Erwachende Wissenschaft – Teil 47

Wissenschaft im Mittelalter (6. Jhd. bis 15. Jhd.)

Nicolaus Copernicus (1473-1543)

Deutsche Renaissance VI

De revolutionibus orbium coelestium

6 Bücher über die Umschwünge der himmlischen Kreise …

Wissenschaftliches Umfeld…

Die Behandlung der Ptolemäischen Lehre war fester Bestandteil des Quadriviums an den Artistenfakultäten der frühneuzeitlichen Universitäten.

→ Forschungen bezogen sich auf die Erstellung von Berechnungstafeln, mit deren Hilfe Ephemeriden von Sonne, Mond und Sterne erstellt werden können.

→ Durch die „Entdeckung der Welt“ (Hochseeschifffahrt) wurde auch die Nautik äußerst wichtig. Insbesondere das Problem der Längenbestimmung war ungelöst.

→ Die Kirche hatte massiv mit den Unzulänglichkeiten des Julianischen Kalender zu kämpfen, da die kirchlichen Feiertage immer mehr dem Lauf der Sonne (zwischen 4. Jhd. und 16. Jhd. über 10 Tage) hinterherhinkten. Besonders die genaue Datierung des Osterfestes war dabei ein Problem (Stichpunkt Frühlingsanfang).

→ Es gab von verschiedenen Autoren Arbeiten, die versuchten, die mathematische Kompliziertheit des ptolemäischen Systems durch „Kosmetik“ zu reduzieren – aber nur mit mäßigen Erfolg (Regiomontanus)

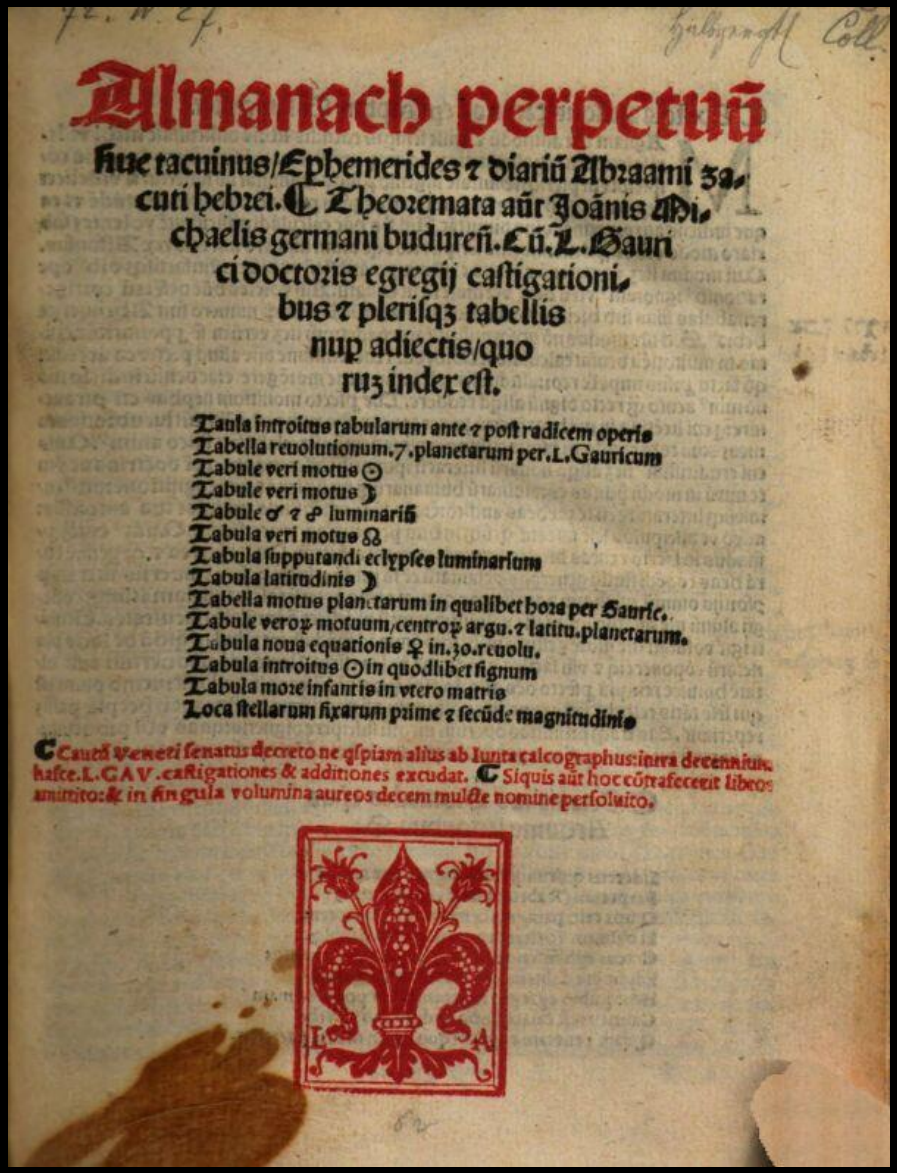
→ Entwicklung von verbesserten astronomischen Messinstrumenten wie Quadranten und Sonnenuhren, Nutzung astronomischer Methoden zur Landvermessung, Kritik an der peripatetischen Bewegungslehre in Bezug auf Ballistik (Daniel Santbech)

Wichtige Astronomen als Zeitgenossen Nikolaus Kopernikus

Johannes Michael Budorensis (? – nach 1514)

Über die genauen Lebensumstände ist nicht viel bekannt, nur dass er in jungen Jahren in Krakau weilte (studierte?), später in Rom und schließlich in Venedig wirkte. War mit Dominico Maria da Novara bekannt.

Wissenschaftsgeschichtlich ist er als Kommentator zu Abraham Zacutos (1450-1510) „Almanach perpetuum“ bekannt geworden sowie als Herausgeber von Werken von Peurbach und Regiomontanus.



Almanach perpetuũ

hue tacuinus/Ephemerides ⁊ diariũ Abraami za-
cuti hebrei. ¶ Theoremata aũr Joãnis Mi-
chaelis germani budureñ. Cũ. L. Gauri
ci doctoris egregij castigationi-
bus ⁊ plerisq; tabellis
nup adiectis/quo
ruz index est.

Tavla introitus tabularum ante ⁊ post radicem operis
Tabella revolutionum. 7. planetarum per. L. Gauricum
Tabule veri motus ☉
Tabule veri motus ☽
Tabule ♂ ⁊ ☿ luminariũ
Tabula veri motus ☊
Tabula supputandi eclypses luminarium
Tabula latitudinis ☽
Tabella motus planetarum in qualibet hora per Gauric.
Tabule verox motuum/centrox argu. ⁊ latitu. planetarum.
Tabula nova equationis ♀ in. 30. revolu.
Tabula introitus ☉ in quodlibet signum
Tabula more infantis in vtero matris
Loca stellarum fixarum prime ⁊ secũde magnitudinis

¶ Cautũ Veneti senatus decreto ne qspiam alius ab Iunta calcographus: intra decennium. hasce. L. GAV. castigationes & additiones excudat. ¶ Siquis aũt hoc cõtrafecerit libros amittito: & in singula volumina aureos decem mulctæ nomine persoluito.

Georg von Peuerbach (1423-1461)

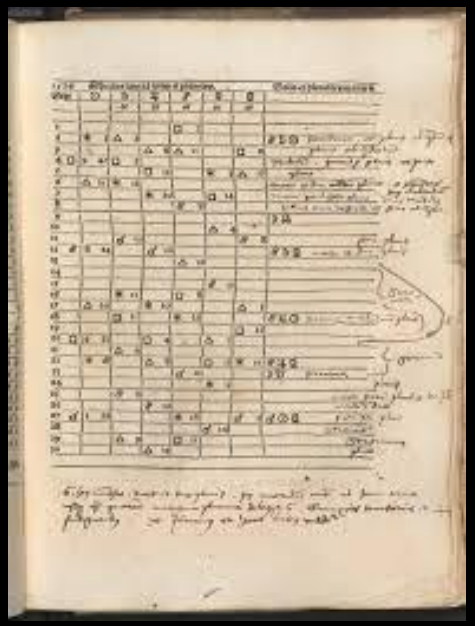
Georg von Peuerbach stand am Anfang der naturwissenschaftlichen Revolution der frühen Neuzeit, da er 1. eine Neuübersetzung des Almagest aus dem Griechischen vorlegte, einen ausführlichen Kommentar dazu veröffentlichte (*Epistome Almagertum*) und Verbesserungen an der mathematischen Beschreibung vornahm. Weiterhin berechnete er Verfinsterungstafeln (Mondfinsternisse) sowie Korrekturterme zu den Alfonsinischen Tafeln.

Nikolaus Kopernikus beruft sich z. B. in seinem „*Commentariolus*“ wiederholt auf die Arbeiten von Peurbach, aus dem er offensichtlich den von Ibn asch-Schatir (1304-1375) eine spezielle Epizykelbeschreibung übernahm, die sich später in Kopernikus seinem Hauptwerk wieder findet. (Johannes Engel 1463-1512)

Johannes Müller aus Königsberg in Franken – Regiomontanus (1436-1476)

War der bedeutendste Schüler von Georg Peurbach, der sich insbesondere mit der Berechnung von Sonnen- und Planetentafeln sowie der Erstellung von Kalender auf astronomischer Grundlage beschäftigte. Seine „Sterntafeln“ (Ephemeriden) wurden sowohl von Vasco da Gama als auch Christoph Columbus zur Seenavigation verwendet.

Regiomontanus war auch ein sehr guter Beobachter, der selbst Beobachtungen anstellte, um seine Planetentafeln stetig zu verbessern. In der Genauigkeit wurde er erst Hundert Jahre später von Tycho Brahe überholt. (Bernhard Walther 1430-1504)



Georg Joachim Iserin – Rheticus (1514-1574)

War seit 1537 Professor für Mathematik und Astronomie in Wittenberg und Freund und Kollege von Philipp Melanchthon.

Von 1539 bis 1541 weilte Rheticus bei Kopernikus in Frauenburg – sollte dort im Auftrag von Johannes Schöner (Herausgeber in Nürnberg) Kopernikus überreden, sein Hauptwerk zu veröffentlichen.

1540 „Narratio Prima“ (Erster Bericht) über das kopernikanische Weltsystem

Sein bekanntestes Werk sind die zehnstelligen „Sinustafeln“ mit einer Auflösung von 10 Bogensekunden, die von seinem Schüler Valentin Otho zu Ende geführt wurden.

Wie kam Kopernikus auf die Idee eines heliozentrischen Weltsystems?

Im 16. Jahrhundert war es Konsens (100%, nicht nur 96% !) unter den Wissenschaftlern, dass die Erde den ruhenden Mittelpunkt der Welt bildet. Die Annahme, dass sich die Erde bewegt (Rotation inbegriffen), galt als so hochgradig absurd, dass sie von niemanden vertreten wurde – nicht mal als Denkmöglichkeit!

Die ursprüngliche Intention Kopernikus war es, das ptolemäische System mit seinen Deferenten und Epizykeln zu vereinfachen und die Idee der idealen Kreisbahnen, wie sie von den Platonikern vertreten wird, wieder zu altem Glanz zu verhelfen.

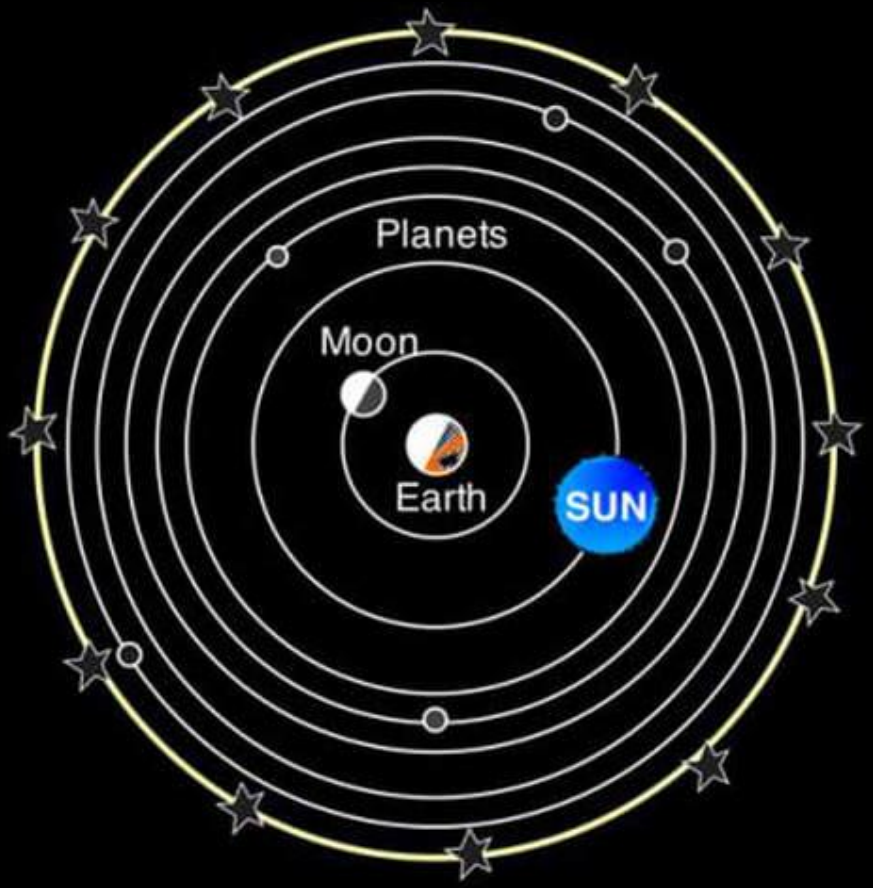
→ Himmelskörper mit Ausnahme des Mondes zeigen keine Parallaxe – daraus folgert Kopernikus, dass sie sehr weit von der Erde entfernt sein müssen. Insbesondere für die Sonne mit einem halben Grad scheinbaren Durchmesser bedeutet dies, dass sie bedeutend größer sein muss als die Erde („im Vergleich zur Sonne ist die Erde ein Staubkorn“)

→ Wenn man die Sterne als Einzelobjekte ansieht, dann zeigen sie untereinander keine den Planeten vergleichbare Eigenbewegung. Daraus folgert Kopernikus, dass sich die „Fixsternsphäre“ noch weit, weit hinter der Sphäre des Saturn befinden muss. Die Welt außerhalb der Erde ist unvorstellbar groß!

Für das ptolemäische System waren die Entfernungen der Sphären vom Erdmittelpunkt nicht relevant, nur ihre Abstandsfolge hatte Bedeutung.

Lediglich für die Entfernung des Mondorbits gab es eine ziemlich genaue und für die Entfernung der Sonne gab es eine sehr schlechte Abschätzung.

Aus philosophischen Gründen wurde von einigen antiken Gelehrten jedoch eine unendliche Ausdehnung des „Außenraums“ proklamiert (z. B. Lucretius Carus)



Kopernikus: Ist es nicht einfacher anzunehmen, die Erde bewegt sich (rotiert) und nicht die Weltkörper in 24 Stunden einmal um die Erde? In diesem Fall müssten sich die Fixsterne, die ja extrem weit (fehlende Parallaxe) entfernt sein müssen, mit einer unvorstellbaren GESCHWINDIGKEIT unterwegs sein…

Kopernikus erkennt die Relativität der Bewegung, d. h. man kann beispielsweise die „Bewegung“ eines Schiffes in Bezug auf einen Hafen zweierlei betrachten:

a) Schiff bewegt sich, Hafen ruht
b) Schiff ruht, Hafen bewegt sich

Er zitiert dazu aus Vergils „Aeneis“: „*Wir laufen aus dem Hafen aus und Länder und Städte weichen zurück*“.

Kopernikus: „*Weil, wenn ein Schiff ruhig dahinfährt, alles, was außerhalb desselben ist, von den Schiffern so gesehen wird, als ob es nach dem Vorbilde der Bewegung des Schiffes sich bewege, und die Schiffer umgekehrt der Meinung sind, dass sie mit allem, was sie bei sich haben, ruhen: so kann es sich ohne Zweifel mit der Bewegung der Erde ebenso verhalten und scheinen, als ob die ganze Welt sich drehe*.“

Das bedeutet, man erhält die gleichen Phänomene wenn man annimmt, die Erde drehe sich um ihre eigene Achse und der „Himmel“ ruht - oder die Erde „ruht“, und der Himmel rotiert um die Erde.

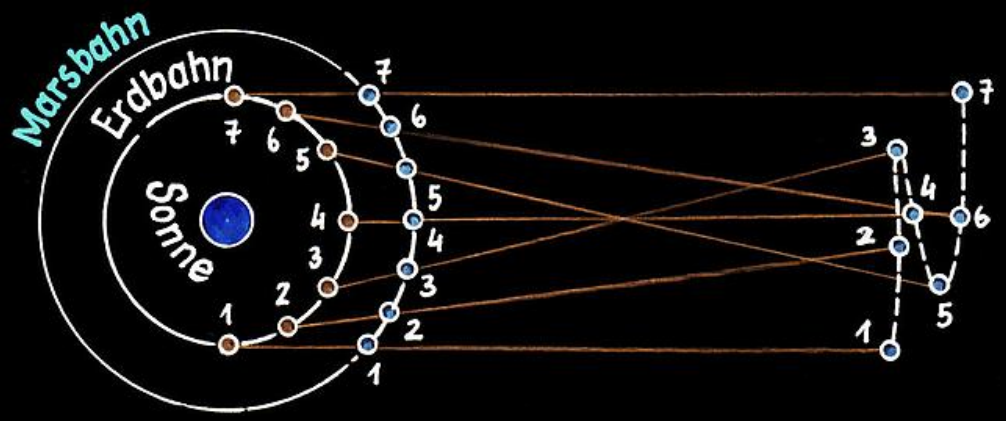
Der erste Fall ist gewöhnungsbedürftig und der zweite Fall offensichtlich – sie sind aber phoronomisch äquivalent. (Phoronomie – alter Begriff für die Kinematik)

Die drei Bewegungen der Erde

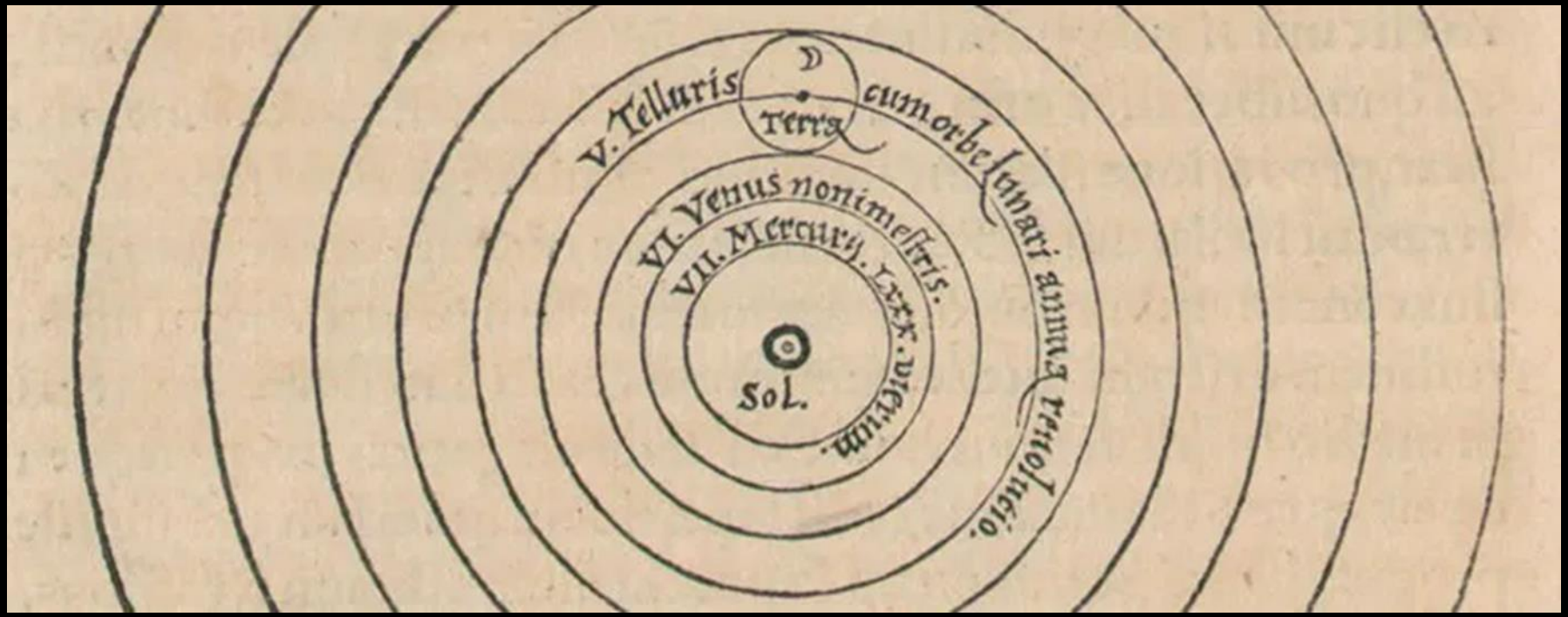
1. Die Erde rotiert in 23 Stunden und 56 Minuten einmal um ihre Achse. Das verursacht die scheinbare tägliche Bewegung des Himmelsgewölbes. Die Bewegung erfolgt von abends Richtung Morgen was dazu führt, dass alle Gestirne morgens auf- und abends untergehen.

2. Die Erde bewegt sich in einem Jahr einmal um die Sonne, was die Bewegung der Sonne im Tierkreis und die Entstehung von Jahreszeiten (wegen der Erdachsenneigung) bewirkt. Außerdem lassen sich damit die „Schleifenbewegung der Planeten“, die sich ebenfalls um die Sonne drehen, leicht erklären.

3. Die Erdachse ist geneigt und die Erdachse selbst bewegt sich auf einem Kegelmantel im Laufe der Zeit, was die von Hipparch entdeckte Wanderung des Frühlingspunktes (Präzession) bewirkt.



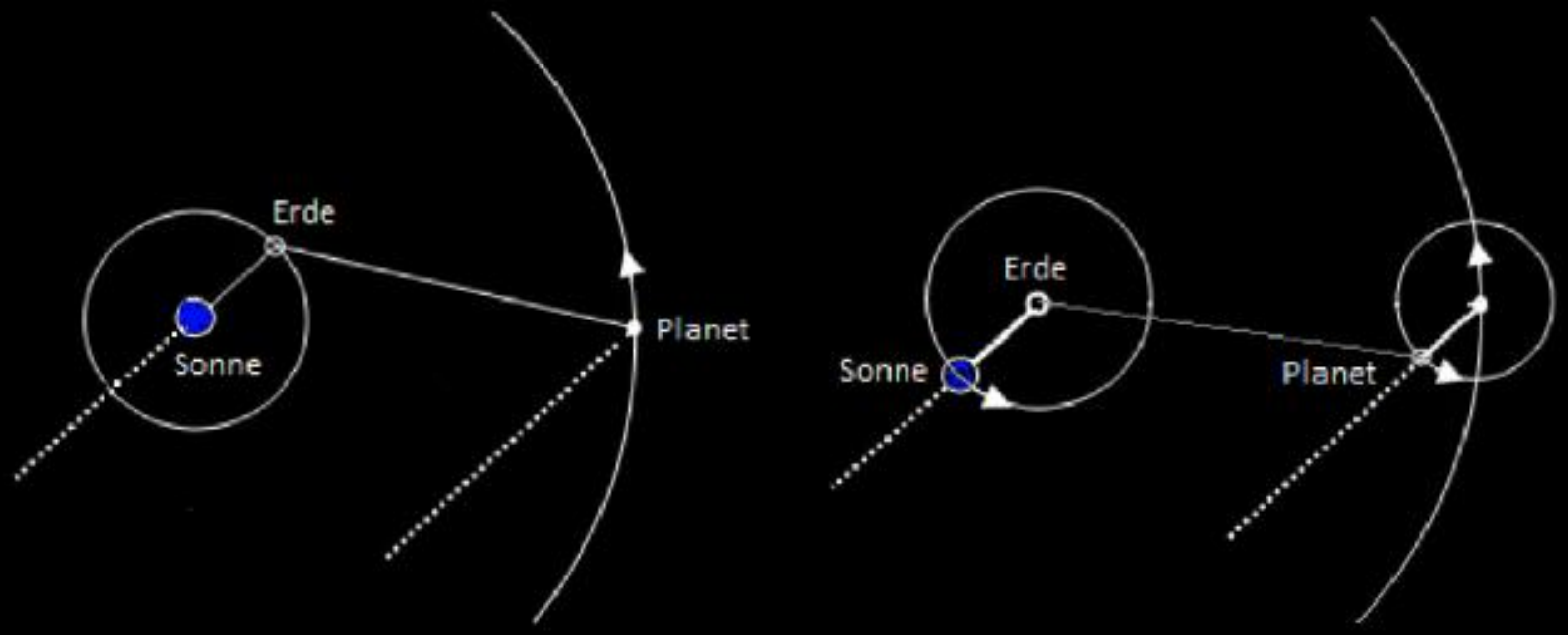
Die Sonne als Weltmittelpunkt



Kopernikus argumentiert philosophisch, warum die Sonne und nicht die Erde (Aristoteles) der Weltmittelpunkt sein muss

„In der Mitte aber von allen steht die Sonne. Denn wer möchte in diesem schönsten Tempel diese Leuchte an einem anderen, besseren Ort setzen, als von dem aus sie gleichzeitig das Ganze zu erhellen vermag? So lenkt in der Tat die Sonne, auf dem königlichen Throne sitzend, die sie umkreisende Familie der Gestirne. „

In der Ptolemäischen Theorie spielt der Radius eines Epizykelkreises keine Rolle, so lange er kleiner als der Radius des Deferenten ist. Was aber eine Rolle spielt, ist die Lage der Verbindungslinie Zwischen Planeten und dem Mittelpunkt des Epizykels. Diese Gerade ist immer parallel zur Geraden zwischen dem Beobachter (Erdmittelpunkt) zur mittleren Sonne. Verschiebt man jetzt – was Kopernikus als Erster getan hat – die Position der Sonne in den Mittelpunkt des Systems und löst den Epizykel auf, dann bleiben die Winkelverhältnisse bestehen.



Der Winkel zwischen dem der Planet und die Sonne von der Erde aus erscheint, ist in beiden Systemen immer der Gleiche. Daraus lässt sich eine neue, logisch einfachere Theorie der Planetenbewegung aufbauen.

NICOLAI COPERNICI TORINENSIS DE REVOLVTIONIbus orbium cœlestium,

Libri VI.

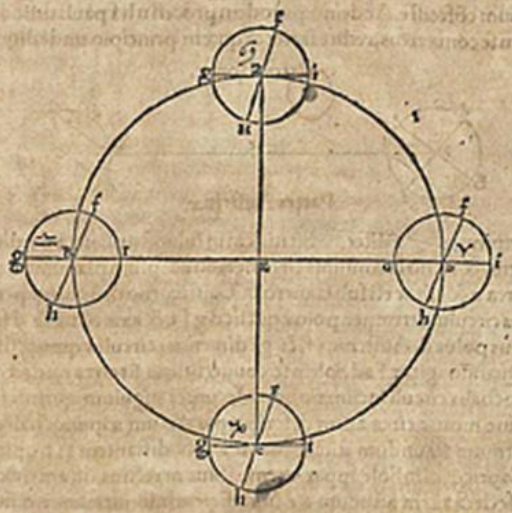
IN QVIBVS STELLARVM ET FIXARVM ET ERRATICARVM MOTVS, EX VETERibus atq; recentibus obseruationibus, restituit hic autor. Præterea tabulas expeditas luculentasq; addidit, ex quibus eosdem motus ad quoduis tempus Mathematum studiosus facillime calculare poterit.

ITEM, DE LIBRIS REVOLVTIONVM NICOLAI Copernici Narratio primo, per M. Georgium Ioachimum Rheticum ad D. Ioan. Schonerum scripta.

Cum Gratia & Priuilegio Cæs. Maiest.

BASILEAE, EX OFFICINA HENRICPETRINA.

natio Borea h ad Solem conuersa efficit. Quoniam declinitas æquinoctialis ad a lineā per reuolutionē diurnā detornat sibi tropicū hyemalem parallelū secundum distantiā, quam sub ea h angulus inclinationis comprehendit. Proficiscatur modo cēntrum terræ in cōsequentia, ac tantundē f maximæ declinationis terminus, in præcedentia: donec utriq; in b peregerint quadrātes circu



lorum. Manet interim e a i angulus semper ęqualis ipsi a e b, propter æqualitatē reuolutionū, & dimetientes semper ad inuicem f a h ad f b h, & g a i ad g b i, ęquinoctialisq; ęquinoctiali parallelus. Quæ propter causam iam sæpe dictam apparent eadē in immensitate cœli. Igitur ex b Libræ principio, e sub Ariete apparebit, cōcideteq; sectio circulorū communis in unā lineam g b i e, ad quam diurna reuolutio nullā admittet declinationem, sed omnis declinatio erit à lateribus. Itaq; Sol in æquinoctio uerno uidebitur. Pergat centrum terræ cum assumptis conditionibus, & per-

Der von Kopernikus eingeschlagene Weg des Heliozentrismus vereinfachte die Ptolemäische Theorie, war aber – was die Berechnung von Ephemeriden betrifft – nicht besser, sondern eher schlechter. Das lag daran, dass

a) Kopernikus weiterhin von idealen Kreisbahnen ausging (die Idee von Ellipsen hat er in seinem Manuskript gestrichen)

b) Um die 1. Ungleichheit der Planetenbewegung (unterschiedliche Geschwindigkeit entlang der Bahn) zu erfassen, musste Kopernikus weiterhin Epizykel einführen, die aber zu schlechteren Ergebnissen führten

Die ersten Planetentafeln, die auf der Grundlage der Theorie von Kopernikus gerechnet wurden, waren die „Prutenischen Tafeln“ von Erasmus Reinhold (1511-1553) und Albrecht von Brandenburg-Ansbach (1490-1568, letzter Hochmeister des Deutschen Ordens).

Prutenicae Tabulae Coelestium Motuum – waren besser als die Alfonsinischen Tafeln, was aber nur der aktuelleren Ausgangsdatenlage (mittlerweile waren 300 Jahre vergangen) zu verdanken war. Intrinsisch ist die ptolemäische Planetentheorie was die Vorhersagekraft betrifft, besser als die kopernikanische.