Thales of Miletus, Archimedes and the Solar Eclipses on the Antikythera Mechanism; Göran Hendriksson; Journal of Earth Science and Engineering 4, (2014) 757-769.

D: Internetquellen

Antikythera-Mechanismus, Geheimnis des antiken Computers; Christoph Seidler; Spiegel Online vom 06.04.2009

Archimedes' legendary sphere brought to life; Jo Merchant; Nature, Volume 526, Issue 7571, 25.07.2015.

Archimedes - Wissenschaft und Technik im Spannungsfeld der Politik; Ivo Schneider;

Kultur und Technik, H.3 S.4-11(1979).

Cicero and the Planetarium of Archimedes, a comment; <https://otivmcmdignitate.wordpress.com/2011/06/28/hello-world/#comments>

Decoding the Antikythera Mechanism: Investigation of an Ancient Astronomical Calculator; T. Freeth et al.; Nature, Volume 444, Issue 7119, pp. 587-591 (2006).

Der äußere Gesprächsrahmen von De republica; Ursula Henning; http://www.gottwein.de/Lat/cic_rep/ref01_rahmen01.php

Spheres and Planetaria, Introduction; <https://www.math.nyu.edu/~corres/Archimedes/Sphere/SphereIntro.html>

Wikipedia

- De re publica
- Exeligmoszyklus
- Liste der römischen Konsuln
- Marcus Tullius Cicero
- Publius Cornelius Scipio Aemilius Africanus Numantinus minor
- Saroszyklus
- Synodische Periode