NICOLAUS COPPERNICUS

AUS THORN

ÜBER DIE KREISBEWEGUNGEN DER WELTKÖRPER.

NICOLAUS COPPERNICUS

AUS THORN

ÜBER DIE KREISBEWEGUNGEN DER WELTKÖRPER.

ÜBERSETZT UND MIT ANMERKUNGEN

VON

Dr. C. L. MENZZER.

DURCHGESEHEN UND MIT EINEM VORWORT

VON

Dr. MORITZ CANTOR.

HERAUSGEGEBEN

VON DEM COPPERNICUS-VEREIN FÜR WISSENSCHAFT UND KUNST ZU THORN.

THORN, 1879.

DRUCK UND VERLAG VON ERNST LAMBECK.

6. Obs 4

Astronom. Obs.

Die Veröffentlichung einer deutschen Uebersetzung des Werkes *„de revolutionibus orbium caelestium"* ist der wohlwollenden Theilnahme zu verdanken, welche die Bestrebungen des unterzeichneten Vereins bei Gelegenheit der vierten Säcular-Feier der Geburt von Coppernicus gefunden haben.

Seine Majestät Kaiser Wilhelm gestattete huldvollst, die Subvention, welche Allerhöchstderselbe für die Säcular-Ausgabe des bez. Werkes bewilligt hatte, auch für eine deutsche Uebersetzung verwenden zu dürfen. Sodann erklärte sich der Landtag der Provinz Preussen geneigt, unser Unternehmen zu fördern, um dieses neue Ehren-Denkmal des grössten Sohnes unserer Provinz erstehen zu lassen.

Indem wir nunmehr das unsterbliche Werk des Begründers unserer modernen Weltanschauung dem deutschen Volke darbieten, kommen wir gern unserer Dankes-Pflicht nach. Vor Allem haben wir Seiner Majestät, Kaiser Wilhelm, unsern ehrfurchtsvollen Dank öffentlich abzustatten. Als Seine Majestät Allerhöchst Ihre Zustimmung dem Grundgedanken angedeihen liessen, welcher den Verein bei der Herausgabe einer deutschen Uebersetzung leitete, wurden wir ermuthigt zur Ausführung eines Unternehmens zu schreiten, gegen welches manche Bedenken erhoben waren. Gleicherweise stärkte uns die Subvention des Provinzial-Landtags; der Verein freut sich, indem er dem hohen Landtage seinen Dank ausspricht, öffentlich bekunden zu dürfen, wie die Vertreter unserer Provinz sich jederzeit gern bereit finden lassen, geistige Interessen zu fördern.

Die Uebersetzung, das Werk langjährigen Fleisses, dankt der Verein einem seiner Ehren-Mitglieder, dem Oberlehrer an der Realschule 1. Ordnung zu Halberstadt, Dr. E. L. Menzzer; von einem andern Ehren-Mitgliede, dem Professor honor. an der Universität Heidelberg, Dr. M. Cantor, ist die Durchsicht des Manuscripts übernommen worden. Die Ueberwachung des Druckes erfolgte durch Oberlehrer Curtze hierselbst, den Herausgeber der Säcular-Ausgabe des Werkes *„de revolutionibus orbium caelestium."*

Thorn, 19. Februar 1879.

Der Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst.

Vorrede.

Ein Vater hinterliess seinem Sohne einen Weinberg. Auf dem Todtenbette vertraute er ihm mit absterbender Stimme an, in dem Weinberge liege ein Schatz verborgen, „grabe, wenn Du ihn finden willst…" Da starb er. Und der Sohn grub und grub. Er arbeitete den ganzen Weinberg um. Einen Schatz fand er nicht, nur der reiche Ertrag des folgenden Herbstes lohnte seine Mühe.

Wer kennt nicht diese Parabel, wen entzückte nicht die sinnig einfache Fassung des Gedankens, dass der Besitz, welchen die Vorzeit ihren Nachkommen überträgt, nur dann von wahrem, unvergänglichen Werthe ist, wenn er stets zu neuer Arbeit Gelegenheit gebend weiter und weiter Früchte trägt, während ein unfruchtbares Gut den Erben oft nur Quelle des Leidens geworden ist.

Die Güter des Geistes sind in diesen Worten gleichfalls gemeint. Eine Entdeckung zeigt ihren wahren Werth grade dadurch, dass sie fortwirkend stets neue Arbeit, neues Mühen, neues Erwerben möglich macht. Der grösste Entdecker ist uns der, welchem die zahlreichsten Nachkommen gefolgt sind, die alle dort ihre Hacke ansetzten, wo der letzt Vorhergehende sie ermattet niederlegte, und die jedesmal neue Früchte ihrer Thätigkeit freudig erndten durften.

Ein solcher Entdecker war Nicolaus Koppernigk.

Den Lesern dieses Werkes, Männern der strengen Wissenschaft, die meist selbst Anspruch auf die Ehre erheben dürfen Nachkommen des Thorner Astronomen in dem hier angedeuteten Sinne zu sein, brauchen wir am wenigsten die Wahrheit unseres Ausspruches zu erweisen. Ist uns doch das Gefühl nie deutlicher gewesen als grade jetzt, wo wir dem ehrenvollen Auftrage des Coppernicus-Vereins für Wissenschaft und Kunst folgeleistend diese kurze Vorrede niederzuschreiben im Begriffe sind, dass wir es übernommen haben Dinge zu sagen, welche wir von unsern Lesern uns sagen zu lassen weit eher in der Lage wären. Man erwarte darum von uns keine Auseinandersetzung des Zustandes der Sternkunde, wie er vor, wie er nach Coppernicus sich zeigte. Wir mahnen nur an die Nothwendigkeit dieser Veränderung eingedenk zu sein. Wir fordern unsere Leser auf sich selbst die Frage zu beantworten, ob ohne Coppernicus ein Kepler, ein Galilei, ein Newton, ein Laplace, ein Gauss möglich gewesen wären?

Eine müssige Frage! mag mancher Laie ausrufen, der „schon von der Schule her" weiss, dass das coppernicanische Weltsystem der ganzen neueren Astronomie zu Grunde liegt. Keine müssige Frage! erwidern wir, die wir aus eigener und fremder Erfahrung die Ueberzeugung gewonnen haben, dass jenes Wissen ein blosses Nachschwatzen zu sein pflegt, während nur die wenigsten Fachmänner das unsterbliche Werk jemals selbst gelesen haben, welches als grundlegend bezeichnet wird.

Wir wollen damit keineswegs einen Vorwurf erheben, der in seiner Allgemeinheit zu Viele träfe, und darum gegen Keinen ganz gerecht wäre. Die wissenschaftliche Thätigkeit unserer heutigen Beobachter und Berechner der Erscheinungen am gestirnten Himmel ist eine viel in Anspruch genommene. Aus historischem Interesse, aus einer gewissen Verehrung gegen die Vorzeit sich der Mühe unterziehen zu sollen das in lateinischer Sprache geschriebene Werk von den Kreisbewegungen kennen zu lernen, das ist eine Anforderung, die nur an die Wenigsten zu stellen sein dürfte. Gilt es bei dem Lesen jenes Werkes doch nicht bloss derjenigen lateinischen Vokabeln sich zu erinnern, welche man einst auf den Gymnasien erlernte. Handelt es sich doch vielfach um lateinische heute vergessene Ausdrücke, über welche die Wörterbücher kaum jemals genügende Auskunft geben.

Um so dankenswerther war es, dass Herr Oberlehrer Dr. Menzzer in Halberstadt der Mühe sich unterzog, die, wie wir nach unseren vorhergehenden Bemerkungen wohl nicht mehr zu sagen brauchen, keineswegs leichte Uebertragung der „Revolutionen" in die deutsche Sprache zu vollziehen. Wir waren in der Lage den deutschen Text mit dem Originale zu vergleichen. Ein lieber ehemaliger Zuhörer von uns, Herr Fr. Heinze, gegenwärtig Lehrer der Mathematik an dem Lyceum zu Mannheim, hatte die grosse Güte uns die ganze Uebersetzung vorzulesen, während wir mit dem Urtexte in der Hand folgten. Wir erinnern uns kaum Stellen begegnet zu sein, über deren Meinung die deutsche Ausgabe nicht so deutliche Auskunft gäbe als es überhaupt möglich ist. Wir wünschen mit dieser Erklärung freilich keineswegs die Verantwortung für jedes einzelne Wort zu übernehmen. Herr Menzzer bedarf unserer Rückendeckung nicht, und überdies kann es wohl als ein Ding der Unmöglichkeit gelten, dass in einem Werke von dem Umfange der Revolutionen nicht Mancherlei vorkommen sollte, worüber zwei Leser verschiedene Ansichten sich bilden, selbst wenn beide in der Sprache des Werkes zu denken, ja sogar zu reden gewohnt wären.

Das Studium des Buches, von welchem an die neuere Sternkunde datirt, ist durch Herrn Menzzers Uebersetzung wesentlich erleichtert, erleichtert auch durch die Anmerkungen, welche in erwünschter Weise beigegeben sind. Müssen wir noch auf die Frage antworten, ob das so erleichterte Studium sich wirklich lohne? ob die Zeit nicht verloren sei, darauf verwandt Dinge zu lesen, welche richtiger, genauer, vollständiger erst von späteren Schriftstellern, als Coppernicus war, zur Erledigung gebracht werden konnten?

Wohl wissen wir, dass vergessliche Undankbarkeit eine vielverbreitete Untugend ist, der nicht bloss unsere Zeitgenossen unterworfen sind. Das Scherbengericht hat stets die grossen Männer um so sicherer verurtheilt, je niedriger die standen, die das Gericht bilden durften. Das Wort hat nicht aufgehört wahr zu sein, es gebe so wenig Leute, die es nicht als eine kränkende Mahnung betrachten, wenn man ihnen einmal begegne, nachdem man in der Lage war, ihnen einen Dienst zu erweisen. Aber dass in den Kreisen der Wissenschaft ähnliche Gefühle auch nur unbewusst vorhanden sein sollten, ist uns nicht fassbar. Wer da wünscht, dass die eigenen Leistungen mit Anerkennung genannt bleiben, wird auch der Vergangenheit die Anerkennung nicht vorenthalten sie wenigstens kennen zu lernen, wenn es ohne grosse Weitläufigkeiten geschehen kann. Auch befürchte kein Fachgelehrter, er werde aus der Durchlesung des Werkes unseres Coppernicus keinen unmittelbaren Nutzen ziehen. Die philosophische Tiefe dieses Schriftstellers verbunden mit meisterhafter Klarheit, die geschickte Anwendung einfachster mathematischer Hilfsmittel bleibt für alle Zeiten lehrreich, und Niemand wird ohne Vergnügen in seiner Darstellung die liebenswürdigste Bescheidenheit sowie die mildeste, den Gegner stets hochstellende Polemik hervortreten sehen.

Coppernicus selbst hatte dabei das volle Gefühl von der Bedeutung des Werkes, an dessen Vorbereitung er ganze 30 Jahre gearbeitet hat. Den meisten unserer Leser ist gewiss ein kleiner Aufsatz zu Gesicht gekommen, der in einer Handschrift vom Ende des sechzehnten Jahrhunderts in der Wiener Bibliothek sich erhalten hat, und den Herr Max. Curtze vor wenigen Monaten in dem Hefte I der Mittheilungen des Coppernicus-Vereins für Wissenschaft und Kunst zu Thorn zum Drucke beförderte. Diese Selbstanzeige, wie der Herausgeber mit Recht das eigenartige Schriftstück nennt, lässt keinen Zweifel darüber, dass Coppernicus wusste, was er später der Oeffentlichkeit übergab. Er sah klar über das Wesentliche wie über das Unwesentliche seiner Leistung, und es verdient vielleicht hervorgehoben zn werden, dass er zu Letzterem beispielsweise die ganze eigentliche mathematische Beweisführung gerechnet zu haben scheint.

Coppernicus hat jene Selbstanzeige mit höchstem Grade der Wahrscheinlichkeit schon vor 1533 verfasst. Aus ihr dürften seine Ansichten zur Kenntniss wenigstens einiger hervorragender Persönlichkeiten gelangt sein lange bevor von einem Drucke des ganzen Werkes die Rede war. Leider wissen wir nicht, wen Coppernicus durch das Vertrauen auszeichnete, mit welchem er seinen grossen Gedanken hier an den Tag legte. Der Niederschrift des Aufsatzes, dem durchsickernden Bekanntwerden seines Inhaltes folgte das Andrängen der Freunde zur Herausgabe der Revolutionen, folgte 1543 diese Herausgabe selbst. Mit der Widmung an einen Papst erschienen, von einem anderen Papste verboten „bis es verbessert worden sei", bewundert und geschmäht, vielleicht beides, jedenfalls letzteres mehr als gelesen, ist das grosse Werk auch bezüglich dieser äusserlich wechselnden Schicksale merkwürdig wie kaum ein anderes von ähnlich strengem Inhalte. Heute erscheint es znm ersten Male in einer deutschen Uebersetzung.

Der Coppernicus-Verein, entstanden aus der Vereinigung jener Männer, die in Thorn zusammengetreten waren dem grössten Sohne ihrer Heimath ein Denkmal zu setzen, hat die Zwecke seiner Gründer weiter verfolgend bei der vierten Wiederkehr der säcularen Geburtsfeier seines Namengebers eine Prachtausgabe des Originals veranstaltet.

Er hat auch das Erscheinen dieser Uebersetzung wesentlich gefördert, und die Prowe nnd Curtze, Männer deren Namen man überall begegnet, wo es um das Andenken des Coppernicus sich handelt, haben es an wirksamer Unterstützung nicht fehlen lassen. So möge denn diese Uebersetzung das zu Wege bringen, was mit ihr beabsichtigt wurde: eine immer weitere Verbreitung der Kenntniss von der ganzen Bedeutsamkeit des Verfassers.

Heidelberg, Weihnachten 1878.

Moritz Cantor.

Ueber die Orthographie des Namens Coppernicus.

Im ersten Hefte der „Mittheilungen des Coppernicus-Vereins zu Thorn" habe ich andeutungsweise die Gründe dargelegt[1]), welche mich bestimmten, von der bisher üblichen Orthographie des Namens Coppernicus mit einem P abzugehen und der mit zwei P den Vorzug zu geben. Nachdem der Coppernicus-Verein diese Gründe acceptirt und sich selbst der nämlichen Orthographie sowohl für seinen Namen als für alle von ihm ausgehenden Veröffentlichungen zu bedienen beschlossen hatte, trat an ihn die Nothwendigkeit heran in eingehender Weise seinen Beschluss zu begründen bei Gelegenheit der vorliegenden Uebersetzung, welche das eigenthümliche Schauspiel zeigt, dass Titelblatt und Vorrede eine andere Orthographie für den Autor des Werkes benutzen als Text und Anmerkungen. Der Unterzeichnete hat sich — als Veranlasser des genannten Beschlusses — dem Auftrage gern unterzogen, an dieser Stelle die Gründe ausführlich zu erörtern, welche den Verein bei Annahme dieser Namensform leiteten.

Das Thema bietet eigenthümliche Schwierigkeiten dar. Noch nicht war, wie jetzt, die Orthographie der Namen eine feste; selbst ein und derselbe Mensch schrieb bei verschiedenen Gelegenheiten seinen Namen verschieden — ich erinnere nur an die dreifache Form, in welcher Autographe Melanchthons sich finden: Melanchthon, Melanthon, Melathon — und häufig ist es mehr Sache der Convenienz als der Gewissheit, weshalb man den Namen eines Mannes jener Zeit in einer bestimmten Form schreibt und nicht anders. Bei Coppernicus ist die Sache jedoch nicht so.

Ich werde zu zeigen versuchen, dass diejenigen Koppernigk's, aus denen unser Astronom entsprosste, dass er selbst und alle Urkunden, die ihn und seine specielle Familie betreffen, mit sehr wenigen Ausnahmen seinen Namen mit dem Doppel-p geschrieben haben. Mag auch die sonstige Form des Namens variiren, in dem Doppel-p sind alle einig.

---

[1]) Mittheilungen des Coppernicus Vereins für Wissenschaft und Kunst zu Thorn. I. Heft: Inedita Coppernicana. Aus den Handschriften zu Berlin, Frauenburg, Upsala und Wien herausgegeben von M. Curtze. Leipzig, 1878. C. A. Koch's Verlagsbuchhandlung (J. Sengbusch). 3. Bltt, 74 S. 1. Tafel. — Seite 33 Anmerkung.

Unsere Untersuchung zerfällt daher, wie aus dem obigen ersichtlich, in drei Theile. Wir haben uns nach der Familie Koppernigk umzusehen, dann 2. zu untersuchen, wie schrieb sich Coppernicus selbst, endlich welcher Namensformen bedienten sich seine Freunde und die Urkunden, die ihn erwähnen.

1. Urkunden, in welchen der Name Koppernigk in irgend welcher Form vorkommt, sind vor der Geburt des Astronomen nicht gerade selten; nicht alle jedoch beziehen sich auf Vorfahren desselben. Das Geschlecht des Thorner Koppernigk's stammt in seinen ersten Gliedern, welche sich schon 1400 in Thorn nachweisen lassen, aus dem Dorfe Koppernick (jetzt Köpprich) bei Frankenstein in der Grafschaft Glatz; die spätern Glieder desselben, speciell der Vater des Astronomen, sind aus Krakau nach Thorn eingewandert. Die Wahrscheinlichkeit ist nicht abzuläugnen, dass diese Koppernigk's mit den zuerst in Thorn eingewanderten (um 1400) verwandt, und also in Krakau ebenfalls aus Frankenstein eingewandert sind. Diejenigen Copirnik's, welche aus dem Dorfe Kopernik bei Neisse stammen, kommen mit Doppel-p geschrieben überhaupt nicht vor. Auf sie beziehen sich die Urkunden, welche Stenzel, Urkunden von Breslau zu den Jahren 1272, 1291, 1296 anmerkt.

Die älteste Urkunde mit der Form Koppirnik findet sich bei Theiner, Monum. Pol. I. 369 zum Jahre 1335. In den Krakauer Acten finden sich nur Formen mit Doppel-p: 1367 Koppernic, 1375 niczco Coppernik, 1395 Niclos Koppirnig lapidum fractor, 1396 derselbe Niclos Koppirnig [2]). In Thorner Acten haben wir 1400 einen Koppernick und 1422 eine Margritte Koppirnickynne und einen Petir Koppirnick von Frankenstein; dann folgt ein Laurentius Koppirnik, endlich 1462 aus Krakau einwandernd Niclos Koppernick, der Vater des Astronomen. Dieser als Rathsherr findet sich von da an bis zu seinem Tode sehr häufig in den Thorner Acten. Ich kann hier jedoch mich kurz fassen und auf die grundlegende Arbeit L. Prowe's verweisen: Die Thorner Familien Koppernigk und Watzelrode. Es ist danach kein Zweifel, dass in Thorner und Krakauer Acten fast ohne jede Ausnahme der Name der Familie mit Doppel-p geschrieben wird.

2. Gehen wir jetzt auf den Astronomen selbst über. Hier werden wir alle autographen Unterschriften desselben besprechen müssen, denn nur so können wir darüber Gewissheit erhalten, wie er sich in der überwiegenden Mehrheit der Fälle selbst geschrieben hat. Eigenhändige Unterschriften des Coppernicus besitzen wir noch 29. Von einer Anzahl, welche 1854 bei der Herausgabe der Warschauer Edition des Coppernicus noch vorhanden waren, fehlt jetzt alle Nachricht und sie sind in obiger Zahl nicht einbegriffen. Dass nämlich in der Warschauer Ausgabe beabsichtigt war eine Orthographie für den Namen Coppernicus durchzuführen, ist klar, da auch drei Briefe, deren Originale mir vorgelegen haben, und welche alle drei das Doppel-p in der Unterschrift besitzen, doch in dieser Ausgabe mit einem p gedruckt sind. Nur ein im Anhange nachträglich aus Prowe's Mittheilungen aufgenommener

---

[2]) Diese Notizen sind einem Briefe des Professors Karliński an Prof. L. Prowe vom 3. 1. 79. entnommen. Die letzte hatte schon Prowe in dem unten erwähnten Programme benutzt.

Brief enthält auch in der Warschauer Ausgabe das Doppel-p. Diejenigen Briefe daher, welche wir **nur** aus der genannten Ausgabe kennen, mussten als bekannte Autographe gestrichen werden, da aus dem eben genannten Grunde nicht feststeht, ob die Schreibung mit einem p dem Originale angehört oder der gleichmässig durchgeführten Schreibung der Ausgabe.

Die eigenhändigen Unterschriften des Coppernicus habe ich, mit alleiniger Ausnahme der im Reichsarchiv zu Stockholm befindlichen Namenszeichnung unter einem Briefe an Dantiscus, sämmtlich durch Ocularinspection verificirt.

Ich stelle hier die 29 Namensunterschriften zusammen [3]).

1) 1512. 5. April „Nicolaus Coppernic" wählt Fabian von Losainen zum Bischof von Ermland und unterzeichnet die Articuli iurati.

2) 1512. 26. December. „Nicolaus Coppernick" (Unterschrift unter einer Urkunde den Petrikauer Vertrag betreffend).

3) 1512. 28. December. „Nicolaus Coppernick" dgl.

4) 1516. 10 und 11. December. Locatio mansorum per me. „Nic. Coppernic."

5) 1517. Locatio mansorum... per me „Nicolaum Coppernic" etc.

6) 1518. Locatio mansorum per me „Nicolaum Coppernic etc.

7) 1518. 15. März. Ego „Nicolaus Coppernig" etc.
8) 1518. 27. März. Ego „Nicolaus Coppernig" etc.
9) 1518. 19. Mai. Ego „Nicolaus Coppernig" etc. } Zinsverschreibungen.

10) 1518. 22. October. „N. Coppernic" schreibt aus Mehlsack an das Domcapitel.

11) 1519. Locatio Mansorum per me „nic. Coppernic."

12) 1519. 6 Febr. Ego „Nicolaus Coppernig" etc. Zinsverschreibung.

13) 1519. 12. März. Ego igitur „Nicolaus Coppernic" etc. Zinsverschreibung.

14) 1523. 13. April „Nicolaus Coppernic" unterschreibt die articuli iurati des Bischofs Maur. Ferber.

15) 1524. 29. Febr. „Nic. Coppernic" schreibt an M. Ferber.

16) 1528. (?) 8. April. „N. C(oppernic)" schreibt an Felix Reich [4]).

17) 1537. 9. August. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Joh. Dantiscus.

18) 1537. 20. September. „Nicolaus Coppernic" wählt Johannes Dantiscus zum Bischof von Ermland und unterschreibt die articuli iurati.

19) 1538. 25. April. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Dantiscus.

20) 1539. 3. März. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Dantiscus.

21) 1539. 28. September. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Dantiscus.

---

[3]) Es ist hierzu die Zusammenstellung in den Regesta Copernicana bei Hipler Spicilegium Copernicanum benutzt worden.

[4]) Das in Klammer Stehende ist hier von Coppernicus eigener Hand hinzugefügt, während der Brief selbst Abschrift ist. Vergl. Prowe, Monumenta Copernicana. S. 152.

22) 1541. 15. Juni. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Herzog Albrecht von Preussen.

23) 1541. 21. Juni. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Herzog Albrecht.

24) 1541. 22. Juni. „Nicolaus Copernicus" schreibt an Dantiscus.

25) Namenseinzeichnung in den ihm gehörigen Euklid von 1482 in der Universitätsbibliothek zu Upsala: „N. COPPERNICVS".

26) Namenseinzeichnung in die Tabule astronomice Alfonsi regis: „Nicolaus Coppernicus."

27) Einzeichnung in das Λεξικον κατα Στοιχειων des Crestonus: „Βιβλιον Νικολάου τυ Κόπερνικου (sic!)"

28) Einzeichnung in die Practica Valesci de Tharanta: „Nicolaj Copphernicj."

29) Einzeichnung in den Jovianus Pontanus: „Nic. Coppernik."

Hierzu kommt noch, dass 1. in der von ihm selbst 1509 bei Haller in Krakau besorgten lateinischen Uebersetzung der Briefe des Theophylaktus Simocatta die Ueberschrift des an seinen Oheim Lucas Watzelrode gerichteten Widmungsschreibens lautet:

„Ad reverendissimum d$^{\text{nm}}$ Lucam episcopum warmiensem
Nicolai coppernici epistola."

Auch hier hat er selbst also seinen Namen mit Doppel-p drucken lassen [5]). 2. — Hat der Brief vom 3. Juni 1524 an den Domherrn Wapowski zu Krakau wahrscheinlich auch die Form Coppernicus oder Copphernicus. Die wiener Handschrift hat die zweite Form, die in Strassburg verbrannte, von welcher eine Abschrift in Paris, eine zweite in Krakau existirt, die selbst aber im Jahre 1531 abgeschrieben war, wie es scheint aus dem Originale, hatte die erste Namensform. Ich entnehme diese Nachrichten aus dem schon oben angezogenen Briefe des Prof. Karliński in Krakau.

Betrachtet man die obigen Unterschriften näher, so sieht man augenblicklich, dass, wie schon Prof. Hipler hervorgehoben hat [6]), alle officiellen Unterschriften, d. h. solche, bei denen er amtlich seinen Namen zu unterzeichnen hatte, das Doppel-P haben (Vergl. No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 18). Nehmen wir zu den 29 im Original vorhandenen Unterschriften noch die im Briefe an Bischof Lucas und die im Briefe an Wapowski hinzu, so haben wir 31 Unterschriften, von denen 23 mit Doppel-p, 8 mit einem p geschrieben sind. Das macht abgerundet in Procenten $74^1/_5$% mit Doppel-p, $25^4/_5$% mit einem p.

Es ist somit an der Thatsache nicht zu zweifeln, dass Coppernicus selbst sich in überwiegender Majorität (fast im Verhältniss von 3:1) des Doppel-p in seinen Namensunterschriften be-

---

[5]) Auch hier liest die Warschauer Ausgabe „Copernici." Eine weitere Bestätigung dessen, dass aus der Form, in welcher in jener Ausgabe der Name des Coppernicus gedruckt st, nicht auf die Originalform geschlossen werden darf.

[6]) Spicilegium Copernicanum S. 294. Anm.

dient hat; dass diese Form bei officiellen Anlässen aber die allein von ihm gebrauchte Form ist.

3. Diesem Ergebnisse entsprechen auch die Namensformen, welche von den Freunden des grossen Mannes, welche ferner in nicht eigenhändig unterzeichneten Schriftstücken, bei denen er aber als Zeuge aufgeführt ist, oder als Bittsteller, Antragsteller etc. auftritt, gebraucht sind.

Die älteste solcher Notizen, welche Coppernicus selbst betrifft, ist die Einzeichnung desselben in das Album der deutschen Nation zu Bologna von 1496: „Nicolaus Kopperlingk de Thorn"; dann folgt die Einzeichnung in das Verzeichniss der Inhaber der Numerarcanonicate zu Frauenburg: „Nicolaus Coppernik." Ich kann natürlich hier nicht in derselben Weise alle diese Namensformen aufführen, sondern bemerke nur, dass nach den Regesten Hiplers [1]) während der Lebenszeit des Coppernicus das Doppel-p 69 mal, das einfache p dagegen 9 mal vorkommt. Erst nach dem Tode des Coppernicus schleicht sich, veranlasst durch die nicht von Coppernicus selbst, sondern von Rheticus besorgte Ausgabe der Revolutionen, nach und nach die Schreibung des Namens mit einem p ein. Wie Coppernicus selbst sich drucken liess, wissen wir aus der Uebersetzung des Theophylaktus Simokatta. Alle Urkunden über Coppernicus, seine sämmtlichen Briefe, die von ihm besessenen Bücher u. s. w. sind erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wieder aufgefunden. Erst seit jener Zeit war es also möglich wirklich eine Entscheidung über die richtige Namensform des Coppernicus zu treffen. Wie dieselbe ausfallen musste, wenn jemand die Sache ernstlich in Angriff nahm, ist nicht zweifelhaft.

Welche Gründe Rheticus veranlassten den Namens seines Lehrers zu verstümmeln, wissen wir nicht. Vielleicht hielt er das Doppel-p in lateinischen Wörtern für nicht gerechtfertigt, dachte also nicht an Worte, wie lippus, cippus, mappa, lippitudo u. s. w.

Fassen wir die Resultate unserer Untersuchung zusammen, so können wir die Behauptung aussprechen:

> Sowohl die Familie, aus der Coppernicus entsprang, wie Coppernicus selbst, werden von Urkunden und in eigenhändigen Unterschriften fast ausnahmslos mit Doppel-p geschrieben. Es ist daher die Form **Coppernicus** für den Namen des Astronomen, die Form **Koppernigk** für die Familie desselben die einzig berechtigte.

Thorn, April 1879.

M. Curtze.

---

[1]) Spicilegium Copernicanum S. 266—292. Siehe auch meine Ergänzungen dazu: Inedita Coppernicana. S. 69—70.

Inhalts-Verzeichniss.

Erstes Buch.

Zweites Buch.

Drittes Buch.

Viertes Buch.

Fünftes Buch.

Sechstes Buch.

Berichtigung.

Seite 269 Zeile 4 von unten ist nach „Apollonius von Perga“ einzufügen [343]).
Seite 272 Zeile 13 von unten ist nach „was zu beweisen war“ zu setzen [344]) anstatt [343]).

An den Leser

über

die Hypothesen dieses Werkes[2]).

Ich zweifle nicht, dass manche Gelehrte über den schon allgemein verbreiteten Ruf von der Neuheit der Hypothesen dieses Werkes, welches die Erde als beweglich, die Sonne dagegen als in der Mitte des Universums unbeweglich hinstellt, sehr aufgebracht und der Meinung sein mögen, dass die freien und schon vor Zeiten richtig begründeten Wissenschaften nicht hätten gestört werden sollen. Wenn sie aber die Sache genau erwägen wollten, würden sie finden, dass der Verfasser dieses Werkes nichts unternommen hat, was getadelt zu werden verdiente. Denn es ist des Astronomen eigentlicher Beruf, die Geschichte der Himmelsbewegungen nach gewissenhaften und scharfen Beobachtungen zusammenzutragen, und hierauf die Ursachen derselben, oder Hypothesen darüber, wenn er die wahren Ursachen nicht finden kann, zu ersinnen und zusammen zu stellen, aus deren Grundlagen eben jene Bewegungen nach den Lehrsätzen der Geometrie, wie für die Zukunft, so auch für die Vergangenheit richtig berechnet werden können. In beiden Beziehungen hat aber dieser Meister Ausgezeichnetes geleistet. Es ist nämlich nicht erforderlich, dass diese Hypothesen wahr, ja nicht einmal, dass sie wahrscheinlich sind, sondern es reicht schon allein hin, wenn sie eine mit den Beobachtungen übereinstimmende Rechnung ergeben; es müsste denn Jemand in der Geometrie und Optik so unwissend sein, dass er den Epicyclus der Venus für wahrscheinlich und ihn für die Ursache davon hielte, dass sie um vierzig Grade und darüber zuweilen der Sonne vorausgeht; zuweilen ihr nachfolgt. Denn wer sieht nicht, wie bei dieser Annahme nothwendig folgen würde, dass der Durchmesser dieses Planeten in der Erdnähe mehr als viermal, der Körper selbst aber mehr als sechszehnmal so gross erscheinen müsste, als in der Erdferne, und dem widerspricht doch die Erfahrung jeden Zeitalters. Es giebt auch noch andere, nicht geringere Widersprüche in dieser Lehre, welche wir hier nicht zu erörtern brauchen.

Denn es ist hinlänglich bekannt, dass diese Lehre die Ursachen der scheinbar ungleichmässigen Bewegungen einfach gar nicht kennt; und wenn sie welche in der Vorstellung erdenkt, wie sie denn sicherlich sehr viele erdenkt: so erdenkt sie dieselben keineswegs zu dem Zwecke, um irgend Jemanden zu überreden, dass es so sei, sondern nur dazu, damit sie die Rechnung richtig begründen. Da aber für eine und dieselbe Bewegung sich zuweilen verschiedene Hypothesen darbieten, wie bei der Bewegung der Sonne die Excentricität und der Epicyclus, so wird der Astronom diejenige am liebsten annehmen, welche dem Verständnisse am Leichtesten ist. Der Philosoph wird vielleicht mehr Wahrscheinlichkeit verlangen, Keiner von Beiden wird jedoch etwas Gewisses erreichen, oder lehren, wenn es ihm nicht durch göttliche Eingebung enthüllt worden ist. Gestatten wir daher auch diesen Hypothesen, unter den, durch Nichts wahrscheinlicheren, alten bekannt zu werden, zumal da sie zugleich bewundrungswürdig und leicht sind, und einen ungeheuren Schatz der gelehrtesten Beobachtungen mit sich bringen.

Möge Niemand in Betreff der Hypothesen etwas Gewisses von der Astronomie erwarten, da sie Nichts dergleichen leisten kann, damit er nicht, wenn er das zu anderen Zwecken Erdachte für Wahrheit nimmt, thörichter aus dieser Lehre hervorgehe, als er gekommen ist. Lebe wohl. —

Nicolaus Schonberg,

Cardinal von Capua,

an

Nicolaus Copernicus.

Als vor einigen Jahren aus Aller Munde mir über Deine Tüchtigkeit berichtet wurde, begann ich Dich im höheren Masse geistig lieb zu gewinnen, und auch unsern Zeitgenossen, unter denen Du Dich mit so grossem Ruhme bedeckst, Glück zu wünschen. Denn ich hatte erfahren, dass Du nicht nur die Theorieen der alten Mathematiker ausgezeichnet kennst: sondern dass Du auch eine neue Weltanschauung begründet hast, nach welcher Du lehrst, dass sich die Erde bewege, dass die Sonne den untersten und demnach den mittelsten Ort der Welt einnehme, dass der achte Himmel unbewegt und ewig fest bleibe, und dass der Mond, zugleich mit den von seiner Bahn eingeschlossenen Elementen, zwischen dem Himmel des Mars und dem der Venus gelegen, im jährlichen Laufe um die Sonne sich bewege. Und über diese ganze Anschauungsweise der Astronomie sollst Du Commentare geschrieben, und die berechneten Bewegungen der Planeten in Tafeln zusammengestellt haben, zur grössten Bewunderung Aller. Deshalb, gelehrter Mann, bitte ich Dich, wenn ich Dir nicht lästig falle, inständigst, dass Du diese Deine Entdeckung der gelehrten Welt mittheilst, und Deine Nachtarbeiten über den Bau der Welt, zugleich mit den Tafeln, und wenn Du sonst noch etwas hast, was sich auf denselben Gegenstand bezieht, sobald als möglich mir zuschickst. Ich habe aber Dietrich von Rheden[2a]) beauftragt, dass Alles auf meine Kosten dort abgeschrieben und mir überbracht werde. Wenn Du mir in dieser Angelegenheit willfahren wirst, so sollst Du sehen, dass Du es mit einem Manne zu thun hast, dem Dein Name am Herzen liegt, und der so grosser Tüchtigkeit gerecht zu werden wünscht. Lebe wohl. — Rom den 1. November 1536.

Vorrede von Nicolaus Copernicus

zu den

Büchern der Kreisbewegungen

an den

Heiligsten Herrn, Papst Paul III.

Heiligster Vater, ich kann mir zur Genüge denken, dass gewisse Leute, sobald sie erfahren, dass ich in diesen meinen Büchern, die ich über die Kreisbewegungen der Weltkörper geschrieben habe, der Erdkugel gewisse Bewegungen beilege, sogleich erklären möchten, ich sei mit solcher Meinung zu verwerfen. Mir gefällt nämlich das Meinige nicht so sehr, dass ich nicht wohl erwägen sollte, was Andere darüber urtheilen werden. Und obgleich ich weiss, dass die Einsicht des Philosophen dem Urtheile der Menge entzogen ist, weil sein Bestreben darin besteht, die Wahrheit in allen Dingen, so weit dies der menschlichen Vernunft von Gott erlaubt ist, zu erforschen: so halte ich doch dafür, dass man Meinungen, die von der Richtigkeit ganz entfernt sind, vermeiden müsse. Als ich daher mit mir selbst überlegte, für was für eine misstönende Ohrenweide diejenigen, welche die Meinung von der Unbeweglichkeit der Erde durch das Urtheil vieler Jahrhunderte für bestätigt annehmen, — es halten werden, wenn ich dagegen behaupte, die Erde bewege sich: so schwankte ich lange bei mir, ob ich meine Commentare, die ich zum Beweise ihrer Bewegung geschrieben habe, herausgeben sollte, oder ob es besser wäre, dem Beispiele der Pythagoräer und einiger Anderen zu folgen, welche die Geheimnisse der Philosophie nur ihren Verwandten und Freunden, nicht schriftlich, sondern mündlich zu überliefern pflegten, wie dies der Brief des Lysis an Hipparch[38]) beweist. Sie scheinen mir dies nämlich nicht, wie Einige glauben, wegen der Deutlichkeit der mitzutheilenden Lehren gethan zu haben, sondern, damit die schönsten, und durch grosses Studium bedeutender Männer erforschten Dinge, nicht von Denjenigen verachtet würden, die es entweder verdriesst, anderen als einträglichen Wissenschaften viele Mühe zu widmen, oder die, wenn sie durch die Ermahnungen und das Beispiel Anderer zu dem freien Studium der Philosophie getrieben werden, dennoch wegen der Beschränktheit ihres Geistes sich so unter den Philosophen ausnehmen, wie die Drohnen unter den Bienen. Als ich also dies mit mir reiflich überlegte: so bewog mich die Verachtung, welche ich wegen der Neuheit und scheinbaren Widersinnigkeit meiner Meinung zu fürchten hatte, fast, dass ich das fertige Werk ganz bei Seite legte.

Aber meine Freunde brachten mich, der ich lange zauderte und sogar mich widersetzte, davon wieder ab; unter ihnen vorzüglich der in jeder Art des Wissens berühmte Cardinal von Capua, Nicolaus Schonberg; nächst ihm mein sehr geliebter Tidemann Giese, Bischof von Culm, der sich mit gleichem Eifer der Kirche und allen guten Wissenschaften widmet. Dieser nun hat mich oft ermahnt, und durch zuweilen hinzugefügte Vorwürfe angetrieben, dass ich mein Buch herausgeben sollte, welches bei mir nicht neun Jahre nur, sondern bereits in das vierte Jahrneunt hinein verborgen gelegen hatte. Dasselbe verlangten von mir nicht wenige andere ausgezeichnete und sehr gelehrte Männer, indem sie mich ermahnten, dass ich nicht länger wegen der gehegten Besorgniss verweigern sollte, mein Werk dem allgemeinen Nutzen der Mathematiker zu weihen. Sie sagten, dass, je widersinniger jetzt meine Lehre von der Bewegung den Meisten erschiene, sie desto mehr Bewunderung und Dank ernten werde, wenn Jene durch die Herausgabe meiner Commentare den Nebel des Widersinnigen durch die klarsten Beweise beseitigt sehen würden. Durch solche Ermahnungen also, und durch diese Hoffnung bewogen, gab ich endlich meinen Freunden nach, dass sie die Herausgabe des Werkes, die sie so lange von mir gewünscht hatten, bewirken könnten.

Aber Deine Heiligkeit wird vielleicht nicht sowohl darüber verwundert sein, dass ich es gewagt habe, diese meine Nachtarbeiten zu Tage zu fördern, nachdem ich mir bei der Ausarbeitung derselben so viele Mühe gegeben habe, dass ich ohne Scheu meine Gedanken über die Bewegung der Erde den Wissenschaften anvertrauen kann; — sondern erwartet vielmehr, von mir zu hören, wie es mir in den Sinn gekommen ist, zu wagen, gegen die angenommene Meinung der Mathematiker, ja beinahe gegen den gemeinen Menschenverstand, mir irgend eine Bewegung der Erde vorzustellen. Deshalb will ich Deiner Heiligkeit nicht verhehlen, dass mich zum Nachdenken über eine andere Art, die Bewegungen der Weltkörper zu berechnen, nichts Anderes bewogen hat, als weil ich sah, dass die Mathematiker selbst bei ihren Untersuchungen hierüber mit sich nicht einig sind. Denn erstens sind sie über die Bewegung der Sonne und des Mondes so ungewiss, dass sie die ewige Grösse des vollen Jahres nicht abzuleiten und zu beobachten vermögen. Zweitens wenden sie bei Feststellung der Bewegungen, sowohl jener, als auch der übrigen fünf Wandelsterne, weder dieselben Grund- und Folgesätze, noch dieselben Beweise für die erscheinenden Umkreisungen und Bewegungen an. Die Einen bedienen sich nämlich nur der concentrischen, die Andern der excentrischen und epicyclischen Kreise, durch welche sie jedoch das Erstrebte nicht völlig erreichen. Denn Diejenigen, welche sich zu den concentrischen Kreisen bekennen, obgleich sie beweisen, dass einige ungleichmässige Bewegungen aus ihnen zusammengesetzt werden können, haben dennoch daraus nichts Gewisses festzustellen vermocht, was unzweifelhaft den Erscheinungen entspräche. Diejenigen aber, welche die excentrischen Kreise ersannen, obgleich sie durch dieselben die erscheinenden Bewegungen zum grossen Theile mit zutreffenden Zahlen gelöst zu haben scheinen, haben dennoch sehr Vieles herbeigebracht, was den ersten Grundsätzen über die Gleichmässigkeit der Bewegung zu widersprechen scheint. Auch konnten sie die Hauptsache, nämlich die Gestalt der Welt und die sichere Symmetrie ihrer Theile weder finden, noch aus jenen berechnen. Es ging ihnen so, als wenn Jemand von verschiedenen Orten her Hände, Füsse, Kopf und andere Glieder, zwar sehr schön, aber nicht im Verhältnisse zu einem einzigen Körper gezeichnet, nähme und, ohne dass sie sich irgend entsprächen, vielmehr ein Monstrum, als einen Menschen daraus zusammensetzte. Daher zeigt es sich, dass sie in dem Gange des Beweises, den man Methode nennt, entweder etwas Nothwendiges übergangen, oder etwas Fremdartiges und zur Sache nicht Gehörendes hinzugesetzt haben; was ihnen gewiss nicht widerfahren wäre, wenn sie sichere Principien befolgt hätten. Wenn aber ihre angewandten Hypothesen nicht trügerisch wären, so hätte sich Alles, was daraus folgt, unzweifelhaft bewährt. Es mag das, was ich hier sage, dunkel sein, es wird aber seines Ortes klar werden.

Als ich nun diese Unsicherheit der mathematischen Ueberlieferungen über die zu berechnenden Kreisbewegungen der Sphären lange mit mir überlegt hatte, begann es, mir widerlich zu werden, dass die Philosophen, welche in Bezug auf die geringfügigsten Umstände jener Kreisbewegung so sorgfältig forschten, keinen sichern Grund für die Bewegungen der Weltmaschine hätten, die doch unsertwegen von dem besten und gesetzmässigsten aller Meister gebaut ist. Daher gab ich mir die Mühe, die Bücher aller Philosophen, deren ich habhaft werden konnte, von Neuem zu lesen, um nachzusuchen, ob nicht irgend Einer einmal der Ansicht gewesen wäre, dass andere Bewegungen der Weltkörper existirten, als Diejenigen annehmen, welche in den Schulen die mathematischen Wissenschaften gelehrt haben. Da fand ich denn zuerst bei Cicero[3]), dass Nicetus geglaubt habe, die Erde bewege sich. Nachher fand ich auch bei Plutarch[4]), dass einige Andere ebenfalls dieser Meinung gewesen seien; seine Worte setze ich, um sie Jedem vorzulegen, hierher: „Andere aber glauben, die Erde bewege sich: so sagt „Philolaus, der Pythagoräer, sie bewege sich um das Feuer in schiefem „Kreise, ähnlich wie die Sonne und der Mond; Heraklid von Pontus und „Ekphantus, der Pythagoräer, lassen die Erde sich zwar nicht fortschreitend, „aber doch nach Art eines Rades, eingegrenzt zwischen Niedergang und „Aufgang um ihren eigenen Mittelpunkt bewegen."

Hiervon also Veranlassung nehmend, fing auch ich an, über die Beweglichkeit der Erde nachzudenken, und obgleich die Ansicht widersinnig schien, so that ich's doch, weil ich wusste, dass schon Anderen vor mir die

Freiheit vergönnt gewesen war, beliebige Kreisbewegungen zur Ableitung der Erscheinungen der Gestirne anzunehmen. Ich war der Meinung, dass es auch mir wohl erlaubt wäre, zu versuchen, ob unter Voraussetzung irgend einer Bewegung der Erde, zuverlässigere Ableitungen für die Kreisbewegung der Himmelsbahnen gefunden werden könnten, als bisher.

Und so habe ich denn, unter Annahme der Bewegungen. welche ich im nachstehenden Werke der Erde zuschreibe, und durch viele und lange fortgesetzte Beobachtungen endlich gefunden, dass, wenn die Bewegungen der übrigen Wandelsterne auf den Kreislauf der Erde übertragen, und dieser dem Kreislaufe jedes Gestirnes zu Grunde gelegt wird, — nicht nur die Erscheinungen jener daraus folgen, sondern auch die Gesetze und Grössen der Gestirne und alle ihre Bahnen und der Himmel selbst so zusammenhängen, dass in keinem seiner Theile, ohne Verwirrung der übrigen Theile und des ganzen Universums, irgend etwas verändert werden könnte. Dem angemessen habe ich auch im Verlaufe des Werkes die Ordnung befolgt: dass ich im ersten Buche alle Stellungen der Bahnen beschrieb, mit Einschluss der Bewegungen, die ich der Erde beilege; so dass dieses Buch gleichsam die allgemeine Verfassung des Universums enthält. In den übrigen Büchern aber trage ich hierauf die Bewegungen der übrigen Gestirne und aller Bahnen, mit Einschluss der Bewegung der Erde vor, damit daraus erkannt werden kann, in wie fern die Bewegungen und Erscheinungen der übrigen Gestirne und Bahnen beibehalten werden können, wenn sie auf die Bewegungen der Erde bezogen werden. Ich zweifle nicht, dass geistreiche und gelehrte Mathematiker mir beipflichten werden, wenn sie, was die Philosopie vor Allem verlangt, nicht oberflächlich, sondern gründlich erkennen und erwägen wollen, was zum Erweise dieser Gegenstände in dem vorliegenden Werke von mir herbeigebracht ist. Damit aber gleicher Weise Gelehrte und Ungelehrte sehen, dass ich durchaus Niemandes Urtheil scheue, so wollte ich diese meine Nachtarbeiten lieber Deiner Heiligkeit, als irgend einem Andern widmen, weil Du auch in diesem sehr entlegenen Winkel der Erde, in welchem ich wirke, an Würde des Ranges und an Liebe zu allen Wissenschaften und zur Mathematik für den Erhabensten gehalten wirst; so dass Du durch Dein Ansehn und Urtheil die Bisse der Verleumder leicht unterdrücken kannst, obgleich das Sprichwort sagt, es gebe kein Mittel gegen den Biss der Verleumder.

Wenn aber vielleicht Schwätzer kommen, die, obgleich in allen mathematischen Wissenschaften unwissend, dennoch sich ein Urtheil darüber anmassen und es wagen sollten, wegen einer Stelle der Schrift, die sie zu Gunsten ihrer Hypothese übel verdreht haben, dieses mein Werk zu tadeln oder anzugreifen: aus denen mache ich mir nichts, und zwar so sehr nichts, dass ich sogar ihr Urtheil als ein dummdreistes verachte. Denn es ist nicht unbekannt, dass Lactantius, übrigens ein berühmter Schriftsteller aber ein schwacher Mathematiker, sehr kindisch über die Form der Erde spricht, indem er Diejenigen verspottet, die gesagt haben, die Erde habe die Gestalt einer Kugel[44]). Es darf daher die Strebsamen nicht wundern, wenn dergleichen Leute auch uns verspotten. Mathematische Dinge werden für Mathematiker geschrieben, die, wenn mich meine Meinung nicht täuscht, einsehen werden, dass diese unsre Arbeiten auch an dem kirchlichen Staate mit bauen, dessen höchste Stelle Deine Heiligkeit jetzt einnimmt. Denn als vor nicht gar langer Zeit unter Leo X im lateranischen Concile die Frage wegen der Verbesserung des Kirchenkalenders erörtert wurde, blieb dieselbe nur deshalb unerledigt, weil die Grösse des Jahrs und des Monats, und die Bewegungen der Sonne und des Mondes für noch nicht hinreichend bestimmt erachtet wurden. Angeregt durch den berühmten Herrn Paulus, Bischof von Fossombronn. der damals jener Angelegenheit vorstand, legte ich mich seit jener Zeit darauf, diese Gegenstände genauer zu beobachten. Was ich nun in dieser Sache geleistet habe, das stelle ich dem Urtheile vorzüglich Deiner Heiligkeit und aller andern gelehrten Mathematiker anheim; und damit ich Deiner Heiligkeit nicht scheine, über den Nutzen des Werkes mehr vorausgeschickt zu haben, als ich leisten könnte: so gehe ich jetzt zu dem Werke selbst über.

Nicolaus Copernicus' Kreisbewegungen.

Erstes Buch.

[5]) Unter den vielen verschiedenen Studien der Wissenschaften und Künste, durch welche sich der Menschengeist entwickelt, halte ich diejenigen vorzüglich für werth, ergriffen und mit dem höchsten Eifer betrieben zu werden, welche sich mit den schönsten und wissenswürdigsten Gegenständen beschäftigen. Diese sind nun diejenigen, welche von den himmlischen Kreisbewegungen der Welt, dem Laufe der Gestirne, den Grössen und Entfernungen, dem Auf- und Untergange und den Ursachen der übrigen Himmelserscheinungen handeln, und endlich die gesammte Form entwickeln. Was aber ist schöner, als der Himmel, welcher ja alles Schöne enthält? Die lateinischen Namen selbst, — caelum der Himmel und mundus die Welt, — deuten dies schon an, dieser durch die Bezeichnung der Reinheit und des Schmuckes, jener durch die Bedeutung des kunstreich Gestalteten. Wegen seiner sichtlichen, übergrossen Herrlichkeit nannten ihn die meisten Philosophen: Gott. Deswegen, wenn die Würde der Wissenschaften nach dem Gegenstande abgeschätzt werden soll, den sie behandeln, wird diejenige bei Weitem die Höchste sein, welche Einige Astronomie, Andere Astrologie, viele der Alten aber die Vollendung der Mathematik nennen. In der That wird die dem freien Manne würdigste, als das Haupt der freien Künste, fast von allen Zweigen der Mathematik getragen. Arithmetik, Geometrie, Optik, Geodäsie, Mechanik und wenn es sonst noch Andere giebt, alle beziehen sich auf jene. Wenn es aber die Aufgabe aller Wissenschaften ist, den Menschengeist der Sünde zu entziehen und auf das Bessere zu lenken, so kann sie dies, neben einer unglaublichen Beseligung des Geistes, im Uebermasse bewirken. Denn wer würde nicht beim Erforschen dessen, was er in der besten Ordnung gegründet, von der göttlichen Vorsehung gelenkt erkennt, durch fleissige Betrachtung desselben und durch eine gewisse Vertrautheit damit, zu dem Besten angeregt, und den Urheber des All's bewundern, worin alles Glück und alles Gute besteht? Vergebens würde jener göttliche Sänger von sich sagen, dass er sich an der Schöpfung Gottes erfreue, und bei den Werken seiner Hände jauchzen möchte, wenn wir nicht durch diese Mittel, gleichsam wie auf einem Gefährt, zu der Anschauung des höchsten Gottes geführt würden. Welchen Nutzen und welche Zierde

sie dem Staate, — um die unzähligen Vortheile des Privatmannes zu übergehen, — verleiht, hat Plato sehr gut nachgewiesen, der sie im siebenten Buche der Gesetze hauptsächlich deswegen für erstrebenswerth erachtet, weil die durch sie nach dem Massstabe der Tage in Monate und Jahre eingetheilte Zeit den Staat in Bezug auf die Feste und Opfer lebendig und wachsam macht; und er sagt, dass, wenn Jemand behauptete, dass für Einen, der irgend welche der höchsten Wissenschaften erfassen will, diese nicht nöthig sei, dieser sehr thöricht denken würde. Er ist der Ansicht, es sei weit gefehlt, dass Jemand als gross aufgestellt und bezeichnet werden könnte, der weder von der Sonne, noch von dem Monde, noch von den übrigen Gestirnen die nothwendige Kenntniss besitze. Diese mehr göttliche als menschliche Wissenschaft, welche die höchsten Dinge erforscht, entbehrt aber auch nicht der Schwierigkeiten, zumal wir sehen, dass die Meisten, welche es unternommen haben, sich damit zu beschäftigen, über ihre Grundlagen und Annahmen, welche die Griechen Hypothesen nennen, uneinig gewesen sind und daher sich nicht auf dieselben Berechnungen gestützt haben. Ferner weil der Lauf der Fixsterne und die Kreisbewegung der Planeten nur erst mit der Zeit und nach vielen vorangegangenen Beobachtungen, aus welchen sie, so zu sagen, von Hand zu Hand der Nachwelt überliefert wurden, durch zuverlässige Zahlen bestimmt und zu einer vollkommenen Wissenschaft gestaltet werden können. Denn obgleich Cl. Ptolemäus von Alexandrien, welcher an bewunderungswürdiger Geschicklichkeit und Umsicht die Uebrigen weit überragt, mit Hülfe der Beobachtungen von vierhundert und mehr Jahren diese Wissenschaft fast zur höchsten Vollendung gebracht hat, so dass es bereits den Anschein hatte, als gäbe es nichts, was er nicht berührt hätte: so sehen wir doch, dass das Meiste mit dem nicht übereinstimmt, was aus seiner Ueberlieferung folgen sollte, weil noch einige andere Bewegungen aufgefunden sind, welche ihm noch unbekannt waren. Deshalb sagt auch Plutarch da, wo er vom Sonnenjahre handelt: „bis jetzt übersteigt die Bewegung der Gestirne die Einsicht der Mathematiker.“ Um nämlich bei dem Beispiele von dem Jahre stehen zu bleiben, so halte ich es für bekannt, wie verschieden die Meinungen darüber immer gewesen sind, und zwar bis zu dem Grade, dass Viele daran verzweifelten, eine zuverlässige Berechnung desselben finden zu können. Damit es aber nicht so scheine, als wollte ich meine Schwachheit unter dem Vorwande dieser Schwierigkeit verbergen, so werde ich mit Hülfe Gottes, ohne den wir nichts vermögen, an den andern Planeten dieses weitläufiger zu prüfen versuchen, indem wir desto mehr Hülfsmittel besitzen, unsere Theorie zu unterstützen, um einen je grösseren Zeitraum die Gründer dieser Wissenschaft uns vorangegangen sind, mit deren Beobachtungen wir das vergleichen können, was auch wir von Neuem beobachtet haben. Uebrigens gestehe ich, dass ich Vieles anders, als meine Vorgänger darstellen werde, wenngleich auf Grund ihrer eigenen Dienste, da sie ja den ersten Zugang zu der Untersuchung dieser Gegenstände eröffnet haben.

Capitel 1.

Dass die Welt kugelförmig sei.[6])

Zuerst müssen wir bemerken, dass die Welt kugelförmig ist, theils weil diese Form, als die vollendete, keiner Fuge bedürftige Ganzheit, die vollkommenste von allen ist, theils weil sie die geräumigste Form bildet, welche am meisten dazu geeignet ist, Alles zu enthalten und zu bewahren; oder auch weil alle in sich abgeschlossene Theile der Welt, ich meine die Sonne, den Mond und die Planeten, in dieser Form erscheinen; oder weil Alles dahin strebt, sich in dieser Form zu begrenzen, was an den Tropfen des Wassers und an den übrigen flüssigen Körpern zur Erscheinung kommt, wenn sie sich aus sich selbst zu begrenzen streben. So dass Niemand bezweifeln wird, dass diese Form den himmlischen Körpern zukommt.

Capitel 2.

Dass die Erde gleichfalls kugelförmig sei.[7])

Dass die Erde gleichfalls kugelförmig sei, ist deshalb ausser Zweifel, weil sie sich von allen Seiten auf ihren Mittelpunkt stützt. Obgleich ein vollkommener Kreis bei der grossen Erhebung der Berge und der Vertiefung der Thäler nicht sogleich wahrgenommen wird, so beeinträchtigt dies doch die allgemeine Rundung der Erde keineswegs. Dies wird auf folgende Weise klar. Für Diejenigen, welche irgend woher nach Norden gehen, erhebt sich der Nordpol der täglichen Kreisbewegung allmälig, während der andere um ebensoviel sinkt. Die meisten Sterne in der Gegend des grossen Bären scheinen nicht unterzugehen, und im Süden Einige nicht mehr aufzugehn. So sieht Italien den Canopus nicht, der den Aegyptern sichtbar ist. Und Italien sieht den äussersten Stern des Flusses, welchen unsre Gegend einer kältern Zone nicht kennt. Dagegen erheben sich für Diejenigen, welche nach Süden reisen, jene, während diejenigen untergehen, welche für uns hoch stehen. Nun haben auch die Neigungen der Pole selbst zu den durchmessenen Räumen der Erde immer dasselbe Verhältniss, was bei keiner andern, als bei der Kugelgestalt, zutrifft. Daher ist offenbar, dass auch die Erde zwischen den Polen eingeschlossen und deswegen kugelförmig ist. Nehmen wir noch hinzu, dass die Bewohner des Ostens die am Abend, und die nach Westen Wohnenden die am Morgen eintretenden Sonnen- und Mond-Finsternisse nicht wahrnehmen, die dazwischen Wohnenden aber jene später, diese dagegen früher sehen. Dass auch das Wasser derselben Form unterworfen ist, wird auf den Schiffen wahrgenommen, indem das Land, was man vom Schiffe aus nicht sehen kann, von der Spitze des Mastbaums erspäht wird. Und umgekehrt, wenn eine Leuchte an der Spitze des Mastbaums angebracht wird: so scheint dieselbe, wenn das Schiff sich vom Lande entfernt, den am Gestade Zurückbleibenden allmälig hinabzusteigen, bis sie zuletzt, gleichsam untergehend, verschwindet. Es ist klar, dass auch das

Wasser seiner flüssigen Natur nach, ebenso wie die Erde, immer nach unten strebt, und sich vom Ufer ab nicht höher erhebt, als dies seine Convexität zulässt. Daher ragt das Land überall um so viel aus dem Ocean hervor, als das Land zufällig höher ist.

Capitel 3.

Wie das Land mit dem Wasser eine Kugel ausmacht.

Indem der das Land umgebende Ocean seine Gewässer nach allen Seiten verbreitet, füllt er die eingesenkten Vertiefungen desselben aus. Daher war es nöthig, dass es weniger Wasser gäbe, als Land, damit das Wasser nicht den ganzen Erdkreis verschlänge, indem Beide vermöge ihrer Schwere nach einem und demselben Mittelpunkte streben; sondern dass es einige Erdtheile und so viele nach allen Seiten freiliegende Inseln, den lebendigen Wesen zum Heile, übrig lasse. Denn selbst das Festland und der Erdkreis, was sind sie Anders, als eine Insel, grösser, als die übrigen? Und man darf nicht auf gewisse Peripatetiker hören, welche behauptet haben, das gesammte Wasser sei zehnmal so viel, als das ganze Land, weil nämlich bei der Verwandlung der Elemente aus einem Theile Erde zehn Theile Wasser in flüssigem Zustande entständen; und welche, unter Annahme dieser Voraussetzung, sagen, das Land rage deswegen hervor, weil es wegen seiner Höhlungen in Hinsicht der Schwere nicht nach allen Seiten im Gleichgewichte stehe, und der Mittelpunkt der Schwere daher ein anderer sei, als der Mittelpunkt des Umfanges. Sie täuschten sich aber aus Unkenntniss der Geometrie, indem sie nicht wussten, dass das Wasser nicht einmal siebenmal so viel betragen darf, wenn noch irgend ein Theil des Landes trocken gelegt werden soll, ohne dass das ganze Land den Mittelpunkt der Schwere räumt und dem Wasser überlässt. als ob dieses schwerer wäre, als jenes. Es stehen nämlich die Kugeln zu einander im cubischen Verhältnisse ihrer Durchmesser: wenn daher, bei sieben Theilen Wasser, der achte Theil Land wäre, so könnte der Durchmesser des letzteren nicht grösser sein, als der Halbmesser der Wasserkugel; um so weniger ist es möglich, dass das Wasser gar zehnmal so viel sein sollte.[8]) Dass auch kein Unterschied zwischen dem Mittelpunkte der Schwere der Erde und dem Mittelpunkte ihres Umfanges besteht, kann daraus erkannt werden, dass die aus dem Ocean hervorgetretene Erhebung des Landes nicht zu einer zusammenhängenden Beule angeschwollen ist; sonst würde sie das Wasser des Meeres aufs Aeusserste von sich ausschliessen, und durchaus nicht gestatten, dass Binnenmeere und grosse Busen sie unterbrächen. Ferner würde die Tiefe des Grundes von der Meeresküste an immer grösser werden, und deshalb würde Denen, welche grössere Seefahrten ausführten, weder eine Insel, noch eine Klippe, noch irgend etwas Landartiges aufstossen. Nun ist aber bekannt, dass zwischen dem ägyptischen Meere und dem arabischen Meerbusen fast in der Mitte der Ländermasse kaum funfzehn Stadien breites Land hervorragt; dagegen dehnt

Ptolemäus in seiner Kosmographie das bewohnte Land bis zum mittleren Längenkreise[9]) aus, wobei noch überdies das unbekannte Land ausser Acht gelassen ist, wo die Neueren Cathagya [10]) und sehr ausgedehnte Gegenden bis zu sechzig Längengraden hinzugefügt haben; so dass die Erde schon in einer grösseren Länge bewohnt ist, als das Uebrige des Oceans ausmacht. Das wird noch klarer werden, wenn diejenigen Inseln hinzugenommen werden, welche in unsrer Zeit unter den Herrschern Spaniens und Portugals entdeckt sind, und vorzüglich Amerika, welches nach seinem Entdecker, einem Schiffskapitän, benannt ist, und welches man, bei seiner noch nicht feststehenden Grösse für ein zweites Festland hält, ausser den vielen früher unbekannten Inseln; so dass wir uns nicht wundern dürfen, dass es Antipoden oder Antichthonen giebt. Denn nach geometrischer Berechnung muss man Amerika seiner Lage nach dem Indien des Ganges diametral entgegengesetzt annehmen. Nach allem Diesen halte ich es endlich für ausgemacht, dass das Land zugleich mit dem Wasser sich auf einem einzigen Mittelpunkt bezieht, dass es keinen andern Mittelpunkt des Umfanges des Landes giebt, dass die zerrissenen Theile des Landes, obgleich Letzteres schwerer ist, mit Wasser ausgefüllt sind, und dass also das Wasser im Vergleich zu dem Lande gering ist, wenngleich an der Oberfläche vielleicht mehr Wasser erscheint. Dass das Land mit dem es umfliessenden Wasser eine solche Gestalt habe, wie der Schatten der Erde zeigt, ist durchaus nothwendig, dieser aber verfinstert den Mond in Theilen eines vollkommenen Kreises. Die Erde ist daher weder eben, wie Empedokles und Anaximenes gemeint haben, noch paukenförmig, wie Leucipp, noch beckenförmig, wie Heraklid, noch auf eine andere Weise ausgehöhlt, wie Demokrit, noch walzenförmig, wie Anaximander, noch am untern Ende mit abnehmender Dicke nach der Tiefe hin unbegrenzt, wie Xenophanes: — sondern von vollkommener Rundung, wie die Philosophen dafür halten.

Capitel 4.

Dass die Bewegung der Himmelskörper gleichmässig, kreisförmig, ununterbrochen, oder aus kreisförmigen zusammengesetzt sei.

Hiernach bemerken wir, dass die Bewegung der Himmelskörper kreisförmig ist. Die Beweglichkeit einer Kugel besteht nämlich darin, sich im Kreise zu bewegen, indem sie durch diese Thätigkeit ihre Form, als diejenige des einfachsten Körpers, ausdrückt, an welchem weder ein Anfang noch ein Ende zu finden, noch eines von dem andern zu unterscheiden ist, während sie durch dieselben Zwischenpunkte in ihre ursprüngliche Lage gelangt. Wegen der Vielheit der Kreise giebt es aber mehrere Bewegungen. Die bekannteste von Allen ist die tägliche Kreisbewegung, welche die Griechen Nychthemeron nennen, d. h. der Zeitraum von Tag und Nacht. Durch diese, meint man[11]), bewege sich die ganze Welt, mit Ausnahme der Erde, von Osten nach Westen. Sie wird als gemeinschaftliches Maass für alle

Bewegungen erkannt, da die Zeit selbst hauptsächlich nach der Anzahl der Tage gemessen wird. Ferner sehen wir andere, gleichsam rückläufige Kreisbewegungen, d. h. von Westen nach Osten, vor sich gehen: nämlich diejenige der Sonne, des Mondes und der fünf Planeten. So misst uns die Sonne das Jahr, der Mond die Monate, als die gewöhnlichsten Zeitabschnitte, zu; so vollendet jeder der andern fünf Planeten seinen Umlauf. – Sie unterscheiden sich jedoch in mehrfacher Weise: erstens darin, dass sie sich nicht um dieselben Pole, um welche jene erste Bewegung vor sich geht, drehen, indem sie in der schiefen Lage des Thierkreises fortschreiten; zweitens darin, dass sie in ihrem eigenen Umlaufe sich nicht gleichmässig zu bewegen scheinen, denn Sonne und Mond werden bald in langsamerem, bald in schnellerem Laufe begriffen angetroffen; die übrigen fünf Planeten sehen wir aber auch zuweilen zurückgehen und bei dem Uebergange stillstehen, und, während die Sonne immer in ihrem directen Wege fortrückt, irren jene auf verschiedene Weisen ab, indem sie bald nach Süden, bald nach Norden schweifen, weshalb sie eben Planeten heissen. Hierzu kommt noch, dass sie zuweilen der Erde näher kommen, wo sie perigeisch, dann wieder sich mehr von ihr entfernen, wo sie apogeisch genannt werden. Nichtsdestoweniger muss zugegeben werden, dass die Bewegungen kreisförmig, oder aus mehreren Kreisen zusammengesetzt sind, wodurch derartige Ungleichheiten sich nach einem zuverlässigen Gesetze und einer feststehenden Periode richten, was nicht geschehen könnte, wenn sie nicht kreisförmig wären Denn der Kreis kann allein das Vergangene zurückführen, wie denn die Sonne, so zu sagen, uns durch ihre aus Kreisen zusammengesetzte Bewegung die Ungleichheit der Tage und Nächte und die vier Jahreszeiten zurückführt, woran mehrere Bewegungen erkannt werden, weil es nicht geschehen kann, dass die einfachen Himmelskörper sich in einem einzigen Kreise ungleichmässig bewegen; denn dies müsste geschehen, entweder wegen einer Unbeständigkeit in der Natur des Bewegenden, — möchte sie nun durch eine ihm äusserliche Ursache, oder durch sein inneres Wesen herbeigeführt sein —, oder wegen einer Ungleichheit des bewegten Körpers. Da aber der Verstand sich gegen Beides sträubt, und es unwürdig ist, so etwas bei Demjenigen anzunehmen, welches nach der besten Ordnung eingerichtet ist: so muss man zugeben, dass die gleichmässigen Bewegungen uns ungleichmässig erscheinen, entweder wegen der Verschiedenheit der Pole jener Kreise, oder weil die Erde nicht im Mittelpunkte der Kreise sich befindet, in welchen sich jene bewegen; und dass sie uns, die wir die Bewegungen der Gestirne von der Erde aus beobachten, wegen der ungleichen Entfernungen, in grösserer Nähe grösser vorkommen, als wenn sie in grösserem Abstande von uns vor sich gehen, — wie das in der Optik nachgewiesen wird —. Auf diese Weise erscheinen uns die Bewegungen, welche in gleichen Zeiten durch gleiche Bogen verlaufen, wegen der verschiedenen Entfernungen, ungleich. Deshalb halte ich es vor allen Dingen für nothwendig, dass wir sorgfältig untersuchen, welche Stellung die Erde zum Himmel hat, damit wir, während wir das Erhabenste erforschen wollen, nicht das Nächste ausser Acht lassen, und irrthümlich das, was der Erde zukommt, den Himmelskörpern zuschreiben.

Capitel 5.

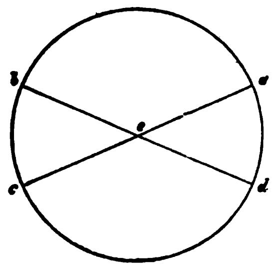
Ob der Erde eine kreisförmige Bewegung zukomme? und über ihren Ort.

Da schon nachgewiesen ist, dass die Erde die Gestalt einer Kugel hat, so halte ich dafür, dass untersucht werden muss, ob aus ihrer Form auch eine Bewegung folgt, und welchen Ort sie im Weltall einnimmt? — Ohne Dieses ist keine sichere Berechnung der am Himmel vor sich gehenden Erscheinungen zu finden. Der grösste Theil der Schriftsteller stimmt freilich darin überein, dass die Erde in der Mitte der Welt ruhe, so dass sie es für unbegreiflich und sogar für lächerlich halten, das Gegentheil zu meinen. Wenn man jedoch die Sache sorgfältiger erwägt, so wird man einsehen, dass diese Frage noch nicht erledigt, und deshalb keinesweges gering zu achten ist. Jede Ortsveränderung, welche wahrgenommen wird, rührt nämlich von einer Bewegung entweder des beobachteten Gegenstandes, oder des Beobachters, oder von, natürlich verschiedenen, Bewegungen Beider her; denn wenn der beobachtete Gegenstand und der Beobachter sich in gleicher Weise und in gleicher Richtung bewegen: so wird keine Bewegung wahrgenommen. Nun ist es aber die Erde, von wo aus der Umlauf des Himmels beobachtet, und wo derselbe unsern Augen vorgeführt wird. Wenn daher der Erde irgend eine Bewegung zukäme, so würde diese an Allem, was sich ausserhalb jener befindet, zur Erscheinung kommen, aber in entgegengesetzter Richtung, gleichsam als ob Alles an der Erde vorüber zöge; und dieser Art ist denn vorzüglich die tägliche Kreisbewegung. Denn diese scheint die ganze Welt zu ergreifen und zwar Alles, was ausserhalb der Erde ist, mit alleiniger Ausnahme der Erde selbst. Wenn man aber zugäbe, dass dem Himmel nichts von dieser Bewegung eigen sei, sondern dass die Erde sich von Westen nach Osten drehe, und wenn man dies ernstlich in Bezug auf den erscheinenden Auf- und Untergang der Sonne, des Mondes und der Sterne erwöge: so würde man finden, dass es sich so verhält. Da der Himmel, der Alles enthält und birgt, der gemeinschaftliche Ort aller Dinge ist, so lässt sich nicht sogleich verstehen, warum nicht eher dem Enthaltenen als dem Enthaltenden, dem Gesetzten, als dem Setzenden, eine Bewegung zugeschrieben wird. Dieser Meinung waren wirklich die Pythagoräer Heraklid und Ekphantus[4]) und der Syracusaner Nicetas bei Cicero[5]), indem sie die Erde in der Mitte der Welt sich drehen liessen. Sie waren nämlich der Ansicht, dass die Gestirne durch das Dazwischentreten der Erde unter- und durch das Zurückweichen derselben aufgingen. Aus dieser Annahme folgt der andere, nicht geringere Zweifel über den Ort der Erde, obgleich fast von Allen angenommen und geglaubt worden ist, dass die Erde die Mitte der Welt einnehme. Wenn daher Jemand behauptete, dass die Erde sich nicht in dem Mittelpunkte der Welt befinde, dass aber der Abstand zwischen Beiden zwar nicht gross genug sei, um an der Fixsternsphäre gemessen werden zu können, wohl aber an den Bahnen der Sonne und der Planeten merklich und erkennbar würde; und wenn er ferner der Ansicht wäre, dass die Bewegungen der Letzteren aus diesem Grunde unregelmässig erschienen, gleichsam als wenn dieselben in Bezug auf einen andern Mittelpunkt, als denjenigen der Erde, geregelt wären: — so könnte ein Solcher vielleicht den wahren Grund der ungleichmässig erscheinenden Bewegung angegeben haben. Denn da die Planeten der Erde bald näher bald entfernter erscheinen, so verräth dies nothwendig, dass der Mittelpunkt der Erde nicht der Mittelpunkt jener Kreisbahnen ist; weshalb auch nicht feststeht, ob die Erde ihre Entfernung von Jenen verkleinert oder vergrössert, oder Jene ihre Entfernung von der Erde. Es würde also nicht zum Verwundern sein, wenn Jemand ausser jener täglichen Umwälzung, der Erde noch eine andere Bewegung zuschriebe. Dass aber die Erde sich drehe, mit mehreren Bewegungen sich im Raume fortbewege und zu den Planeten gehöre, soll nun der Pythagoräer Philolaus[4]), ein nicht gewöhnlicher Mathematiker, geglaubt haben, weshalb Plato nicht zögerte, nach Italien zu reisen, um ihn aufzusuchen, wie Diejenigen erzählen, welche Plato's Leben beschrieben haben. Viele glaubten dagegen, es könne durch mathematische Berechnung erwiesen werden, dass sich die Erde in der Mitte der Welt befinde, und, da sie gegen die ungeheure Grösse des Himmels als Punkt gelten könne, den Ort des Mittelpunktes einnähme, und aus diesem Grunde unbeweglich sei; weil, wenn sich das Universum bewegte, der Mittelpunkt unbewegt bliebe, und dasjenige, was dem Mittelpunkte am nächsten wäre, sich am langsamsten bewegte.

Capitel 6.

Ueber die Unermesslichkeit des Himmels im Verhältnisse zu der Grösse der Erde.[12])

Dass die so grosse Masse der Erde, im Verhältnisse zu der Grösse des Himmels, nicht in Betracht kommt, kann daraus erkannt werden, dass die begrenzenden Kreise, — das bedeuten nämlich die Horizontes der Griechen, — die ganze Himmelskugel halbiren; was nicht geschehen könnte, wenn die Grösse der Erde, oder ihr Abstand vom Mittelpunkte der Welt, im Vergleich mit dem Himmel merklich wäre. Der eine Kugel halbirende Kreis geht nämlich durch den Mittelpunkt der Kugel, und ist der grösste von den umschriebenen Kreisen. Es sei *a b c d* ein begrenzender Kreis, die Erde aber, von welcher aus wir ihn sehen, sei *e*: so ist eben dies *e* der Mittelpunkt des Horizontes, durch welchen alles Erscheinende von dem Nichterscheinenden geschieden wird. Erblickt man nun durch ein, in *e* aufgestelltes Diopter, oder Horoskop, oder durch



eine Wasserwage, den Aufgang des Anfanges des Krebses im Punkte *c*: so sieht man in demselben Augenblicke den Anfang des Steinbocks in *a* untergehen. Da die Punkte *a*, *e* und *c* in einer durch das Diopter gehenden graden Linie liegen: so ist klar, dass letztere der Durchmesser der Ekliptik ist; und da sechs Zeichen den Halbkreis bestimmen, so ist auch *e* der Mittelpunkt des Horizontes. Wenn bei einer andern Umwälzung der Anfang des Steinbocks in *b* aufgeht, so wird der Untergang des Krebses in *d* gesehen werden, und *bed* wird eine grade Linie, und zwar der Durchmesser der Ekliptik sein. Es hat sich aber schon gezeigt, dass *aec* der Durchmesser desselben Kreises ist, folglich ist klar, dass der Mittelpunkt des Kreises in dem gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte liegt. So halbirt also immer der Horizont die Ekliptik, welche ein grösster Kreis der Kugel ist. Da nun ein Kreis auf einer Kugel, wenn er durch den Mittelpunkt eines grössten Kreises geht, selbst ein grösster Kreis ist, so gehört der Horizont zu den grössten Kreisen, und sein Mittelpunkt ist zugleich derjenige der Ekliptik. Weil aber die Linie durch die Oberfläche der Erde nothwendig eine andere ist, als diejenige durch ihren Mittelpunkt, beide aber wegen der Unermesslichkeit im Verhältnisse zur Erde gewissermassen Parallelen ähnlich sind, welche, wegen des zu kleinen Abstandes an der Grenze, eine einzige Linie zu sein scheinen, — da der Zwischenraum, den sie einschliessen, im Verhältnisse zu ihrer Länge, in der Weise, wie dies in der Optik gezeigt wird, nicht wahrnehmbar ist: — so scheint dies ohne Zweifel hinreichend zu beweisen, dass der Himmel im Vergleiche mit der Erde unermesslich sei, und den Anschein einer unendlichen Grösse gewinnt, und dass die Erde zum Himmel, nach der Sinnenschätzung, wie ein Punkt zu einem Körper, und ein endlich Grosses zu einem unendlich Grossen sich verhält.[13]) Weiter ist aber auch nichts bewiesen, und es folgt namentlich nicht daraus, dass die Erde in der Mitte der Welt ruhen müsse. Vielmehr müsste es uns recht befremden, wenn die so unermesslich ausgedehnte Welt sich leichter in 24 Stunden im Raume bewegte, als ein sehr kleiner Theil derselben, welcher die Erde ist. Denn, dass man behauptet, der Mittelpunkt sei unbeweglich, und das dem Mittelpunkte Benachbarte bewege sich langsamer, beweist nicht, dass die Erde im Mittelpunkte der Welt ruhe; es ist nämlich nichts Anderes, als wenn man sagte, der Himmel bewege sich, aber die Pole ruhen, und das den Polen Benachbarte bewege sich sehr langsam; wie denn der Polarstern sich viel langsamer, als der Adler oder der Sirius zu bewegen scheint, weil ersterer, als dem Pole nahe stehend, einen kleineren Kreis beschreibt, indem alle einer Kugel angehören, deren Bewegung, nach ihrer Axe hin abnehmend, eine unter sich gleiche Bewegung aller ihrer Theile nicht zulässt, während die Bewegung des Ganzen sie alle in gleichen Zeiten, aber durch ungleiche Räume hindurch herumführt. Hierauf beruht also der Grund des Beweises, dass die Erde, indem sie einen Theil der Himmelskugel ausmacht und derselben Art und Bewegung theilhaftig ist, als dem Mittelpunkte benachbart sich wenig bewege. Da sie nun ein existirender

Körper und nicht selbst der Mittelpunkt ist: so würde sie sich selbst in derselben Zeit in den Himmelskreisen ähnlichen, wenn auch kleineren Kreisen bewegen. Wie falsch dies sei, ist klarer als das Licht, denn es müsste an einem und demselben Orte (der Erde) immer Mittag, an einem andern immer Mitternacht sein, so dass weder ein täglicher Aufgang, noch ein Untergang eintreten könnte, weil die Bewegung des Ganzen und des Theiles eine einzige untrennbare wäre. Es besteht aber ein sehr verschiedenes Verhältniss in Bezug auf das Ganze und dessen Theile, und dies löst die Schwierigkeit der Sache. Diejenigen nämlich, welche einen kleineren Kreis beschreiben, bewegen sich schneller, als diejenigen, welche einen grösseren Kreis durchlaufen. So vollendet der oberste der Planeten, der Saturn, seine Kreisbahn in dreissig Jahren, und der Mond, der ohne Zweifel der Erde am nächsten ist, in einem Monate, endlich wird man einräumen, dass die Erde in dem Zeitraume von einem Tage und einer Nacht sich um sich selbst drehe. Es kehrt also derselbe Zweifel über die tägliche Kreisbewegung hier wieder. Aber es handelt sich auch noch um den Ort der Erde, der aus dem Obigen noch nicht ganz gewiss folgt. Denn jener Beweis enthält nichts weiter, als dass die Grösse des Himmels im Verhältnisse zur Erde unendlich ist, aber bis wie weit sich diese Unermesslichkeit erstrecke, steht keinesweges fest. Ebenso wie sehr kleine und untheilbare Körperchen, sogenannte Atome, wenn sie zwei- oder einigemal genommen werden, wegen ihrer Unmerklichkeit, nicht sofort einen wahrnehmbaren Körper zusammensetzen; dennoch aber so oft multiplicirt werden können, dass sie endlich ausreichen, um zu einer wahrnehmbaren Grösse anzuwachsen: so verhält es sich auch mit dem Orte der Erde, — obgleich derselbe nicht in dem Mittelpunkte der Welt liegt, so ist dennoch diese Entfernung, namentlich im Vergleiche mit der Fixsternsphäre, noch nicht messbar.[14])

Capitel 7.

Warum die Alten geglaubt haben, die Erde ruhe in der Mitte der Welt, gleichsam als Mittelpunkt? [15])

Deshalb haben die alten Philosophen aus einigen anderen Gründen zu beweisen versucht, dass die Erde in der Mitte der Welt stehe. Als hauptsächlichste Ursache aber führen sie die Schwere und Leichtigkeit an. Das Element der Erde ist nämlich am schwersten, und alles Wägbare bewegt sich, seinem Streben gemäss, nach der innersten Mitte derselben hin. Da nun die Erde, nach welcher die schweren Gegenstände von allen Seiten her rechtwinklig auf die Oberfläche, vermöge ihrer eigenen Natur sich hinbewegen, kugelförmig ist: so würden sie, wenn sie nicht eben auf der Oberfläche zurückgehalten würden, in ihrem Mittelpunkte zusammentreffen; weil in der That eine grade Linie, welche gegen die Tangentialebene im Berührungspunkte senkrecht gerichtet ist, zum Mittelpunkte führt. Für diejenigen Körper aber, welche sich nach der Mitte hin bewegen, scheint zu folgen, dass sie in der Mitte ruhen würden. Um so mehr wird also die ganze Erde in der Mitte ruhen, und, was sie auch alles für fallende Körper in sich aufnimmt, durch ihr Gewicht unbeweglich bleiben. Ebenso stützen sie sich auch bei ihren Beweisen auf den Grund der Bewegung und deren Natur. Aristoteles[16]) sagt nämlich, dass die Bewegung eines einfachen Körpers einfach sei; von den einfachen Bewegungen sei aber die eine gradlinig. die andere kreisförmig; von der gradlinigen aber die eine aufwärts, die andere abwärts. Deshalb sei jede einfache Bewegung entweder nach der Mitte hin, nämlich abwärts, oder von der Mitte fort, nämlich aufwärts, oder um die Mitte herum, und diese wäre eben die kreisförmige. Nur der Erde und dem Wasser, welche für schwer gelten, kommt es zu, sich abwärts zu bewegen, d. h. nach der Mitte hin zu streben; der Luft aber und dem Feuer, welche mit Leichtigkeit begabt sind, aufwärts und von der Mitte fort sich zu bewegen. Es scheint klar, dass diesen vier Elementen die gradlinige Bewegung zugestanden werden muss; in Bezug auf die himmlischen Körper aber, dass sie sich um die Mitte im Kreise drehen. So Aristoteles. Wenn daher, sagt der Alexandriner Ptolemäus[15]), die Erde sich drehete, wenigstens in täglicher Umdrehung: so müsste das Gegentheil von dem Obengesagten eintreten, es müsste nämlich die Bewegung, welche in vier und zwanzig Stunden den ganzen Umfang der Erde durchliefe, die heftigste und ihre Geschwindigkeit unübertreffbar sein. Was aber in jähe Drehung versetzt wird, scheint zu einer Zusammenhäufung durchaus nicht geeignet zu sein, vielmehr zerstreut zu werden, wenn nicht die zusammenhängenden Theile mit einiger Festigkeit zusammengehalten würden. Und schon lange, sagt er, würde die lose Erde über den Himmel selbst, — was sehr lächerlich ist. — hinausgelangt, und um so weniger würden die lebenden Wesen und sonstigen losgelösten Massen irgendwie unerschüttert geblieben sein. Aber auch die gradlinig fallenden Körper würden nicht in der Senkrechten an den ihnen bestimmten Ort gelangen, da derselbe inzwischen mit so grosser Geschwindigkeit darunter weggezogen wäre. Auch würden wir die Wolken und was sonst in der Luft schwebte, immer nach Westen hin sich bewegen sehen.

Capitel 8.

Widerlegung der angeführten Gründe und ihre Unzulänglichkeit.

Aus diesen und ähnlichen Gründen behauptet man, dass die Erde in der Mitte der Welt ruhe, und dass es sich unzweifelhaft so verhalte. Aber wenn Einer glaubt, dass die Erde sich drehe, so wird er gewiss auch der Meinung sein, dass diese Bewegung eine natürliche und keine gewaltsame sei. Was aber der Natur gemäss ist, das bringt Wirkungen hervor, welche dem entgegengesetzt sind, was durch Gewalt geschieht. Dinge, auf welche Gewalt oder ein äusserer Anstoss ausgeübt wird, müssen zerstört werden, und können nicht lange bestehen; was aber von Natur geschieht, verhält sich richtig und bleibt in seinem besten Zusammenhange. Ohne Grund also fürchtet Ptolemäus[15]), dass die Erde und alle die in Umdrehung versetzten irdischen Gegenstände durch die Thätigkeit der Natur zerfahren würden, da diese Letztere eine ganz andere ist, als die der Kunst; oder als das, was vom menschlichen Geiste hervorgebracht werden könnte. Warum aber fürchtet er nicht Dasselbe, und zwar in noch viel höherem Masse von der Welt, deren Bewegung um so viel geschwinder sein müsste, um wie viel der Himmel grösser ist, als die Erde? Oder ist der Himmel deswegen unermesslich geworden, weil er durch die unaussprechliche Gewalt der Bewegung von der Mitte entfernt worden ist; während er sonst, wenn er stillstände, zusammenfallen würde? Gewiss würde, wenn dieser Grund stattfände, auch die Grösse des Himmels in's Unendliche gehen. Denn je mehr er durch den äusseren Anstoss der Bewegung in die Höhe getrieben würde, um so geschwinder würde die Bewegung werden, wegen des immer wachsenden Kreises, den er in dem Zeitraume von 24 Stunden durchlaufen müsste; und umgekehrt, wenn die Bewegung wüchse, so wüchse auch die Unermesslichkeit des Himmels. So würde die Geschwindigkeit die Grösse und die Grösse die Geschwindigkeit in's Unendliche steigern. Nach jenem physischen Grundsatze: dass das Unendliche weder durchlaufen werden,[17]) noch sich aus irgend einem Grunde bewegen kann,[18]) müsste jedoch der Himmel nothwendig stillstehen. Aber man[19]) sagt, dass ausserhalb des Himmels kein Körper, kein Ort, kein leerer Raum, und überhaupt gar nichts existire, und deshalb nichts da sei, über welches der Himmel hinausgehen könnte; dann ist es doch recht wunderbar, dass etwas von nichts umschlossen werden kann. Wenn jedoch der Himmel unendlich, und nur an der inneren Höhlung begrenzt wäre, so bestätigt sich vielleicht um so mehr, dass ausserhalb des Himmels nichts ist. weil jedes Ding, welche Grösse es auch haben mag, innerhalb desselben ist. dann aber wird der Himmel unbeweglich bleiben. Das Vorzüglichste nämlich, worauf man sich beim Beweise von der Endlichkeit der Welt stützt, ist die Bewegung. Ob nun die Welt endlich oder unendlich sei, wollen wir dem Streite der Physiologen überlassen, sicher bleibt uns dies, dass die Erde, zwischen Polen eingeschlossen; von einer kugelförmigen Oberfläche begrenzt ist. Warum wollen wir also noch Anstand nehmen, ihr eine von Natur ihr zukommende, ihrer Form entsprechende Beweglichkeit zuzugestehen, eher als anzunehmen, dass die ganze Welt, deren Grenze nicht gekannt wird, und nicht gekannt werden kann, sich bewege? und warum wollen wir nicht bekennen, dass der Schein einer täglichen Umdrehung dem Himmel, die Wirklichkeit derselben aber der Erde angehöre? und dass es sich daher hiermit so verhalte, wie wenn Virgil's Aeneas[20]) sagt: „Wir laufen aus dem Hafen aus, und Länder und Städte weichen zurück." 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. Was sollen wir nun über die Wolken und das übrige irgend wie in der Luft Schwebende, oder Fallende oder in die Höhe Steigende sagen? als, dass nicht nur die Erde sich mit dem ihr verbundenen, wässrigen Elemente so bewege, sondern auch ein nicht geringer Theil der Luft, und was sonst noch auf dieselbe Weise mit der Erde verknüpft ist; — sei es nun, dass die zunächst liegende Luft, mit erdiger und wässriger Materie vermischt, derselben Natur, wie die Erde, folgt, sei es, dass der Luft die Bewegung mitgetheilt worden ist, indem sie mittelst der Berührung mit der Erde, und vermöge des Widerstandes durch die fortwährende Umdrehung derselben theilhaftig wird. Man behauptet aber wiederum zu gleicher Verwunderung, dass die höchste Gegend der Luft der himmlischen Bewegung folge, was jene plötzlich erscheinenden Gestirne, welche von den Griechen Cometen oder Bartsterne genannt werden, verrathen sollen, für deren Entstehung man eben jene Gegend anweist, und welche gleich den anderen Gestirnen ebenfalls auf- und untergehen. Wir können sagen, dass jener Theil der Luft, wegen seiner grossen Entfernung von der Erde, von der irdischen Bewegung frei geblieben sei. Daher wird die Luft, welche der Erde am nächsten liegt, ruhig erscheinen, und ebenso die in ihr schwebenden Gegenstände, wenn sie nicht vom Winde oder von irgend einer andern, äusseren Kraft, wie es der Zufall mit sich bringt, hin und her getrieben werden; denn was ist der Wind in der Luft Anderes, als die Fluth im Meere? Wir müssen zugeben, dass die Bewegung der fallenden und steigenden Gegenstände in Beziehung zu dem Weltall eine gedoppelte, und stets aus gradlinigen und kreisförmigen Bewegungen zusammengesetzt sei. Da dasjenige, was durch sein Gewicht nach unten strebt, vorzüglich erdig ist, so leidet es keinen Zweifel, dass diese Theile derselben Natur folgen, wie ihr Ganzes; und aus keinem andern Grunde geschieht es. dass diejenigen Gegenstände, welche dem Feuer angehören, mit Gewalt in die Höhe gerissen werden. Das irdische Feuer wird nämlich hauptsächlich durch erdige Materie ernährt, und man sagt, die Flamme sei nichts Anderes, als brennender Rauch. Die Eigenschaft des Feuers besteht aber darin, das auszudehnen, was es ergriffen hat; und es führt dies mit solcher Gewalt aus, dass es auf keine Weise und durch keine Maschine daran gehindert werden kann, die Schranken zu durchbrechen, und sein Werk zu vollführen. Die ausdehnende Bewegung ist aber vom Mittelpunkte nach der Peripherie hin gerichtet; wenn daher etwas aus erdigen Theilen Bestehendes angezündet wird, so bewegt es sich von der Mitte nach oben. Daher kommt, wie man behauptet hat, dem einfachen Körper eine einfache Bewegung zu, und dies erweist sich vorzüglich an der Kreisbewegung, so lange der einfache Körper an seinem natürlichen Orte und in seiner Einheit verharrt. An diesem Orte ist nämlich die Bewegung keine andere, als die kreisförmige, welche ganz in sich bleibt, als ob der Körper ruhete. Die gradlinige Bewegung ergreift aber diejenigen Körper, welche von ihrem natürlichen Orte weggegangen oder gestossen, oder auf irgend eine Weise ausserhalb desselben gerathen sind. Nichts widerstrebt der Ordnung und der Form der ganzen Welt so sehr, als das Ausserhalb-seines-Ortes-sein. Die gradlinige Bewegung tritt also nur ein, wenn die Dinge sich nicht richtig verhalten, und nicht vollkommen ihrer Natur gemäss sind, indem sie sich von ihrem Ganzen trennen und seine Einheit verlassen. Ausserdem führen diejenigen Körper, welche aufwärts oder abwärts, abgesehen von der Kreisbewegung, getrieben werden, keine einfache, gleichförmige und gleichmässige Bewegung aus; denn sie können sich nicht nach ihrer Leichtigkeit oder nach dem Drucke ihres Gewichtes richten; und wenn sie beim Fallen anfänglich eine langsamere Bewegung haben, so vermehren sie ihre Geschwindigkeit im Fallen; während wir dagegen das in die Höhe getriebene irdische Feuer, — und wir kennen kein anderes, — sogleich träge werden sehen, gleichsam als ob sich dadurch die Ursache der Kraft der erdigen Materie zeigte. Die kreisförmige Bewegung verläuft dagegen immer gleichmässig, weil sie eine nicht nachlassende Ursache hat. Jene aber nehmen in der fortschreitenden Bewegung ab, in welcher sie, wenn sie ihren Ort erreicht haben, aufhören, schwer oder leicht zu sein, und deshalb hört ihre Bewegung auf. Wenn also die Kreisbewegung dem Weltall zukäme, den Theilen aber auch die gradlinige: so könnten wir sagen, die Kreisbewegung bestehe mit der gradlinigen, wie das Thier mit der Krankheit. Dass nämlich Aristoteles[16]) die einfache Bewegung in drei Arten, von der Mitte fort, nach der Mitte hin und um die Mitte herum eingetheilt hat, scheint bloss eine Verstandesthätigkeit zu sein, wie wir ja auch die Linie, den Punkt und die Oberfläche unterscheiden, während doch das Eine nicht ohne das Andere, und Keines von ihnen ohne den Körper bestehen kann. Es kommt nun noch hinzu, dass der Zustand der Unbeweglichkeit für edler und göttlicher gehalten wird, als der der Veränderung und Unbeständigkeit, welcher letztere deshalb eher der Erde, als der Welt zukommt; und ich füge noch hinzu, dass es widersinnig erscheint, dem Enthaltenden und Setzenden eine Bewegung zuzuschreiben, und nicht vielmehr dem Enthaltenen und Gesetzten, welches die Erde ist. Da endlich die Planeten offenbar der Erde bald näher bald ferner zu stehen kommen, so wird auch dann die Bewegung eines und desselben Körpers, welche um die Mitte, die der Mittelpunkt der Erde sein soll, stattfindet, auch von der Mitte fort und nach ihr hin gerichtet sein. Man muss also die Bewegung um die Mitte herum allgemeiner fassen, und es genügt, wenn jede einzelne Bewegung ihre eigene Mitte hat. Man sieht also, dass aus allem Diesen die Bewegung der Erde wahrscheinlicher ist, als ihre Ruhe, zumal in Bezug auf die tägliche Umdrehung, welche der Erde am eigenthümlichsten ist.

Capitel 9.

Ob der Erde mehrere Bewegungen beigelegt werden können? und vom Mittelpunkte der Welt.

Da also der Beweglichkeit der Erde nichts im Wege steht: so, glaube ich, muss nun untersucht werden, ob ihr auch mehrere Bewegungen zukommen, so dass sie für einen der Planeten gehalten werden könnte. Dass sie nämlich nicht der Mittelpunkt aller Kreisbewegungen ist, beweisen die scheinbar ungleichmässigen Bewegungen der Planeten, und ihre veränderlichen Abstände von der Erde, welche aus concentrischen Kreisen, mit der Erde im Mittelpunkte, nicht erklärt werden können. Da also mehrere Mittelpunkte existiren, so wird Niemand ohne Grund im Zweifel sein, ob der Mittelpunkt der Welt derjenige der irdischen Schwere, oder ein anderer sei. Ich bin wenigstens der Ansicht, dass die Schwere nichts Anderes ist, als ein von der göttlichen Vorsehung des Weltenmeisters den Theilen eingepflanztes, natürliches Streben, vermöge dessen sie dadurch, dass sie sich zur Form einer Kugel zusammenschliessen, ihre Einheit und Ganzheit bilden.[21]) Und es ist anzunehmen, dass diese Neigung auch der Sonne, dem Monde und den übrigen Planeten innewohnt, und sie durch deren Wirkung in der Rundung, in welcher sie erscheinen, verharren; während sie nichtsdestoweniger in vielfacher Weise ihre Kreisläufe vollenden. Wenn also auch die Erde andere Bewegungen, als diejenige um ihren Mittelpunkt besitzt, so werden dieselben solche sein müssen, die nach aussen hin an Vielem in entsprechender Weise zur Erscheinung kommen, und unter diesen erkennen wir den jährlichen Umlauf. Da, wenn man die Unbeweglichkeit der Sonne zugegeben hat, und den jährlichen Umlauf von der Sonne auf die Erde überträgt, der Auf- und Untergang der Zeichen und Fixsterne, wodurch sie Morgen- und Abendsterne werden, sich in derselben Weise ergiebt: so wird es den Anschein gewinnen, dass auch die Stillstände und das Rück- und Vorwärtsgehen der Planeten nicht Bewegungen dieser, sondern der Erde sind, welche diese den Erscheinungen jener leiht. Endlich wird man sich überzeugen, dass die Sonne selbst die Mitte der Welt einnimmt. Und dies Alles lehrt uns das Gesetz der Reihenfolge, in welcher jene auf einander folgen, und die Harmonie der Welt, wenn wir selbst nur die Sache, wie man sagt, mit beiden Augen ansehen.

Capitel 10.

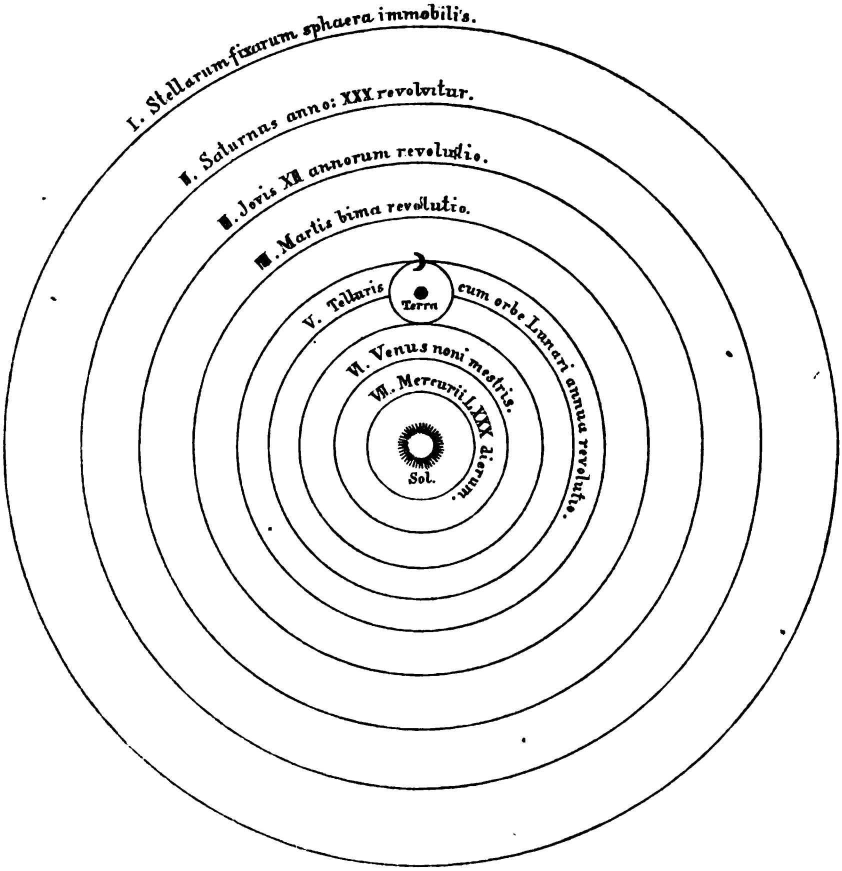
Ueber die Ordnung der Himmelskreise.

Dass die Fixsternsphäre das Höchste von allem Sichtbaren ist, sehe ich Niemanden bezweifeln. Die Reihenfolge der Planeten wollten die alten Philosophen nach ihren Umlaufszeiten bestimmen, indem sie als Grund dafür anführten, dass, wenn mehrere Körper mit gleicher Geschwindigkeit sich bewegen, diejenigen langsamer fortzurücken scheinen, welche weiter entfernt sind, wie dies von Euklid in der Optik[22]) bewiesen wird. Deshalb glauben sie, dass der Mond, weil er, als der Erde am nächsten stehend, sich in dem kleinsten Kreise bewegt, seinen Umlauf auch in der kürzesten Zeit vollendet; der Saturn aber, als der höchste, die grösste Bahn in der längsten Zeit durchläuft. Unter diesem steht der Jupiter, darauf folgt der Mars. Ueber Venus aber und Merkur finden sich verschiedene Meinungen, weil sie nicht, wie jene, sich durch alle Grade von der Sonne entfernen. Deshalb stellen Einige dieselben über die Sonne, wie Timäus bei Plato, Andere unter dieselbe, wie Ptolemäus[23]) und ein guter Theil der Neueren[24]). Alpetragius[25]) setzt die Venus über die Sonne, und den Merkur unter dieselbe. Da nun Diejenigen, welche dem Plato folgen, meinen, dass alle Planeten als sonst dunkle Körper, durch das von der Sonne empfangene Licht leuchten: so müssten jene, wenn sie sich unter der Sonne befänden, wegen ihres eben nicht grossen Abstandes von derselben, halb oder wenigstens nicht völlig rund gesehen werden; denn sie würden das empfangene Licht gewöhnlich seitlich, d. h. nach der Sonne hin, zeigen, wie wir dies beim zu- und abnehmenden Monde sehen. Auch sagen sie, die Sonne müsste durch ihr Dazwischentreten zuweilen verfinstert werden, und das Licht derselben nach Massgabe ihrer Grösse einen Verlust erleiden; da dies nun niemals bemerkt wird, so sind sie der Meinung, dass sie niemals unter der Sonne zu stehen kommen. Dagegen vertheidigen Diejenigen, welche Venus und Merkur unter die Sonne stellen, ihre Ansicht durch die Grösse des Raumes, den sie zwischen Sonne und Mond finden. Denn sie haben ermittelt, dass der grösste Abstand des Mondes von der Erde, also vier und sechzig und ein Sechstel solcher Theile, von denen einer vom Mittelpunkte der Erde bis zur Oberfläche reicht, — in der kleinsten Entfernung der Sonne fast achtzehnmal enthalten sei, und diese 1160 solcher Theile betrage, zwischen ihr und dem Monde also 1096. Damit nun ein so weiter Raum nicht leer bleibe, finden sie, aus den Unterschieden der Abstände, aus denen sie die Grösse ihrer Bahnen berechnen, dass dieselben Grössen nahezu ausreichen, dass auf die grösste Entfernung des Mondes, die kleinste Merkurs, und auf dessen grösste Entfernung, die kleinste der Venus folge, welche dann endlich in ihrer grössten Entfernung die Sonne in ihrer kleinsten Entfernung gleichsam berührt. Sie glauben nämlich, dass die Merkursbahn 177 der obenbezeichneten Theile umfasse, und dass der übrige Raum von dem Durchmesser der Venusbahn mit 910 Theilen nahezu ausgefüllt werde. Sie geben daher auch nicht zu, dass sich an den Planeten irgend eine Dunkelheit, ähnlich derjenigen des Mondes, finde, sondern behaupten, dass sie entweder mit eigenem Lichte, oder mit ihrem ganzen Körper in Sonnenlicht getaucht, leuchten; und die Sonne deshalb nicht verfinstern, weil es höchst selten vorkomme, dass sie sich vor die Scheibe der Sonne stellen, indem sie meistentheils in der Breite abweichen; ausserdem weil sie im Vergleich zur Sonne kleine Körper sind, da die Venus, die noch grösser ist, als Merkur, kaum den hundertsten Theil der Sonne bedecken kann, wie Albategnius, der Aratenser[26]) behauptet, der den Durchmesser der Sonne für zehnmal grösser hält. Deshalb ist es nicht leicht, dass ein so kleiner Fleck in dem vorherrschenden Lichte gesehen werde, — obgleich Averroës[27]) in der Ptolemäischen Paraphrase, sich erinnert etwas Schwärzliches gesehen zu haben[28]), als er die Conjunction der Sonne und Merkur's berechnet hatte; — und so entscheidet man sich dafür, dass diese beiden Planeten sich unterhalb des Sonnenzirkels bewegen. Aber wie ungewiss und unsicher dieser Schluss sei, erhellt daraus, dass, während nach Ptolemäus die kleinste Entfernung des Mondes 38, nach richtiger Schätzung aber mehr als 49 Erdradien beträgt[29]), — wie unten klar werden wird, — wir doch nicht wissen, dass in einem so grossen Raume etwas Anderes enthalten sei, als Luft und, wenn man will, dasjenige, was man das feurige Element nennt. Ferner daraus, dass der Durchmesser der Venusbahn, nach dessen Grösse sie von der Sonne nach beiden Seiten um mehr oder weniger als 45 Grade abweicht, sechsmal so gross sein muss, als die Linie, welche vom Mittelpunkte der Erde nach dem untersten Punkte der Venusbahn gezogen werden kann, wie seines Ortes bewiesen werden wird. Was soll also in diesem ganzen Raume enthalten sein, der um so grösser ist, als er Erde, Luft, Aether, Mond und Merkur und was ausserdem noch der ungeheure Epicyclus der Venus ausmacht, wenn er um die ruhende Erde kreist, umfasst? — Wie wenig überzeugend die Begründung des Ptotemäus ist, nach welcher die Sonne die Mitte zwischen den überallhin und den nicht so von ihr abweichenden Planeten einnehmen soll, geht daraus hervor, dass der Mond, indem er selbst überallhin abweicht, ihre Unwahrheit verräth. — Was wollen aber Diejenigen, welche unter die Sonne die Venus und dann den Merkur setzen, oder dieselben nach einer andern Reihenfolge anordnen, für eine Ursache dafür anführen, dass diese nicht ebenso selbständige und von der Sonne unabhängige Bahnen durchlaufen, wie die übrigen Planeten, wenn das Verhältniss ihrer Geschwindigkeit und Langsamkeit ihre Reihenfolge nicht falsch darstellt? Also es würde entweder die Erde nicht in dem Mittelpunkte, auf welchen die Reihenfolge der Gestirne und Bahnen bezogen werden, stehen dürfen; oder es gäbe mindestens gar keinen Grund für ihre Reihenfolge, noch wäre es ersichtlich, warum dem Saturn mehr, als dem Jupiter oder irgend einem andern, die höchste Stelle gebührte. Deshalb scheint mir durchaus nicht unbeachtenswerth, was Martianus Capella, welcher eine Encyclopädie[30]) geschrieben hat, und einige andere Lateiner sehr wohl wussten. Er glaubt nämlich[31]), dass Venus und Merkur die Sonne als ihren Mittelpunkt umkreisen, und deswegen von ihr nicht weiter weggehen können, als es die Kreise ihrer Bahnen erlauben, weil sie die Erde nicht wie die andern umkreisen, sondern wechselnd-wiederkehrende Abstände haben. Was will dies Anderes bedeuten, als dass dieselben um die Sonne, als um den Mittelpunkt ihrer Bahnen, kreisen? So würde denn in der That die Bahn Merkur's von derjenigen der Venus, welche mehr als doppelt so gross ist, umschlossen, und fände in der Ausdehnung dieser die ihr genügende Stelle.

Nimmt man hiervon Gelegenheit, und bezieht Saturn, Jupiter und Mars auf denselben Mittelpunkt, während man die grosse Ausdehnung ihrer Bahnen in's Auge fasst, welche mit Jenen auch die darin liegende Erde enthält und umschliesst: so wird man die Erklärung der regelmässigen Ordnung ihrer Bewegungen nicht verfehlen. Denn es steht fest, dass jene der Erde immer dann am nächsten sind, wenn sie des Abends aufgehen, d. h. wenn sie in Opposition mit der Sonne treten, wo die Erde zwischen ihnen und der Sonne steht; dass sie aber von der Erde am entferntesten sind, wenn sie des Abends untergehen, d. h. wenn sie von der Sonne verdeckt werden, indem wir zwischen ihnen und der Erde die Sonne haben, was hinreichend beweist, dass ihr Mittelpunkt vielmehr der Sonne zugehöre, und derselbe sei, auf welchen auch Venus und Merkur ihre Bahnen beziehen. Da aber alle diese sich auf einen Mittelpunkt beziehen: so ist nothwendig, dass der kreis- oder kugelförmige Raum, welcher zwischen dem convexen Kreise der Venus und dem concaven des Mars übrig bleibt, und mit jenen an beiden Oberflächen concentrisch ist, unterbrochen wird, und die Erde mit dem sie begleitenden Monde, und Allem, was unter dem Monde sich befindet, aufnimmt. Denn wir können den Mond, der unstreitig der Erde am nächsten steht, in keiner Weise von ihr trennen, zumal da wir in jenem Raume für ihn eine überflüssig ausreichende Stelle finden. Daher scheuen wir uns nicht, zu behaupten, dass das Ganze, was der Mond einschliesst, mit dem Mittelpunkte der Erde, zwischen den Planeten jenen grossen Kreis in jährlicher Bewegung um die Sonne durchläuft, und sich um den Weltmittelpunkt bewegt, in welchem auch die Sonne unbeweglich ruht; und dass alle Dasjenige, was von einer Bewegung der Sonne erscheint, vielmehr in der Bewegung der Erde seine Wahrheit findet; — dass aber der Umfang der Welt so gross ist, dass jene Entfernung der Erde von der Sonne, während sie im Verhältnisse zu der Grösse der Bahnen der anderen Planeten eine merkliche Ausdehnung hat, gegen die Fixsternsphäre gehalten, verschwindet; was ich für leichter begreiflich halte, als wenn der Geist in eine fast endlose Menge von Kreisen zersplittert wird, was Diejenigen zu thun gezwungen gewesen sind, welche die Erde in der Mitte der Welt festgehalten haben. Man muss vielmehr der Weisheit der Natur nachgehen, welche, indem sie sich sehr gehütet hat, irgend etwas Ueberflüssiges oder Unnützes hervorzubringen, vielmehr oft einen und denselben Gegenstand mit vielen Wirkungen begabte. Wenn alle Dieses schwierig, fast unbegreiflich und gegen die Meinung Vieler sein sollte, so werden wir es, so Gott will, klarer als die Sonne machen, wenigstens Denen, die in der Mathematik nicht unwissend sind. Das erste Gesetz bleibt also unangefochten, und es wird Niemand ein zutreffenderes herbeibringen, dass nämlich die Grösse der Bahnen durch die Dauer der Umlaufszeit gemessen wird. Die Reihe der Sphären ordnet sich aber, von dem Höchsten anfangend, in folgender Weise.

Die erste und höchste von allen Sphären ist diejenige der Fixsterne, sich selbst und Alles enthaltend, und daher unbeweglich, als der Ort des

Universums, auf welchen die Bewegung und Stellung aller übrigen Gestirne bezogen wird. Während nämlich Einige meinen, dass auch diese sich einigermassen verändern, so werden wir bei der Ableitung der irdischen Bewegung eine andere Ursache für diese Erscheinung darlegen. Es folgt der erste Planet, Saturn, welcher in 30 Jahren seinen Umlauf vollendet; hierauf Jupiter mit einem zwölfjährigen Umlaufe; dann Mars, welcher in 2 Jahren seine Bahn durchläuft. Die vierte Stelle in der Reihe nimmt der jährliche Kreislauf ein, in welchem die Erde mit der Mondbahn, als Epicyclus, enthalten ist. In fünfter Stelle kreist Venus in neun Monaten. Die sechste

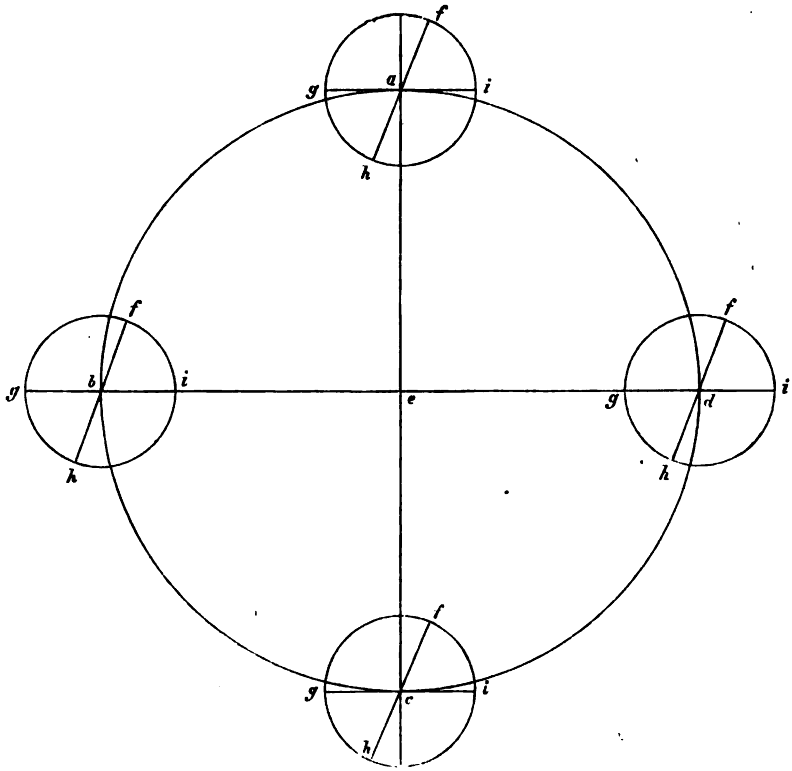


Stelle nimmt Merkur ein, der in einem Zeitraume von achtzig Tagen seinen Umlauf vollendet. In der Mitte aber von Allen steht die Sonne. Denn wer möchte in diesem schönsten Tempel diese Leuchte an einen andern oder bessern Ort setzen, als von wo aus sie das Ganze zugleich erleuchten kann? Wenn anders nicht unpassend Einige sie die Leuchte der Welt, Andere die Seele, noch Andere den Regierer nennen. Trimegistus[32]) nennt sie den sichtbaren Gott, Electra[33]) des Sophocles den Alles Sehenden. So lenkt in der That die Sonne, auf dem königlichen Throne sitzend, die sie umkreisende Familie der Gestirne. Auch wird die Erde nicht des Dienstes des Mondes beraubt, sondern, wie Aristoteles de animalibus[34]) sagt, der Mond hat zur Erde die grösste Verwandtschaft. Indessen empfängt die Erde von der Sonne und wird schwanger mit jährlicher Geburt. Wir finden also in dieser Anordnung eine bewunderungswürdige Harmonie der Welt, und einen zuverlässigen, harmonischen Zusammenhang der Bewegung und Grösse der Bahnen, wie er anderweitig nicht gefunden werden kann. Denn hier kann der eingehende Beobachter bemerken, warum das Vor- und Zurückgehen beim Jupiter grösser erscheint, als beim Saturn, und kleiner, als beim Mars, und wiederum bei der Venus grösser, als beim Merkur; und warum ein solcher Rückgang beim Saturn häufiger erscheint, als beim Jupiter; seltener beim Mars, und bei der Venus, als beim Merkur. Ausserdem warum Saturn, Jupiter und Mars, wenn sie des Abends aufgehen, der Erde näher sind, als bei ihrem Verschwinden und Wieder-sichtbar-werden. Vorzüglich aber scheint Mars, wenn er des Nachts am Himmel steht, an Grösse dem Jupiter gleich zu sein, indem er sich nur durch die röthliche Farbe unterscheidet; bald darauf wird er unter den Sternen zweiter Grösse gefunden, erkannt durch sorgfältige Beobachtung am Sextanten. Und dieses Alles ergiebt sich aus derselben Ursache, welche in der Bewegung der Erde liegt. Dass aber an den Fixsternen nichts von derselben zur Erscheinung kommt, beweist ihre unermessliche Entfernung, welche selbst die Bahn der jährlichen Bewegung oder deren Abbild für unsere Augen verschwinden lässt, weil alles Sichtbare eine gewisse Entfernung als Grenze hat, über welche hinaus es nicht gesehen werden kann, wie das in der Optik bewiesen wird. Dass nämlich zwischen dem höchsten Planeten, dem Saturn, und der Fixsternsphäre noch sehr Vieles liegt, beweist der funkelnde Glanz der Letzteren, durch welche Eigenschaft sie sich von den Planeten am meisten unterscheiden; wie denn zwischen Bewegtem und Unbewegtem der grösste Unterschied bestehen muss. So gross ist in der That diese göttliche, beste und grösste Werkstatt.

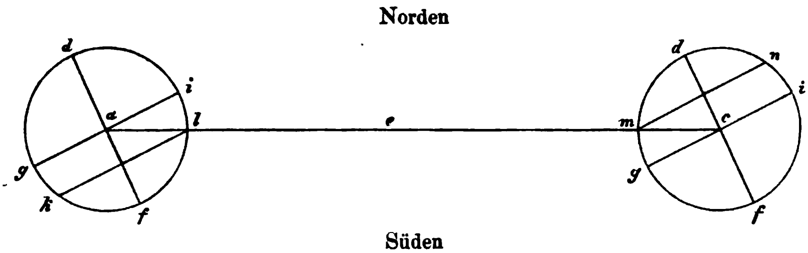
Capitel 11.

Beweis von der dreifachen Bewegung der Erde.

Da also so viele und so gewichtige den Planeten entnommene Zeugnisse für die Beweglichkeit der Erde sprechen: so wollen wir nun eben diese Bewegung im Allgemeinen darlegen, insofern durch dieselbe, gleich wie an einer Hypothese, die Erscheinungen nachgewiesen werden. Man muss dieselbe überhaupt als eine dreifache annehmen: die erste, von der wir gesagt haben, dass sie von den Griechen Nychthemerinon genannt wird, ist der eigentliche Kreislauf von Tag und Nacht, der um die Erdaxe von Westen nach Osten ebenso vor sich geht, wie man bisher geglaubt hat, dass die Welt sich im entgegengesetzten Sinne bewege, und welcher Kreislauf den Nachtgleichenkreis (Aequator) beschreibt, den Einige den Taggleichenkreis nennen, indem sie die Bezeichnung der Griechen nachahmen, bei denen er Isemerinos heisst. Die zweite ist die jährliche Bewegung des Mittelpunktes mit dem sich auf denselben Beziehenden, welche, wie gesagt, den Thierkreis um die Sonne ebenfalls von Westen nach Osten, d. h. rechtläufig, zwischen Venus und Mars durchläuft. Hierdurch geschieht es, dass, wie wir sagten, die Sonne selbst in ähnlicher Bewegung den Thierkreis zu durchlaufen scheint, wie wenn z. B. der Mittelpunkt der Erde durch Steinbock, Wassermann u. s. w. geht, die Sonne durch Krebs, Löwe u. s. w. zu gehen scheint. — Man muss sich vorstellen, dass der Aequator und die Axe der Erde gegen die Ebene des Kreises, welcher durch die Mitte der Zeichen geht,[35]) eine veränderliche Neigung haben. Weil, wenn sie in unveränderlicher Neigung verharrten, und nur der Bewegung des Mittelpunktes einfach folgten, keine Ungleichheit der Tage und Nächte erscheinen würde, sondern immer entweder Solstitium, oder der kürzeste Tag, oder Nachtgleiche, entweder Sommer, oder Winter, oder was sonst für eine und dieselbe sich gleiche Jahreszeit stattfinden müsste. Es folgt also die dritte Bewegung der Declination[36]), ebenfalls im jährlichen Kreislaufe, aber rückläufig, d. h. entgegengesetzt der Bewegung des Mittelpunktes. Und so kommt es durch beide, einander fast gleiche und entgegengesetzte Bewegungen, dass die Axe der Erde, und also auch der Aequator, als der grösste Parallelkreis, fast nach derselben Himmelsgegend gerichtet bleiben, gleich als ob sie unbeweglich wären, während die Sonne, wegen der Bewegung, mit welcher der Mittelpunkt der Erde fortrückt, durch die Schiefe des Thierkreises sich zu bewegen scheint; nicht anders, als ob eben dieser Mittelpunkt der Erde der Mittelpunkt der Welt wäre, wofern man sich nur erinnert, dass die Entfernung der Sonne von der Erde an der Fixsternsphäre unser Wahrnehmungsvermögen bereits überschritten hat. Da dies nun so beschaffen ist, dass es leichter mit den Augen aufgefasst, als gesagt werden kann: so beschreiben wir einen Kreis *abcd*, welcher den jährlichen Umlauf des Mittelpunktes der Erde in der Ebene des Thierkreises vorstellt, und sei *e* die um dessen Mittelpunkt herum befindliche Sonne. Diesen Kreis theile ich in vier gleiche Theile durch die Durchmesser *aec* und *bed*. Den Punkt *a* nehme der Anfang des Krebses, *b* der der Wage, *c* der des Steinbocks und *d* der des Widders ein. Nehmen wir nun den Mittelpunkt der Erde zuerst in *a* an, und beschreiben um denselben den Erdäquator *fghi*, aber nicht in derselben Ebene, nur dass der Durchmesser *gai* den gemeinschaftlichen Durchschnitt der Kreise, nämlich des Aequators und des Thierkreises darstellt. Nachdem wir den Durchmesser *fah* rechtwinklig gegen *gai* gezogen haben, sei *f* der Punkt der grössten Declination nach Süden, *h* dagegen der nach Norden. Stellt man sich dies so richtig vor: so sehen die Erdbewohner die um den Mittelpunkt *e* herum befindliche Sonne im Steinbock ihre Winterwende machen, welche durch die nach der Sonne hin gewendete, grösste, nördliche Declination *h* bewirkt wird; weil die tägliche Umdrehung, wegen der schrägen Lage des Aequators, dem von dem Neigungswinkel *eah* umfassten Abstande gemäss, an der



Linie *ae* den parallelen südlichen Wendekreis einschneidet.[37]) Nun rücke der Mittelpunkt der Erde rechtläufig, und um eben so viel der Punkt der grössten Declination *f* rückläufig fort, bis beide in *b* Kreisquadranten zurückgelegt haben: dann bleibt während dem der Winkel *eai*, wegen der Gleichmässigkeit der Kreisbewegungen, immer gleich *aeb*, und der Durchmesser *fah* mit *fbh*, und *gai* mit *gbi*, und der Aequator mit dem Aequator parallel. Und zwar erscheinen sie wegen der schon oft angegebenen Ursache, bei der Unermesslichkeit des Himmels, als dieselben. Daher erscheint vom Anfange *b* der Wage aus, *e* im Widder, und fällt der gemeinschaftliche Durchschnitt der Kreise in die eine Linie *gbie*, an welcher die tägliche Umdrehung keine Declination zulässt. sondern alle Declination liegt nach den Seiten hin. Deshalb wird die Sonne im Frühlingspunkte gesehen werden. Der Mittelpunkt der Erde möge unter den angenommenen Bedingungen fortfahren, sich zu bewegen; wenn nun in *c* der Halbkreis zurückgelegt ist, so wird die Sonne in den Krebs einzutreten scheinen. Aber da *f*, die südliche Abweichung des Aequators, der Sonne zugewendet ist: so bewirkt dies, dass die Sonne nördlich erscheint, indem sie den nördlichen Wendekreis, nach Massgabe des Neigungswinkels *ecf* durchläuft. Wenn *f* bis zum dritten Quadranten sich wieder abwendet: so fällt der gemeinschaftliche Durchschnitt *gi* von Neuem in die Linie *ed;* weshalb die Sonne, in der Wage gesehen, das Herbstäquinoctium erreicht zu haben scheint. Und indem *hf* bei demselben Fortrücken sich allmälig nach der Sonne hin wendet, so bewirkt dies, dass dasselbe wiederkehrt, von dem wir Anfangs ausgegangen sind. — In anderer Weise. — Es sei ebenso *aec* der Durchmesser



in der Zeichenebene und der gemeinschaftliche Durchschnitt derselben mit dem senkrecht gegen diese Ebene construirten Kreise *abc*. In der ersteren Ebene möge in *a* und *c*, d. h. beziehlich in Krebs und Steinbock, der Meridian der Erde durch *dgfi*, und die Axe der Erde durch *df* bezeichnet werden. Der nördliche Pol sei *d*, der südliche *f*, und der Durchmesser des Aequators sei *gi*. Wenn nun *f* sich der Sonne, welche in *e* stehen mag, zuwendet, und die Neigung des Aequators um den Winkel *iae* nördlich ist: so beschreibt die Bewegung um die Axe, in dem Abstande *li*, den mit dem Aequator parallelen, von der Sonne beschienenen, südlichen Wendekreis des Steinbocks mit dem Durchmesser *kl*. Oder um richtiger zu sprechen. Jene Bewegung um die Axe beschreibt in der Richtung *ae* eine Kegeloberfläche, die ihren Gipfel im Mittelpunkte der Erde, ihre Basis aber parallel mit dem Aequator liegen hat. In dem entgegengesetzten Zeichen *c* trifft Alles in gleicher Weise, nur umgekehrt, zu. Es ist also klar, wie die beiden, einander entgegengesetzten Bewegungen, nämlich die des Mittelpunktes und der Declination, die Axe der Erde zwingen, in derselben Neigung und in ganz ähnlicher Stellung zu verharren, und dass dies Alles so erscheint, als wären es Bewegungen der Sonne. Wir sagten aber, dass die jährlichen Umläufe des Mittelpunktes und der Declination fast gleich wären, weil, wenn dies genau der Fall wäre, die Aequinoctial- und Solstitialpunkte und die ganze Schiefe des Thierkreises gegen die Fixsternsphäre sich durchaus nicht ändern dürften. Da aber jene Differenz gering ist: so wird sie nur mit zunehmender Zeit merklich: von Ptolemäus nämlich bis auf uns sind jene Aequinoctial- und Solstitialpunkte ungefähr um 21 Grade zurückgerückt. Deshalb haben Einige geglaubt, dass die Fixsternsphäre sich ebenfalls bewege, so dass sie aus diesem Grunde eine neunte höhere Sphäre annahmen; und da diese noch nicht hinreicht, fügen jetzt die Neueren noch eine zehnte hinzu, und dennoch haben sie das Ziel noch nicht erreicht, welches wir durch die Bewegung der Erde zu erreichen hoffen, indem wir uns derselben bei der Entwicklung des Nachfolgenden als Prinzip und Voraussetzung bedienen.[38])

Capitel 12.

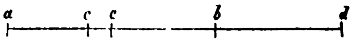
Ueber die graden Linien, welche Sehnen im Kreise sind.[39])

Weil die Entwicklungen, deren wir uns fast in dem ganzen Werke bedienen, mit graden Linien und Bogen, mit ebenen und sphärischen Dreiecken sich beschäftigen, und man, obgleich darüber schon Vieles in Euklid's Elementen vorliegt, dennoch nicht Dasjenige besitzt, warum es sich hier hauptsächlich handelt: wie man nämlich aus den Winkeln die Seiten, und aus den Seiten die Winkel finden kann; indem der Winkel nicht die Sehne, und nicht diese, sondern der Bogen den Winkel misst; und deswegen eine Methode erfunden ist, durch welche man die Sehne eines beliebigen Bogens erkennen, und aus der Sehne mit Hülfe des Winkels den entsprechenden Bogen, und umgekehrt aus dem Bogen die Sehne, welche einem Winkel zugehört, erhalten kann: — so wird es nicht befremden, wenn wir von diesen Linien handeln. Auch über die Seiten und Winkel, sowohl der ebenen, als auch der sphärischen Dreiecke, werden wir das, was Ptolemäus zerstreut und beispielsweise mitgetheilt hat, an dieser Stelle ein für alle Mal soweit untersuchen, als später Dasjenige, was wir besprechen müssen, dadurch klarer wird. Wir theilen den Kreis nach der allgemeinen Sitte der Mathematiker in 360 Theile. Den Durchmesser nehmen die Alten als aus 120 Theilen bestehend an. Um aber bei der Multiplication und Division mit diesen Linien, die wie meistens in der Länge, so auch in der Potenz incommensurabel sind, die Verwicklung sehr kleiner Zahlen zu vermeiden, führten die Späteren von der Zeit an, wo die indischen Zahlzeichen in Gebrauch kamen, entweder einen zwölfmal oder zwanzigmal hunderttausendtheiligen, oder einen andern rationalen Durchmesser ein. Eine solche Zahlenangabe aber übertrifft jede andere, sowohl die griechische als auch die lateinische, durch ihre besondere Brauchbarkeit, und fügt sich am besten jeder Art von Rechnung. Auch wir haben deswegen 200000 Theile des Durchmessers für hinreichend gehalten, um einen merklichen Irrthum ausschliessen zu können. Was sich nämlich nicht wie eine Zahl zu einer Zahl verhält, davon genügt es, einen Näherungswerth zu erlangen. Wir wollen nun nachstehende sechs Lehrsätze und eine Aufgabe erörtern, indem wir meistentheils dem Ptolemäus folgen.

Erster Lehrsatz.

Wenn der Durchmesser eines Kreises gegeben ist, so sind auch die Seiten des Dreiecks, Vierecks, Sechsecks, Fünfecks und Zehnecks, welche derselbe Kreis umschreibt, gegeben. Der Radius, als die Hälfte des Durchmessers, ist nämlich gleich der Seite des Sechsecks. Das Quadrat der Dreiecksseite ist aber das Dreifache, und dasjenige der Quadratsseite das Doppelte von dem Quadrate der Sechsecksseite, wie das bei Euklid in den Elementen bewiesen ist.[40]) Die Seite des Sechsecks wird also in der Länge 100000 Theile, die des Vierecks 141422 Theile, die des Dreiecks 173205

Theile enthalten. Es sei aber die Sechsecksseite ***ab***, welche nach der ersten Aufgabe des zweiten, oder nach der zehnten des sechsten Buches von Euklid[41]) im mittleren und äusseren Verhältnisse



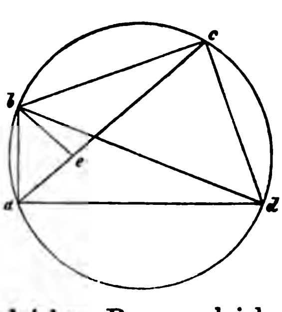
im Punkte ***c*** geschnitten werde,[42]) und der grössere Abschnitt sei ***bc*** An diesen tragen wir ***bd*** = ***bc*** an. Dann wird auch die ganze Linie ***abd*** im mittleren und äusseren Verhältnisse geschnitten, und der kleinere, angetragene Abschnitt die Seite des dem Kreise, zu welchem die Sechsecksseite ***ab*** gehört, inbeschriebenen Zehnecks sein,[43]) was aus dem fünften und neunten Satze des 13ten Buches Euklids erhellt. Die Linie ***bd*** selbst erhält man aber auf folgende Weise: man halbirt ***ab*** in ***e***, so ist aus dem dritten Satze desselben Buches von Euklid bekannt, dass das Quadrat von ***ebd*** das Fünffache von dem Qradrate von ***eb*** ist.[44]) Aber ***eb*** hat in seiner Länge 50000 Theile, woraus sich das fünffache Quadrat, und eben jene Linie ***ebd*** von der Länge von 111803 Theilen ergiebt. Wenn von diesen die 50000 Theile der Linie ***eb*** abgezogen werden, so bleibt ***bd*** mit 61803 Theilen, als die gesuchte Seite des Zehnecks. Die Seite des Fünfecks, deren Quadrat gleich ist der Summe der Quadrate der Sechsecks- und der Zehnecksseite[45]), enthält 117557 Theile. Wenn also der Durchmesser eines Kreises gegeben ist: so sind auch die Seiten des Dreiecks, Vierecks, Fünfecks, Sechsecks und Zehnecks, welche demselben Kreise einbeschrieben werden können, gegeben, was zu beweisen war.

Zusatz.

Daraus erhellt, dass wenn die Sehne irgend eines Bogens bekannt ist auch diejenige Sehne gegeben ist, welche dem, jenen zum Halbkreise ergänzenden Bogen zugehört. Denn der Winkel im Halbkreise ist ein Rechter. In rechtwinkligen Dreiecken ist aber das Quadrat der dem rechten Winkel gegenüberliegenden Seite, das ist des Durchmessers, gleich den Quadraten, welche über den den rechten Winkel einschliessenden Seiten construirt worden sind. Weil also die Seite des Zehnecks, welche die Sehne eines Bogens von 36 Graden ist, bewiesenermassen 61803 Theile enthält, von denen 200000 auf den Durchmesser gehen: so ist auch die Sehne des jenen zum Halbkreise ergänzenden Bogens von 144 Graden mit 190211 solcher Theile gegeben. Und aus der Fünfecksseite, welche mit 117557 Theilen des Durchmessers 72 Grade spannt, ergiebt sich die Sehne des jenen zum Halbkreise ergänzenden Bogens von 108 Graden mit 161803 Theilen.

Zweiter Lehrsatz.

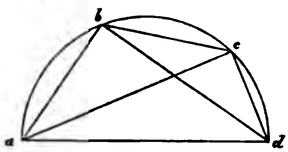
Wenn ein Viereck einem Kreise einbeschrieben ist: so ist das Rechteck aus den Diagonalen gleich den beiden Rechtecken aus je zweien einander gegenüberliegenden Seiten. Es sei nämlich ***abcd*** das dem Kreise einbeschriebene Viereck: so behaupte ich, dass das Rechteck aus den Diagonalen ***ac*** und ***bd*** gleich ist denjenigen aus ***ab*** und ***cd*** und aus ***ad*** und ***bc***. Denn machen wir den Winkel ***abe*** gleich ***cbd:*** so wird der ganze Winkel



abd gleich dem ganzen *ebc*, indem *ebd* zu jedem der Beiden hinzuaddirt ist. Auch sind die Winkel *acb* und *bda* einander gleich, als Winkel in demselben Kreisabschnitte, und es werden die beiden deswegen ähnlichen Dreiecke *bce* und *bda* proportionirte Seiten haben, also $bc : bd = ec : ad$ und $bc \cdot ad = bd \cdot ec$. Aber auch die Dreiecke *abe* und *cbd* sind ähnlich, weil die Winkel *abe* und *cbd* gleichgemacht, und *bac* und *bdc* als Winkel über gleichen Bogen gleich sind. Deshalb wird wieder $ab : bd = ae : cd$ und $ab \cdot cd = ae \cdot bd$. Es ist aber schon nachgewiesen, dass $bc \cdot ad = bd \cdot ec$ ist. Zusammen also ist $bd \cdot ac = ad \cdot bc + ab \cdot cd$, was bewiesen zu haben vortheilhaft ist.

Dritter Lehrsatz.

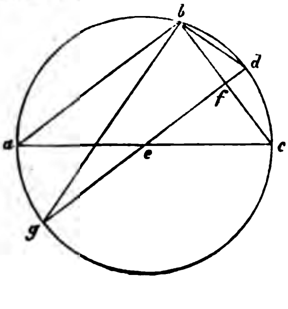
Denn daraus ergiebt sich: wenn im Halbkreise die Sehnen ungleicher Bogen gegeben sind, ist auch die Sehne des Bogens gegeben, um welchen



der grössere den kleineren übertrifft. In dem Halbkreise *abcd* von dem Durchmesser *ad* mögen die Sehnen der ungleichen Bogen *ab* und *ac* gegeben sein. Wollen wir nun die Sehne *bc* finden, so ergeben sich aus dem Obengesagten die Sehnen der jene zum Halbkreise ergänzenden Bogen *bd* und *cd*, mit denen das Viereck im Halbkreise *abcd* zusammentrifft. Die Diagonalen desselben *ac* und *bd* ergeben sich zugleich mit den drei Seiten *ab*, *ad* und *cd*, und in demselben ist, wie schon bewiesen, $ac \cdot bd = ab \cdot cd + ad \cdot bc$. Wenn nun $ab \cdot cd$ von $ac \cdot bd$ abgezogen wird, so bleibt $ad \cdot bc$. Dividiren wir dann mit *ad*, so weit dies möglich ist, so erhalten wir die gesuchte Sehne *bc* in Zahlen. Da nun nach dem Früheren z. B. die Seiten des Fünfecks und Sechsecks gegeben sind, so ergiebt sich auf diese Weise, dass die Sehne von 12 Graden, um welche jene verschieden sind, 20905 Theile des Durchmessers beträgt.[16])

Vierter Lehrsatz.

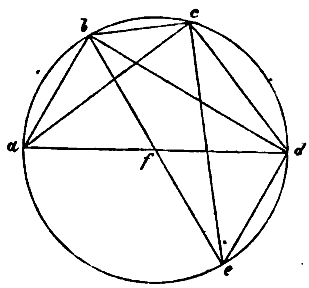
Wenn die Sehne irgend eines Bogens gegeben ist, so ist auch die Sehne des halben Bogens gegeben. Beschreiben wir einen Kreis *abc*, dessen



Durchmesser *ac* sei; wenn nun *bc* der mit seiner Sehne gegebene Bogen ist, so möge die Linie *ef* vom Mittelpunkte *e* aus, *bc* rechtwinklig schneiden, dieselbe wird also, nach dem dritten Satze des dritten Buches von Euklid, die Linie *be* in *f*, und verlängert den Bogen in *d* halbiren. Wir ziehen noch die Sehnen *ab* und *bd*. Weil nun die Dreiecke *abc* und *efc* rechtwinklig sind, und ausserdem den Winkel *ecf* gemeinschaftlich haben, so sind sie ähnlich; wie daher *cf* die Hälfte von *bfc* ist, so ist *ef* die Hälfte von *ab*. Aber *ab* ist als die Sehne des, jenen zum Halbkreise ergänzenden, Bogens gegeben, also ist auch *ef* gegeben, so wie der Rest *df* von dem halben Durchmesser; dieser werde als *deg* vollendet und dann *bg* gezogen. In dem Dreiecke *bdg* bildet nun *bf* das Loth von dem rechten Winkel *b* aus auf die Basis. Das Rechteck *gd*. *df* ist also gleich dem Quadrate von *bd*; es ergiebt sich also die Länge von *bd*, welche die Sehne zur Hälfte des Bogens *bdc* ist. Und da schon die Sehne von 12 Graden gegeben ist, so ergiebt sich auch die von 6 Graden zu 10467 Theilen[47], die von 3 Graden zu 5235, die von anderthalb Graden zu 2618 und die von dreiviertel Graden zu 1309 Theilen.

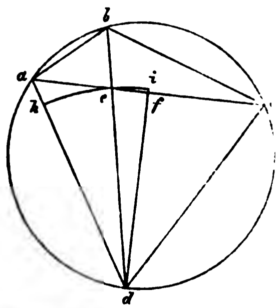
Fünfter Lehrsatz.

Wenn wiederum die Sehnen zweier Bogen gegeben sind, so ist auch die Sehne des ganzen, aus jenen zusammengesetzten, Bogens gegeben. Seien die in dem Kreise gegebenen Sehnen *ab* und *bc*, so behaupte ich, dass auch die Sehne des ganzen Bogens *abc* gegeben sei. Denn nachdem wir die Durchmesser *afd* und *bfe* construirt haben, ziehen wir noch die graden Linien *bd* und *ce*, welche sich aus dem Früheren ergeben, weil *ab* und *bc* gegeben sind, und *de* gleich *ab* ist. Durch die Linie *cd* wird das Viereck *bcde* geschlossen, dessen Diagonalen *bd* und *ce* nebst den dreien Seiten *bc*, *de* und *be* gegeben sind. Die noch Uebrige *cd* wird durch den zweiten Lehrsatz gefunden, und daraus *ca* als die Sehne der Ergänzung zum Halbkreise, oder des ganzen Bogens *abc*, welche gesucht wurde. Da bisher die Sehnen von drei, anderthalb und dreiviertel Graden gefunden sind, so könnte man ferner für die Zwischenräume durch sehr genaue Rechnung ein Verzeichniss zu Stande bringen. Demnach ist man wegen der Sehnen jener Theile nicht mit Unrecht im Zweifel, ob man nach Graden aufsteigen und einen zum andern hinzufügen soll, oder nach halben Graden, oder nach einer andern Regel, weil die feinen Berechnungen, durch welche sie abgeleitet werden könnten, uns im Stiche lassen. Nichts jedoch hindert, dieses auf einem andern Wege, frei von jedem wahrnehmbaren oder der erhaltenen Zahl im geringsten widersprechenden Fehler, zu erlangen. Und dieses hat auch Ptolemäus in Betreff der Sehnen eines und eines halben Grades gesucht, wodurch er uns zuerst angeregt hat.[48])



Sechster Lehrsatz.

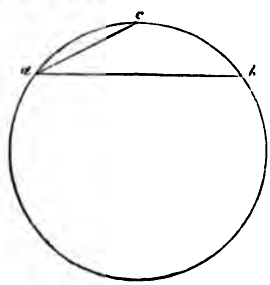
Das Verhältniss eines grösseren zu einem kleineren Bogen ist grösser, als das der entprechenden Sehnen. *ab* und *bc* seien zwei ungleiche, zusammenhängende Bogen in einem Kreise, *bc* aber der grössere, so behaupte ich,



dass *bc: ab* ein grösseres Verhältniss sei, als das der Sehnen *bc: ab*, welche den Winkel *b* bilden, welcher durch die Linie *bd* halbirt wird. Wir ziehen *ac*, welche *bd* in *e* schneidet. Ebenso ziehen wir *ad* und *cd*, welche gleich sind, weil sie Sehnen gleicher Bogen sind. Da nun in dem Dreiecke *abc* die Linie *ac*, welche den Winkel halbirt, in *e* schneidet, so verhalten sich die Abschnitte der Basis *ec: ae* wie *bc: ab*, und weil *bc* grösser als *ab*, so ist auch *ec* grösser als *ae*. Nun möge *df* senkrecht gegen *ac* gezogen werden, diese halbirt *ac* in *f*, welcher Punkt in dem grösseren Abschnitte *ec* liegen muss. Und da in jedem Dreiecke dem grösseren Winkel auch die grössere Seite gegenüberliegt, so ist im Dreiecke *def* die Seite *de* grösser als *df*, und *ad* grösser als *de*, weswegen der um den Mittelpunkt *d* mit dem Radius *de* beschriebene Bogen *ad* schneidet und *df* überschreitet. Er schneide *ad* in *h*, und werde bis zur Graden *dfi* verlängert. Da nun der Sector *edi* grösser als das Dreieck *edf*, aber das Dreieck *dea* grösser als der Sector *deh* ist, so hat Dreieck *def* zu Dreieck *dea* ein kleineres Verhältniss, als Sector *dei* zu Sector *deh*. Und da die Sectoren den Bogen oder den Centriwinkeln, die Dreiecke von denselben Scheitelpunkten aber ihren Basen proportional sind, so ist das Verhältniss der Winkel *edf* zu *ade* grösser, als dasjenige der Basen *ef* zu *ae*. Folglich ist auch das Verhältniss des summirten Winkels *fda* zu *ade* grösser, als *af* zu *ae*. Und auf dieselbe Weise ist Winkel *cda* zu *ade* grösser, als *ac* zu *ae*, oder durch Subtraction Winkel *cde* zu *eda* grösser, als *ce* zu *ea*. Es verhalten sich aber die Winkel *cde* zu *eda* wie die Bogen *cb* zu *ab*, die Basis *ce* zu *ae* dagegen wie die Sehnen *cb* zu *ab*. Folglich ist das Verhältniss der Bogen *cb* zu *ab* grösser, als dasjenige der Sehnen *bc* zu *ab*, was zu beweisen war.

Aufgabe.

Weil aber der Bogen immer grösser ist, als seine Sehne, indem die Grade der kürzeste Weg zwischen zweien Punkten ist; diese Ungleichheit aber beim Uebergange von den grösseren zu den kleineren Abschnitten des Kreises zur Gleichheit convergirt, so dass endlich bei der Berührung mit dem Kreise die grade mit der krummen Linie gleichzeitig verschwindet: so



ist nothwendig, dass sie sich vorher durch eine merkliche Differenz von einander unterscheiden. Es sei nämlich z. B. *ab* ein Bogen von drei Graden, und *ac* ein solcher von anderthalb Graden, so ist bewiesen, dass die Sehne *ab* 5235 Theile enthält, wenn der Durchmesser deren 200000 zählt, und *ac* gleich 2618 solcher Theile ist. Und während das Verhältniss der Bogen *ab* zu *ac* gleich 2 zu 1 ist, ist dagegen die Sehne *ab* weniger als das doppelte von *ac*, indem sie nur um 2617 Theile grösser ist, als jene. Wenn wir aber den Bogen *ab* zu anderthalb und *ac* zu dreiviertel Graden annehmen: so haben wir die Sehne *ab* gleich 2618 und *ac* gleich 1309 Theilen, und obgleich die Sehne *ac* grösser als $^1/_2$ *ab* sein muss, so scheint sie doch von der Hälfte sich nicht zu unterscheiden, sondern das Verhältniss der Bogen erscheint schon als dasselbe, wie dasjenige der Sehnen. Da wir also dahin gelangt zu sein scheinen, wo der Unterschied der graden und krummen Linie der Merklichkeit sich entzieht, gleichsam als ob beide nur eine Linie wären, so zweifeln wir nicht, dass sich die Sehnen, — für dreiviertel Grade gleich 1309, — in gleichem Verhältnisse einem Grade und den übrigen Theilen anschliessen, so dass, wenn wir den drei Theilen ein Viertel hinzufügen, wir einen Grad gleich 1745, einen halben Grad gleich 872$^1/_2$ Theilen, und einen drittel Grad gleich 582 Theilen setzen. Ich halte es aber für hinreichend, wenn wir nur die halben Sehnen der doppelten Bogen in das Verzeichniss aufnehmen, durch welche Abkürzung wir Dasjenige im Quadranten zusammenfassen, was für den Halbkreis ausgeführt werden müsste. Und dies zwar um so eher, als im Gebrauche häufiger die halben, als die ganzen Sehnen in der Entwicklung und Rechnung vorkommen. Wir haben aber ein um Sechstel-Grade fortschreitendes und drei Abtheilungen enthaltendes Verzeichniss angefertigt. In der ersten Abtheilung stehen die Grade oder Bogentheile und ihre Sechstel, die zweite Abtheilung enthält die Zahlen der halben Sehnen der doppelten Bogen, die dritte Abtheilung giebt die Differenzen dieser Zahlen, welche zwischen den einzelnen Graden liegen, und aus welchen man Dasjenige proportional berechnen kann, was den einzelnen Theilchen der Grade entspricht. Die Tafel ist nun folgende.

VERZEICHNISS DER SEHNEN IM KREISE.

Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.
0	10	291	291	6	10	10742	289	12	10	21076	284
0	20	582	291	6	20	11031	289	12	20	21360	284
0	30	873	290	6	30	11320	289	12	30	21644	284
0	40	1163	291	6	40	11609	289	12	40	21928	284
0	50	1454	291	6	50	11898	289	12	50	22212	283
1	0	1745	291	7	0	12187	289	13	0	22495	283
1	10	2036	291	7	10	12476	288	13	10	22778	284
1	20	2327	290	7	20	12764	289	13	20	23062	282
1	30	2617	291	7	30	13053	288	13	30	23344	283
1	40	2908	291	7	40	13341	288	13	40	23627	283
1	50	3199	291	7	50	13629	288	13	50	23910	282
2	0	3490	291	8	0	13917	288	14	0	24192	282
2	10	3781	290	8	10	14205	288	14	10	24474	282
2	20	4071	291	8	20	14493	288	14	20	24756	282
2	30	4362	291	8	30	14781	288	14	30	25038	281
2	40	4653	290	8	40	15069	287	14	40	25319	282
2	50	4943	291	8	50	15356	287	14	50	25601	281
3	0	5234	290	9	0	15643	288	15	0	25882	281
3	10	5524	290	9	10	15931	287	15	10	26163	280
3	20	5814	291	9	20	16218	287	15	20	26443	281
3	30	6105	290	9	30	16505	287	15	30	26724	280
3	40	6395	290	9	40	16792	286	15	40	27004	280
3	50	6685	290	9	50	17078	287	15	50	27284	280
4	0	6975	290	10	0	17365	286	16	0	27564	279
4	10	7265	290	10	10	17651	286	16	10	27843	279
4	20	7555	290	10	20	17937	286	16	20	28122	279
4	30	7845	290	10	30	18223	286	16	30	28401	279
4	40	8135	290	10	40	18509	286	16	40	28680	279
4	50	8425	290	10	50	18795	286	16	50	28959	278
5	0	8715	290	11	0	19081	285	17	0	29237	278
5	10	9005	290	11	10	19366	286	17	10	29515	278
5	20	9295	290	11	20	19652	285	17	20	29793	278
5	30	9585	289	11	30	19937	285	17	30	30071	277
5	40	9874	290	11	40	20222	285	17	40	30348	277
5	50	10164	289	11	50	20507	284	17	50	30625	277
6	0	10453	289	12	0	20791	285	18	0	30902	276

VERZEICHNISS DER SEHNEN IM KREISE.

Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.
18	10	31178	276	24	10	40939	265	30	10	50252	251
18	20	31454	276	24	20	41204	265	30	20	50503	251
18	30	31730	276	24	30	41469	265	30	30	50754	250
18	40	32006	276	24	40	41734	264	30	40	51004	250
18	50	32282	275	24	50	41998	264	30	50	51254	250
19	0	32557	275	25	0	42262	263	31	0	51504	249
19	10	32832	274	25	10	42525	263	31	10	51753	249
19	20	33106	275	25	20	42788	263	31	20	52002	248
19	30	33381	274	25	30	43051	262	31	30	52250	248
19	40	33655	274	25	40	43313	262	31	40	52498	247
19	50	33929	273	25	50	43575	262	31	50	52745	247
20	0	34202	273	26	0	43837	261	32	0	52992	246
20	10	34475	273	26	10	44098	261	32	10	53238	246
20	20	34748	273	26	20	44359	261	32	20	53484	246
20	30	35021	272	26	30	44620	260	32	30	53730	245
20	40	35293	272	26	40	44880	260	32	40	53975	245
20	50	35565	272	26	50	45140	259	32	50	54220	244
21	0	35837	271	27	0	45399	259	33	0	54464	244
21	10	36108	271	27	10	45658	259	33	10	54708	243
21	20	36379	271	27	20	45917	258	33	20	54951	243
21	30	36650	270	27	30	46175	258	33	30	55194	242
21	40	36920	270	27	40	46433	257	33	40	55436	242
21	50	37190	270	27	50	46690	257	33	50	55678	241
22	0	37460	270	28	0	46947	257	34	0	55919	241
22	10	37730	269	28	10	47204	256	34	10	56160	240
22	20	37999	269	28	20	47460	256	34	20	56400	241
22	30	38268	269	28	30	47716	255	34	30	56641	239
22	40	38537	268	28	40	47971	255	34	40	56880	239
22	50	38805	268	28	50	48226	255	34	50	57119	239
23	0	39073	268	29	0	48481	254	35	0	57358	238
23	10	39341	267	29	10	48735	254	35	10	57596	237
23	20	39608	267	29	20	48989	253	35	20	57833	237
23	30	39875	266	29	30	49242	253	35	30	58070	237
23	40	40141	267	29	40	49495	253	35	40	58307	236
23	50	40408	266	29	50	49748	252	35	50	58543	236
24	0	40674	265	30	0	50000	252	36	0	58779	235

VERZEICHNISS DER SEHNEN IM KREISE.

Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.
36	10	59014	234	42	10	67129	215	48	10	74508	194
36	20	59248	234	42	20	67344	215	48	20	74702	194
36	30	59482	234	42	30	67559	214	48	30	74896	194
36	40	59716	233	42	40	67773	214	48	40	75088	192
36	50	59949	232	42	50	67987	213	48	50	75280	191
37	0	60181	232	43	0	68200	212	49	0	75471	190
37	10	60413	232	43	10	68412	212	49	10	75661	190
37	20	60645	231	43	20	68624	211	49	20	75851	189
37	30	60876	231	43	30	68835	211	49	30	76040	189
37	40	61107	230	43	40	69046	210	49	40	76299	188
37	50	61337	229	43	50	69256	210	49	50	76417	187
38	0	61566	229	44	0	69466	209	50	0	76604	187
38	10	61795	229	44	10	69675	208	50	10	76791	186
38	20	62024	227	44	20	69883	208	50	20	76977	185
38	30	62251	228	44	30	70091	207	50	30	77162	185
38	40	62479	227	44	40	70298	207	50	40	77347	184
38	50	62706	226	44	50	70505	206	50	50	77531	184
39	0	62932	226	45	0	70711	205	51	0	77715	182
39	10	63158	225	45	10	70916	205	51	10	77897	182
39	20	63383	225	45	20	71121	204	51	20	78079	182
39	30	63608	224	45	30	71325	204	51	30	78261	181
39	40	63832	224	45	40	71529	203	51	40	78442	180
39	50	64056	223	45	50	71732	202	51	50	78622	179
40	0	64279	222	46	0	71934	202	52	0	78801	179
40	10	64501	222	46	10	72136	201	52	10	78980	178
40	20	64723	222	46	20	72337	200	52	20	79158	177
40	30	64945	221	46	30	72537	200	52	30	79335	177
40	40	65166	220	46	40	72737	199	52	40	79512	176
40	50	65386	220	46	50	72936	199	52	50	79688	176
41	0	65606	219	47	0	73135	198	53	0	79864	174
41	10	65825	219	47	10	73333	198	53	10	80038	174
41	20	66044	218	47	20	73531	197	53	20	80212	174
41	30	66262	218	47	30	73728	196	53	30	80386	172
41	40	66480	217	47	40	73924	195	53	40	80558	172
41	50	66697	216	47	50	74119	195	53	50	80730	172
42	0	66913	216	48	0	74314	194	54	0	80902	170

VERZEICHNISS DER SEHNEN IM KREISE.

Bogen		Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen		Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen		Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.
Grad	Min.			Grad	Min.			Grad	Min.		
54	10	81072	170	60	10	86747	145	66	10	91472	118
54	20	81242	169	60	20	86892	144	66	20	91590	116
54	30	81411	169	60	30	87036	142	66	30	91706	116
54	40	81580	168	60	40	87178	142	66	40	91822	114
54	50	81748	167	60	50	87320	142	66	50	91936	114
55	0	81915	167	61	0	87462	141	67	0	92050	114
55	10	82082	166	61	10	87603	140	67	10	92164	112
55	20	82248	165	61	20	87743	139	67	20	92276	112
55	30	82413	164	61	30	87882	138	67	30	92388	111
55	40	82577	164	61	40	88020	138	67	40	92499	110
55	50	82741	163	61	50	88158	137	67	50	92609	109
56	0	82904	162	62	0	88295	136	68	0	92718	109
56	10	83066	162	62	10	88431	135	68	10	92827	108
56	20	83228	161	62	20	88566	135	68	20	92935	107
56	30	83389	160	62	30	88701	134	68	30	93042	106
56	40	83549	159	62	40	88835	133	68	40	93148	105
56	50	83708	159	62	50	88968	133	68	50	93253	105
57	0	83867	158	63	0	89101	131	69	0	93358	104
57	10	84025	157	63	10	89232	131	69	10	93462	103
57	20	84182	157	63	20	89363	130	69	20	93565	102
57	30	84339	156	63	30	89493	129	69	30	93667	102
57	40	84495	155	63	40	89622	129	69	40	93769	101
57	50	84650	155	63	50	89751	128	69	50	93870	99
58	0	84805	154	64	0	89879	127	70	0	93969	99
58	10	84959	153	64	10	90006	127	70	10	94068	99
58	20	85112	152	64	20	90133	125	70	20	94167	97
58	30	85264	151	64	30	90258	125	70	30	94264	97
58	40	85415	151	64	40	90383	124	70	40	94361	96
58	50	85566	151	64	50	90507	124	70	50	94457	95
59	0	85717	149	65	0	90631	122	71	0	94552	94
59	10	85866	149	65	10	90753	122	71	10	94646	93
59	20	86015	148	65	20	90875	121	71	20	94739	93
59	30	86163	147	65	30	90996	120	71	30	94832	92
59	40	86310	147	65	40	91116	119	71	40	94924	91
59	50	86457	145	65	50	91235	119	71	50	95015	90
60	0	86602	145	66	0	91354	118	72	0	95105	90

VERZEICHNISS DER SEHNEN IM KREISE

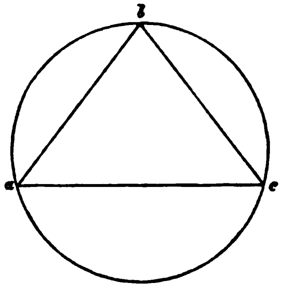
Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.	Bogen Grad	Bogen Min.	Halbe Sehne des doppelten Bogens	Diff.
72	10	95195	89	78	10	97875	59	84	10	99482	29
72	20	95284	88	78	20	97934	58	84	20	99511	28
72	30	95372	87	78	30	97992	58	84	30	99539	28
72	40	95459	86	78	40	98050	57	84	40	99567	27
72	50	95545	85	78	50	98107	56	84	50	99594	26
73	0	95630	85	79	0	98163	55	85	0	99620	24
73	10	95715	84	79	10	98218	54	85	10	99644	24
73	20	95799	83	79	20	98272	53	85	20	99668	24
73	30	95882	82	79	30	98325	53	85	30	99692	22
73	40	95964	81	79	40	98378	52	85	40	99714	22
73	50	96045	81	79	50	98430	51	85	50	99736	20
74	0	96126	80	80	0	98481	50	86	0	99756	20
74	10	96206	79	80	10	98531	49	86	10	99776	19
74	20	96285	78	80	20	98580	49	86	20	99795	18
74	30	96363	77	80	30	98629	47	86	30	99813	17
74	40	96440	77	80	40	98676	47	86	40	99830	17
74	50	96517	75	80	50	98723	46	86	50	99847	16
75	0	96592	75	81	0	98769	45	87	0	99863	15
75	10	96667	75	81	10	98814	44	87	10	99878	14
75	20	96742	73	81	20	98858	44	87	20	99892	13
75	30	96815	72	81	30	98902	42	87	30	99905	12
75	40	96887	72	81	40	98944	42	87	40	99917	11
75	50	96959	71	81	50	98986	41	87	50	99928	11
76	0	97030	69	82	0	99027	40	88	0	99939	10
76	10	97099	70	82	10	99067	39	88	10	99949	9
76	20	97169	68	82	20	99106	38	88	20	99958	8
76	30	97237	67	82	30	99144	38	88	30	99966	7
76	40	97304	67	82	40	99182	37	88	40	99973	6
76	50	97371	66	82	50	99219	36	88	50	99979	6
77	0	97437	65	83	0	99255	35	89	0	99985	4
77	10	97502	64	83	10	99290	34	89	10	99989	4
77	20	97566	64	83	20	99324	33	89	20	99993	3
77	30	97630	62	83	30	99357	32	89	30	99996	2
77	40	97692	62	83	40	99389	32	89	40	99998	1
77	50	97754	61	83	50	99421	31	89	50	99999	1
78	0	97815	60	84	0	99452	30	90	0	100000	0

Capitel 13.

Ueber die Seiten und Winkel der ebenen gradlinigen Dreiecke.

1.

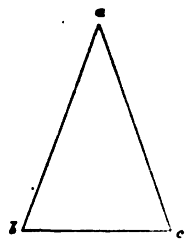
Wenn die Winkel eines Dreiecks gegeben sind: so ergeben sich die Seiten. Sei nämlich das Dreieck *abc*, um welches nach der fünften Aufgabe des 4ten Buches von Euklid, ein Kreis beschrieben wird. Es werden also auch die Bogen *ab*, *bc*, *ca* so gegeben sein, dass 360 Theile zweien Rechten gleich sind.[49]) Wenn aber die Bogen bekannt sind, so ergeben sich auch die Seiten des inbeschriebenen Dreiecks, als die Sehnen, aus dem gegebenen Verzeichnisse in Theilen. von denen 200000 auf den Durchmesser kommen.[50])



2.

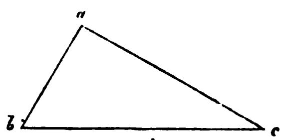
Wenn aber irgend ein Winkel nebst zweien Seiten des Dreiecks gegeben ist: so ergiebt sich auch die dritte Seite nebst den übrigen Winkeln. Entweder sind nämlich die gegebenen Seiten einander gleich oder ungleich. Der gegebene Winkel ist aber entweder ein rechter oder ein spitzer oder ein stumpfer; und die gegebenen Seiten schliessen entweder den gegebenen Winkel ein oder nicht.

Seien also erstlich in dem Dreiecke *abc* die beiden gegebenen Seiten *ab* und *ac* gleich und schliessen sie den gegebenen Winkel *a* ein. Dann sind die übrigen Winkel an der Basis *bc*, weil sie gleich sind, als die Hälfte der Differenz von zweien Rechten und *a*, auch gegeben. Und wenn ein Winkel an der Basis ursprünglich gegeben ist: so ergiebt sich sogleich der ihm gleiche, und aus diesen der Rest von zweien Rechten. Aber die Seiten eines Dreiecks von gegebenen Winkeln sind bekannt, es ist also die Basis *bc* bekannt, und zwar nach dem Verzeichnisse in Theilen, von denen *ab* oder *ac* als Radien 100000, oder der Durchmesser 200000 Theile betragen.



3.

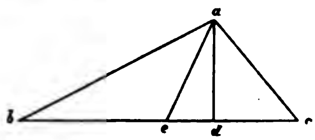
Wenn der Winkel *bac* als rechter nebst seinen einschliessenden Seiten gegeben ist, so ergiebt sich dasselbe. Weil es bekannt ist, dass die Quadrate von *ab* und *ac* gleich sind dem von der Basis *bc:* so ergiebt sich also *bc* seiner Länge nach, und umgekehrt die Seiten selbst nach ihrem Verhältnisse. Der Kreisabschnitt aber, welcher das rechtwinklige Dreieck enthält, ist ein Halbkreis, dessen Durchmesser die Basis *bc* ist. Wird daher *bc* in 200000 Theile ge-



theilt: so ergeben sich ***ab*** und ***ac*** als die Sehnen der beiden andern Winkel ***b*** und ***c***, welche nun die Einrichtung des Verzeichnisses in Theilen, von denen 180 gleich zweien Rechten sind, nachweist. Dasselbe wird sich ergeben, wenn ***bc*** nebst einer der den rechten Winkel einschliessenden Seiten gegeben ist, was mir hinreichend klar zu sein scheint.

4.

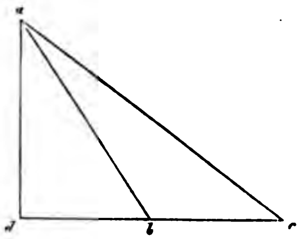
Wenn der spitze Winkel ***abc*** nebst den ihn einschliessenden Seiten ***ab*** und ***bc*** gegeben ist: so fälle man von ***a*** aus ein Perpendikel auf ***bc***, oder,



wenn es nöthig ist, auf deren Verlängerung, je nachdem es innerhalb oder ausserhalb des Dreiecks fällt, dieses sei ***ad***. Durch dasselbe werden zwei rechtwinklige Dreiecke ***abd*** und ***adc*** unterschieden; und weil in ***abd*** die Winkel gegeben sind, nämlich ***d*** als Rechter und ***b*** nach der Voraussetzung: so ergeben sich ***ad*** und ***bd*** als Sehnen der Winkel ***a*** und ***b*** in Theilen, von denen ***ab*** als Durchmesser des Kreises 200000 enthält, nach dem Verzeichnisse. Und auf dieselbe Weise, wie ***ab***, ***ad*** und ***bd*** der Länge nach gegeben sind, ergiebt sich auch ***cd***, als die Differenz von ***bc*** und ***bd***. Folglich ergiebt sich, aus den bekannten Seiten ***ad*** und ***cd*** des rechtwinkligen Dreiecks ***adc***, auch die gesuchte Seite ***ac*** und der Winkel ***acd*** nach der obigen Entwickelung.

5.

Nicht anders wird es sich gestalten, wenn der Winkel ***b*** ein stumpfer ist, indem das Loth ***ad*** von ***a*** auf die Verlängerung von ***bc*** ein Dreieck



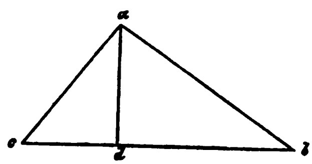
abd von bekannten Winkeln bildet. Denn der Aussenwinkel ***abd*** ist durch ***abc***, und ***d*** als Rechter bekannt; es ergeben sich also ***bd*** und ***ad*** in Theilen, von denen ***ab*** 200000 enthält. Und weil ***ba*** und ***bc*** zu einander ein gegebenes Verhältniss haben: so ergiebt sich auch ***bc*** in denselben Theilen wie ***bd***, und folglich auch die ganze Linie ***cbd***. Da nun auch in dem rechtwinkligen Dreiecke ***adc*** zwei Seiten ***ad*** und ***cd*** gegeben sind: so ergiebt sich auch die gesuchte ***ac*** und der Winkel ***bac*** nebst dem andern ***acb***, was verlangt war.

6.

Wenn eine von den gegebenen Seiten ***ac*** und ***ab*** dem gegebenen Winkel ***b*** gegenüberliegt: so ergiebt sich aus dem Verzeichnisse ***ac*** in Theilen, von denen der Durchmesser des das Dreieck ***abc*** umschreibenden Kreises 200000 enthält; und da das Verhältniss von ***ab*** zu ***ac*** gegeben ist: so ergiebt sich ***ab*** in denselben Theilen, folglich aus dem Verzeichnisse der Winkel ***acb*** nebst dem andern ***bac***, aus welchem wiederum ***bc*** als Sehne sich ergiebt, und hierdurch sind sie nach jedem beliebigen Maassstabe gegeben.

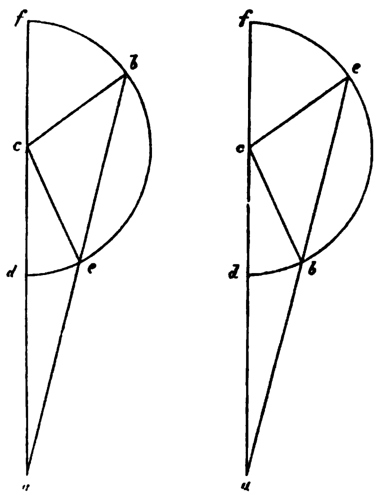
7.

Wenn alle Seiten eines Dreiecks gegeben sind: so ergeben sich die Winkel. Von dem gleichseitigen Dreiecke ist es zu bekannt, als dass es hervorgehoben zu werden brauchte, dass seine einzelnen Winkel den dritten Theil von zweien Rechten betragen. In dem gleichschenkligen Dreiecke ist es auch klar; denn die gleichen Seiten verhalten sich zur dritten, wie die Hälfte des Durchmessers zu der Sehne des Bogens, woraus der von den gleichen Seiten eingeschlossene Winkel sich aus dem Verzeichnisse in Theilen ergiebt, von denen 360 um den Mittelpunkt herum vier Rechten gleich sind. Demnächst ergeben sich die übrigen Winkel an der Basis, als die Hälften des Restes von zweien Rechten. Es ist also nun noch übrig, dasselbe von den ungleichseitigen Dreiecken zu beweisen, die wir wieder in rechtwinklige zerlegen. Es sei also *abc* ein ungleichseitiges Dreieck von gegebenen Seiten, und auf die längste Seite z. B. *bc*, ein Loth *ad* gefällt. Der 13te Satz des zweiten Buches von Euklid sagt uns aber, dass das Quadrat der Seite *ab*, welche einem spitzen Winkel gegenüberliegt, um das doppelte Rechteck von *bc* und *cd* kleiner sei, als die Summe der Quadrate der beiden andern Seiten.



Der Winkel *c* muss aber ein spitzer sein, sonst wäre *ab* gegen die Voraussetzung die längste Seite, was aus dem 17ten Satze des ersten Buches von Euklid und den beiden folgenden Sätzen ersehen werden kann. Es ergeben sich also *bd* und *dc*, und von den rechtwinkligen Dreiecken *abd* und *adc* sind die Seiten und Winkel bekannt, wie das schon öfters wiederholt ist, wodurch denn auch die gesuchten Winkel des Dreiecks *abc* sich ergeben.

Oder. Dasselbe wird aus dem vorletzten Satze des dritten Buches von Euklid, vielleicht für uns bequemer, sich ableiten lassen. Wenn wir mit der kürzeren Seite *bc* als Radius, um den Mittelpunkt *c*, einen Kreis beschreiben: so schneidet derselbe entweder die beiden andern Seiten oder bloss eine von ihnen. Zunächst schneide der Kreis beide: *ab* in *e*, *ac* in *d*. Wir verlängern *adc* nach *f* um den Durchmesser *dcf* zu vervollständigen. Nach dieser Construction ist aus jenem Satze von Euklid[51]) klar, dass das Rechteck von *fad*[52]) gleich sei dem Rechtecke von *bae*, indem jedes von Beiden gleich ist dem Quadrate der Tangente von *a* aus an den Kreis. Die ganze Linie *af* ist aber gegeben, weil alle ihre Stücke gegeben sind; denn *cf* und *cd* sind gleich *bc* als Radien eines Kreises,



und *ad* ist die Differenz von *ca* und *cd*. Deshalb ist auch das Rechteck von *bae* gegeben und folglich auch *ae* seiner Länge nach[53]), und der Rest *be*, die Sehne des Bogens *be*. Wenn wir *ec* ziehen: so haben wir ein gleichschenkliges Dreieck *bce* von gegebenen Seiten. Daraus ergiebt sich der Winkel *ebc* und dadurch werden auch in dem Dreiecke *abc* die übrigen Winkel *c* und *a* nach dem Früheren gefunden. Schneidet aber der Kreis, *ab* nicht, wie in der andern Figur, wo *ab* auf den convexen Bogen trifft: so ist *be* nichtsdestoweniger gegeben, und in dem gleichschenkligen Dreiecke *bce* ist der Winkel *cbe*, wie auch der Aussenwinkel *abc* bekannt, und auf dieselbe Weise, wie vorhin, ergeben sich sofort die übrigen Winkel. Und dies mag für die gradlinigen Dreiecke hinreichen, worauf ein grosser Theil der Geodäsie beruht. Wir wenden uns nun zu den sphärischen Dreiecken.

Capitel 14.

Ueber die sphärischen Dreiecke.

Wir nehmen hier dasjenige convexe Dreieck, welches auf einer Kugeloberfläche von dreien Bogen grösster Kreise eingeschlossen wird; die Differenz und Grösse der Winkel aber auf dem Bogen des grössten Kreises, welcher von dem Schnittpunkte als von einem Pole aus beschrieben wird, und welchen Bogen die Quadranten der den Winkel bildenden Kreise einschliessen. Denn wie der so eingeschlossene Bogen zur ganzen Peripherie: so verhält sich der Winkel am Schnittpunkte zu vier Rechten, welche, wie wir gesagt haben, 360 gleiche Theile enthalten.

1.

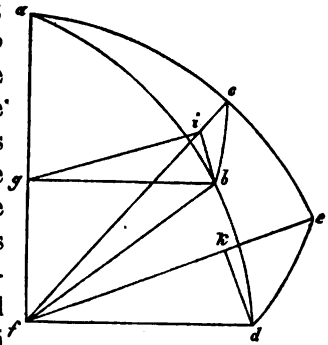
Aus dreien Bogen grösster Kreise einer Kugel, von denen zwei beliebige zusammengenommen grösser sind, als der dritte, kann offenbar ein sphärisches Dreieck zusammengesetzt werden. Denn was hier von den Bogen behauptet wird, beweist der 23ste Satz des elften Buches des Euklid von den Winkeln[54]), da das Verhältniss der Winkel und der Bogen dasselbe ist, und grösste Kreise solche sind, welche durch den Mittelpunkt der Kugel gehen: so ist klar, dass jene drei Kreissectoren, von denen jene Bogen sind, am Mittelpunkte der Kugel eine Ecke bilden. Es ist also sicher, was behauptet ist.

2.

Jeder Bogen eines Dreiecks muss kleiner sein, als ein Halbkreis. Denn ein Halbkreis bildet am Mittelpunkte keinen Winkel, sondern projicirt sich als grade Linie. Aber die beiden übrigen Winkel, zu denen die Bogen gehören, können am Mittelpunkte keine Ecke einschliessen, also auch kein sphärisches Dreieck. Und dies ist, wie ich glaube, die Ursache gewesen, warum Ptolemäus bei der Untersuchung dieser Art von Dreiecken besonders an der Figur des Kugelsectors beweist, dass Bogen, die grösser als Halbkreise angenommen werden, nicht existiren.

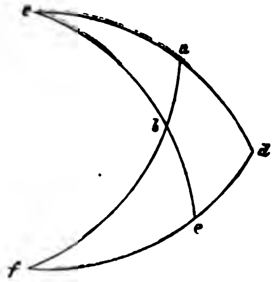
3.

In sphärischen Dreiecken, die einen rechten Winkel enthalten, verhält sich die Sehne der doppelten Seite, welche dem rechten Winkel gegenüberliegt, zur Sehne des Doppelten einer von den beiden den rechten Winkel Einschliessenden, wie der Durchmesser der Kugel, zu der Sehne des doppelten Winkels, welcher von der übrigen und der ersten Seite auf dem grössten Kreise der Kugel eingeschlossen ist. Denn es sei *abc* ein sphärisches Dreieck, dessen Winkel *c* ein rechter sei; und ich behaupte, die Sehne des doppelten *ab* verhält sich zu der Sehne des doppelten *bc*, wie der Durchmesser der Kugel zu der Sehne, welche im grössten Kreise dem Doppelten des Winkels *bac* angehört. Man nehme *a* als Pol, beschreibe den Bogen des grössten Kreises *de* und vollende die Quadranten der Kreise *abd* und *ace* und aus dem Mittelpunkte der Kugel *f* ziehe man den gemeinschaftlichen Schnitt *fa* der Kreise *abd* und *ace*, derjenige aber der Kreise *ace* und *de* sei *fe*, und *fd* der von *abd* und *de*. Ausserdem noch *fc* von den Kreisen *ac* und *bc*. Darauf werden *bg* rechtwinklig gegen *fa*, *bi* gegen *fc*, und *dk* gegen *fe* gezogen und *gi* verbunden. Weil nun zwei Kreise, wenn sie gegenseitig durch ihre Pole gehen, sich rechtwinklig schneiden: so wird der Winkel *aed* ein rechter sein; *acb* ist aber ein Rechter nach der Voraussetzung, und folglich steht jede von den beiden Ebenen *edf* und *bcf* senkrecht auf *aef*. Deswegen, wenn auf der gemeinschaftlichen Schnittlinie *fke* in der Grundebene (*afe*) ein Loth errichtet wird, so schliesst dasselbe mit *kd* einen rechten Winkel ein, nach der Definition der rechtwinkligen Ebenen. Deshalb steht auch *kd* nach dem 4ten Satze des elften Buches Euklid's auf *aef* senkrecht. Aus demselben Grunde steht auch *bi* senkrecht auf derselben Ebene, und deshalb sind *dk* und *bi* einander parallel nach dem sechsten Satze desselben Buches. Aber auch *gb* ist parallel *fd*, weil *fgb* und *gfd* rechte Winkel sind; und folglich ist nach dem zehnten Satze des elften Buches Euklid's der Winkel *fdk* gleich *gbi*. Da aber Winkel *fkd* ein rechter ist, so ist es auch *gib* nach der Definition des Perpendikels. Nun sind die Seiten ähnlicher Dreiecke proportional und also *df* zu *bg* wie *dk* zu *bi*. Aber *bi* ist die Hälfte der Sehnen des doppelten Bogens *bc*, weil *bi* auf der aus dem Mittelpunkte *f* gezogenen Linie senkrecht steht, und aus demselben Grunde ist *bg* die Hälfte der Sehne der doppelten Seite *ba*, und *dk* die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens *de* oder des doppelten Winkels *a*, und *df* die Hälfte des Durchmessers der Kugel. Also ist offenbar, dass die Sehne der doppelten Seite *ab* zur Sehne der doppelten *bc* sich verhält, wie der Durchmesser zu der Sehne des doppelten Winkels *a* oder des doppelten Bogens *de*; was bewiesen zu haben vortheilhaft sein wird.



4.

Wenn in einem rechtwinkligen Dreiecke noch ein Winkel und irgend eine Seite gegeben sind: so ergiebt sich auch der dritte Winkel und die beiden andern Seiten. Denn es sei *a* der rechte Winkel im Dreieck *abc*, und ausserdem irgend einer der beiden andern Winkel z. B. *b* gegeben. Wegen der gegebenen Seite machen wir einen dreifachen Unterschied. Denn entweder liegt sie den beiden gegebenen Winkeln an, wie *ab;* oder nur dem Rechten, wie *ac;* oder sie liegt dem Rechten gegenüber, wie *bc*. Es sei also zuerst *ab* die gegebene Seite, und es werde aus dem Pole *c* der Bogen eines grössten Kreises *de* beschrieben, und nachdem die Quadranten *cad* und *cbe* vollendet sind, werden *ab* und *de* verlängert, bis sie sich in *f* schneiden. Es wird also wieder in *f* der Pol des Kreises *cad* sein, weil die Winkel bei *a* und *d* rechte sind. Weil nun, wenn an einer Kugel grösste Kreise sich gegenseitig rechtwinklig schneiden, sie sich halbiren und gegenseitig durch ihre Pole gehen: so sind sowohl *abf* als auch *def* Quadranten von Kreisen; und da *ab* gegeben ist: so ist auch der Rest des Quadranten *bf* gegeben, und der Winkel *ebf* ist als Scheitelwinkel dem gegebenen *abc* gleich. Nach dem vorhergehenden Beweise aber verhält sich die Sehne der doppelten *bf* zur Sehne der doppelten *ef*, wie der Durchmesser der Kugel zu der Sehne des doppelten Winkels *ebf*. Drei dieser Grössen sind aber gegeben; der Durchmesser der Kugel, die Sehne des doppelten Bogens *bf* und des doppelten Winkels *ebf*, oder die Hälften davon. Es ergiebt sich also, nach dem 15ten Satze des sechsten Buches Euklid's, auch die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens *ef* und aus dem „Verzeichnisse" der Bogen *ef* selbst, und daraus der Rest des Quadranten *de*, oder der gesuchte Winkel *c*. Auf dieselbe Weise verhalten sich wieder die Sehnen der doppelten *de* zu *ab* wie *ebc* zu *cb* Die Sehnen von *de*, *ab* und vom Kreisquadranten *ebc* sind aber schon gegeben, es ergiebt sich also auch die vierte Sehne des doppelten *cb*, und die gesuchte Seite *cb* selbst. Da sich nun die Sehnen der doppelten *cb* zu *ca* verhalten wie *bf* : *ef*, — weil jedes von beiden Verhältnissen gleich dem des Durchmessers der Kugel zur Sehne des doppelten Winkels *cba* ist, und Verhältnisse, die einem und demselben gleich sind, auch unter sich gleich sind; — und da schon die drei *bf*, *ef* und *cb* gegeben sind: so ergiebt sich die vierte *ca* und daraus die dritte Seite *ca* des Dreiecks *abc*. Es werde nun die Seite *ac* als gegeben angenommen, und es sollen gefunden werden die Seiten *ab* und *bc* und der Winkel *c:* so wird wiederum die Sehne des doppelten Bogens *ca* zu der Sehne des doppelten *cb* dasselbe Verhältniss haben, wie die Sehne des doppelten Winkels *abc* zum Durchmesser, wodurch die Seite *cb* sich ergiebt, und aus den Quadranten der Kreise die Reste *ad* und *be*. Ebenso verhält sich die Sehne des doppelten *abf*, d. h. der Durchmesser, zu der Sehne des doppelten *bf*,



wie die Sehne des doppelten ***ad*** zu der Sehne des doppelten ***be.*** Es ergiebt sich also der Bogen ***bf***, und als Rest die Seite ***ab***. Auf ähnliche Weise, wie im Vorhergehenden, ergiebt sich aus den Sehnen der doppelten ***bc***, ***ab*** und ***fbe***, die Sehne des doppelten ***de***, oder der Winkel ***c***. Wenn ferner ***bc*** als bekannt angenommen würde: so würde sich wieder wie vorhin ***ac***, ***ad*** und ***be*** ergeben, wodurch mittelst der Sehnen und des Durchmessers, wie oft gesagt ist, der Bogen ***bf*** sich ergiebt und als Rest die Seite ***ab;*** und aus dem bekannten ***bc***, ***ab*** und ***cbe*** ergiebt sich sogleich nach dem vorhergehenden Lehrsatze der Bogen ***ed***, d. h. der Winkel ***c***, welchen wir suchten. Und so ist wiederum in dem Dreiecke ***abc***, wenn die Winkel ***a*** und ***b***, von denen ***a*** ein Rechter ist, und irgend eine der drei Seiten gegeben sind, der dritte Winkel mit den übrigen beiden Seiten gegeben, was zu beweisen war.

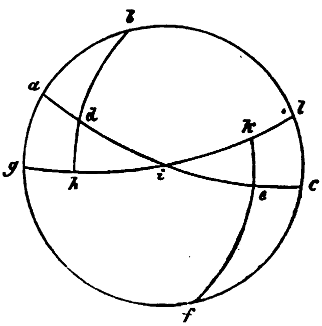
5.

Bei einem Dreiecke von gegebenen Winkeln, von denen irgend einer ein Rechter ist, ergeben sich die Seiten. Behalten wir noch die vorhergehende Figur bei, in welcher wegen des gegebenen Winkels ***c***, der Bogen ***de*** und, als Rest des Kreisquadranten, ***ef*** sich ergeben. Weil nun ***bef*** ein rechter Winkel ist, indem ***be*** von dem Pole des Kreises ***def*** herkommt, und weil der Winkel ***ebf*** Scheitelwinkel eines gegebenen ist: so sind die Winkel und Seiten des Dreiecks ***bef***, welches den rechten Winkel ***e***, den gegebenen Winkel ***b*** und die gegebene Seite ***ef*** enthält, nach dem vorhergehenden Lehrsatze bekannt; es ergiebt sich also ***bf*** und als Rest des Quadranten ***ab;*** und durch das Vorhergehende ist bewiesen, dass in dem Dreiecke ***abc*** ebenfalls die übrigen Seiten ***ac*** und ***bc*** sich ergeben.

6.

Wenn auf derselben Kugel zwei Dreiecke einen rechten, und ausserdem noch einen gleichen Winkel und eine gleiche Seite haben, mag nun Letztere dem gleichen Winkel an- oder gegenüberliegen: so sind auch die andern Seiten und der dritte Winkel beziehlich gleich.

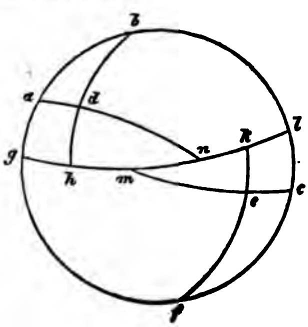
Es sei ***abc*** eine Halbkugel, auf welcher zwei Dreiecke ***abd*** und ***cef*** angenommen werden, deren Winkel ***a*** und ***c*** rechte, und ausserdem Winkel ***adb*** gleich ***cef*** und eine Seite gleich ist, und zwar zuerst eine solche, welche dem gleichen Winkel anliegt, also ***ad*** gleich ***ce***. Ich behaupte, dass auch die Seite ***ab*** gleich ***cf***, ***bd*** gleich ***ef*** und Winkel ***abd*** gleich ***cfe*** sei. Denn, nachdem ***b*** und ***f*** zu Polen genommen sind, beschreibe man die Quadranten grösster Kreise ***ghi*** und ***ikl*** und vollende ***adi*** und ***cei***, welche sich im Pole der Halbkugel schneiden müssen, der in ***i*** liegen mag, weil die Winkel bei ***a*** und ***c*** rechte sind, und weil ***ghi*** und ***cei*** durch die Pole desselben Kreises ***abc*** beschrieben sind. Da nun



ad und *ce* als gleiche Seiten angenommen sind: so werden auch die Reste *di* und *ie* gleiche Bogen sein, und die Winkel *idh* und *iek* sind gleich. denn sie sind Scheitelwinkel der als gleich angenommenen Winkel; und die Winkel bei *h* und *k* sind rechte; und da diejenigen Verhältnisse, welche einem Dritten gleich sind, auch unter sich gleich sind: so verhält sich die Sehne des Doppelten *id* zur Sehne des Doppelten *hi*, wie die Sehne des Doppelten *ei* zur Sehne des Doppelten *ik;* da jedes von diesen beiden Verhältnissen nach dem obigen 3ten Satze gleich ist dem Verhältnisse des Durchmessers der Kugel zu der Sehne des doppelten Winkels *idh*, oder zu der gleichen Sehne des doppelten Winkels *iek*. Und da die Sehne des doppelten Bogens *di* gleich ist der Sehne des Doppelten *ie:* so sind auch nach dem 14ten Satze des fünften Buches der Elemente von Euklid die Sehnen der doppelten *ik* und *ih* gleich; und da in gleichen Kreisen gleiche grade Linien gleiche Bogen abschneiden, und die Theile in dem halben Verhältnisse wie die Vielfachen stehen: so sind die einfachen Bogen *ih* und *ik* einander gleich, und also auch die Reste der Quadranten *gh* und *kl*, wodurch sich die Winkel *b* und *f* als gleiche ergeben. Weshalb auch zwischen der Sehne des doppelten *ad* und der Sehne des doppelten *bd*, oder zwischen der Sehne des doppelten *ce* und der Sehne des doppelten *bd*, dasselbe Verhältniss besteht, als zwischen der Sehne des doppelten *ec* und der Sehne des doppelten *ef*. Denn jedes von beiden Verhältnissen ist gleich demjenigen der Sehne des doppelten *hg* oder des diesem gleichen doppelten *kl*, zur Sehne des doppelten *bdh* d. h. zum Durchmesser, nach dem umgekehrten 3ten Lehrsatze, und *ad* ist gleich *ce*. Folglich ist nach dem 14ten Satze des fünften Buches der Elemente von Euklid *bd* gleich *ef* aus Gleichheit der Sehnen der doppelten Bogen. Auf dieselbe Weise werden wir aus der Gleichheit von *bd* und *ef* die Gleichheit der übrigen Seiten und Winkel beweisen. Und wiederum, wenn *ab* und *cf* als die gleichen Seiten angenommen werden, so folgen sie derselben Gleichheit in Bezug auf ihr Verhältniss.

7.

Wenn auch der eine Winkel kein rechter, und nur die den beiden gleichen Winkeln anliegende Seite einander gleich wäre: so liesse sich schon dasselbe beweisen. Wie z. B. wenn in den beiden Dreiecken *abd* und *cef* die beiden Winkel *b* und *d* den beiden Winkeln *e* und *f* beziehlich und die Seite *bd*, welche den gleichen Winkeln anliegt, der Seite *ef* gleich wäre: so behaupte ich wiederum, dass die Dreiecke selbst congruent sind. Denn nachdem wieder *b* und *f* als Pole angenommen sind, beschreibe man die Bogen grösster Kreise *gh* und *kl*. Die Verlängerungen von *ad* und *gh* mögen sich in *n* schneiden und die von *ec* und *lk* in *m*. Da nun die beiden Dreiecke *hdn* und *kme* die gleichen



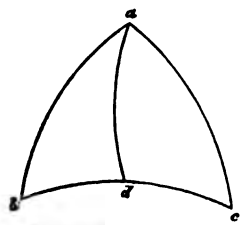
Winkel *hdn* und *kem* enthalten, welche als Scheitelwinkel von als gleich angenommenen gleich sind, und weil diejenigen bei *h* und *k* rechte sind, wegen des Schneidens am Pole: so sind auch die Seiten *dh* und *ek* gleich. Die Dreiecke haben also gleiche Winkel und gleiche Seiten nach dem vorigen Beweise. Und wiederum weil *gh* und *kl* gleiche Bogen sind, wegen der als gleich vorausgesetzten Winkel *b* und *f*: so ist der ganze Bogen *ghn* gleich dem ganzen *mkl* nach dem Grundsatze der Addition von Gleichen. Es giebt also auch hier zwei Dreiecke *agn* und *mcl*, welche eine Seite *gn* gleich einer Seite *ml* und einen Winkel *ang* gleich *cml* und die rechten *g* und *l* enthalten. Deswegen sind also auch diese Dreiecke congruent. Wenn nun Gleiches von Gleichem abgezogen wird: so bleibt *ad* gleich *ce*, *ab* gleich *cf*, und Winkel *bad* gleich dem Winkel *ecf*. Was zu beweisen war.

8.

Aber auch wenn zwei Dreiecke zwei Paar gleiche Seiten und ein Paar gleiche Winkel enthalten, mögen Letzteren die gleichen Seiten einschliessen, oder mag derselbe an der Basis liegen: so ist auch die Basis der Basis und die übrigen Winkel den übrigen Winkeln gleich. Mag in der vorhergehenden Figur die Seite *ab* gleich der Seite *cf*, und *ad* gleich *ce*, und erstens der von den gleichen Seiten eingeschlossene Winkel *a* gleich dem Winkel *c* sein. Ich behaupte, dass auch die Basis *bd* der Basis *ef*, und der Winkel *b* dem Winkel *f*, und *bda* dem *cef* gleich sei. Denn wir haben zwei Dreiecke *agn* und *clm*, deren Winkel *g* und *l* rechte, und *gan* gleich *mcl*, als Reste von Gleichen *bad* und *ecf*. Diese Dreiecke sind also, da auch *ga* gleich *lc* ist, congruent. Deshalb lassen die Gleichen *ad* und *ce* auch gleiche Reste *dn* und *me*. Es ist aber schon bewiesen, dass der Winkel *dnh* gleich dem Winkel *emk* sei und dass die Winkel bei *h* und *k* rechte sind, also sind auch die Dreiecke *dhn* und *emk* congruent, woraus sich als Reste *bd* gleich *ef*, und *gh* gleich *kl* ergeben; und hieraus folgt, dass die Winkel *b* und *f*, und also auch die Reste *adb* und *fec* einander gleich sind. Wenn aber anstatt der Seiten *ad* und *ec*, die den gleichen Winkeln gegenüberliegenden Basen *bd* und *ef* als gleich angenommen werden: so lässt es sich für die anliegenden auf dieselbe Weise beweisen, weil wir wegen der gleichen Aussenwinkel *gan* und *mcl*, und der rechten *g* und *l* und wegen der gleichen Seiten *ag* und *cl* wiederum wie früher zwei Dreiecke *agn* und *mcl* von beziehlich gleichen Seiten und Winkeln haben. Auf ähnliche Weise sind auch die Theil-Dreiecke *dnh* und *mek* congruent, weil *h* und *k* rechte, *dnh* und *kme* gleiche Winkel und *dh* und *ek* als Reste von Quadranten gleiche Seiten sind, woraus dasselbe folgt, was wir behauptet haben.

9.

Im gleichschenkligen sphärischen Dreiecke sind die Winkel an der Basis unter sich gleich. Es sei *abc* ein Dreieck, dessen beide Seiten *ab* und *ac* gleich sind, so behaupte ich, dass die Winkel an der Basis *abc* und



acb gleich sind. Durch den Scheitel *a* werde ein grösster Kreis *ad* gezogen, welcher die Basis rechtwinklig schneidet, also durch die Pole derselben geht. Da nun in den Dreiecken *abd* und *adc* die Seite *ba* gleich der Seite *ac*, und *ad* beiden gemeinschaftlich ist, und die Winkel bei *d* rechte sind: so ist nach dem vorigen Beweise klar, dass die Winkel *abc* und *acb* gleich sind, was zu beweisen war.

Zusatz.

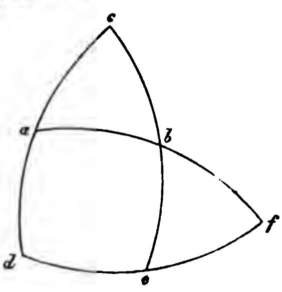
Hieraus folgt, dass der Bogen, welcher von dem Scheitel eines gleichschenkligen Dreiecks aus die Basis rechtwinklig trifft, zugleich die Basis und den von den gleichen Seiten eingeschlossenen Winkel halbirt, und umgekehrt, was aus dem eben gegebenen Beweise sich ergiebt.

10.

Irgend welche zwei Dreiecke auf derselben Kugel, haben, wenn ihre Seiten beziehlich einander gleich sind, auch einzeln beziehlich gleiche Winkel. Denn weil drei Abschnitte grösster Kreise auf beiden Seiten Pyramiden bilden, welche ihre Gipfel im Mittelpunkte der Kugel haben, deren Grundflächen aber ebene Dreiecke sind, die von den Sehnen der Bogen der sphärischen Dreiecke eingeschlossen werden, so sind auch diese Pyramiden einander ähnlich und gleich, nach der Definition gleicher und ähnlicher körperlicher Figuren. Der Grund der Aehnlichkeit liegt darin, dass sie Winkel enthalten, die auf welche Weise sie auch genommen werden mögen, einander beziehlich gleich sind; folglich enthalten auch die Dreiecke selbst einander beziehlich gleiche Winkel. Zumal Diejenigen, welche die Aehnlichkeit der Figuren allgemeiner definiren, dieselbe darin finden wollen, dass diese irgendwie übereinstimmend geneigte Ebenen und in denselben einander gleiche Winkel enthalten. Hieraus scheint mir zu erhellen, dass sphärische Dreiecke, welche beziehlich gleiche Seiten haben, ähnlich sind, wie die ebenen.

11.

Jedes Dreieck, von welchem zwei Seiten nebst irgend einem Winkel gegeben sind, wird dadurch zu einem von gegebenen Winkeln und Seiten.



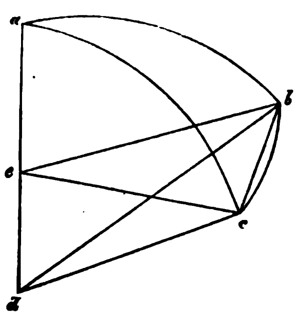
Denn wenn die gegebenen Seiten gleich wären: so würden die Winkel an der Basis gleich sein, und nachdem ein Bogen vom Scheitel gegen die Basis rechtwinklig gezogen ist, ergiebt sich leicht das Gesuchte nach dem Zusatze des neunten Satzes. Wenn aber die gegebenen Seiten ungleich wären, wie in dem Dreiecke *abc*, dessen Winkel *a* gegeben sei, nebst zweien Seiten, welche den gegebenen Winkel entweder einschliessen oder nicht einschliessen, so mögen zuerst die gegebenen Seiten *ab* und *ac* denselben einschliessen, und nachdem *c* zum Pole genommen ist, werde ein Bogen eines grössten Kreises *def* beschrieben, die Quadranten *cad* und *cbe* vollendet, und die Verlängerung von *ab* möge den Bogen *de* im Punkte *f* schneiden. So wird auch in dem Dreiecke *adf* die Seite *ad* als Rest des Quadranten durch *ac* gegeben. Auch wird der Winkel *bad* durch *cab* zu zweien Rechten ergänzt, denn es herrscht dieselbe Beziehung und Grösse der Winkel, welche durch das Schneiden grader Linien und der Ebenen gebildet werden, und *d* ist ein rechter Winkel. Folglich ist nach dem vierten Satze dieses Capitels *adf* ein Dreieck von gegebenen Winkeln und Seiten. Und wiederum ist der Winkel *f* des Dreiecks *bef* gefunden, und *e* als rechter wegen des Polschnitts, auch die Seite *bf*, um welche die ganze *abf* die *ab* übertrifft. Es wird also nach demselben Lehrsatze auch *bef* ein Dreieck von gegebenen Winkeln und Seiten sein. Hieraus ergiebt sich durch *be* auch die gesuchte Seite *bc* als Rest des Quadranten, und durch *ef* auch *de* als Rest des Ganzen *def*, dies ist der Winkel *c*, und durch den Winkel *ebf* auch der gesuchte Scheitelwinkel *abc*. Wenn anstatt *ab*, die dem gegebenen Winkel gegenüberliegende *cb* als gegeben angenommen würde: so ergiebt sich dasselbe. Denn es ergeben sich als Reste der Quadranten *ad* und *be*, und nach derselben Beweismethode zwei Dreiecke *adf* und *bef* von gegebenen Winkeln und Seiten, wie vorhin; wodurch *abc* ein Dreieck von gegebenen Seiten und Winkeln wird, was verlangt wurde.

12.

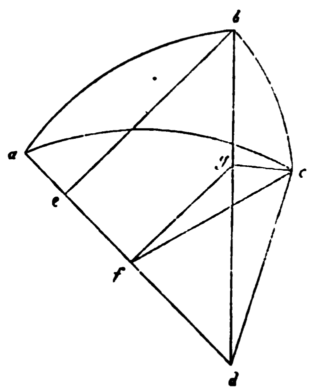
Aber auch wenn irgend welche zwei Winkel nebst irgend einer Seite gegeben sind, ergiebt sich dasselbe. Denn wenn die Construction der vorigen Figur bleibt: so mögen die beiden Winkel *acb* und *bac* nebst der, beiden Winkeln anliegenden, Seite *ac* des Dreiecks *abc* gegeben sein. Wenn nun einer der beiden Winkel ein rechter wäre: so könnten alle übrigen Stücke nach dem obigen 4ten Satze durch Rechnung gefunden werden. Hiervon wollen wir aber den Fall unterscheiden, wo die Winkel keine rechte sind. Es ist nun *ad* der Rest des Quadranten *cad*, und *bad* der Rest, wenn *bac* von zweien Rechten abgezogen wird, und *d* ist ein Rechter. Folglich ergeben sich nach dem 4ten Satze dieses Capitels, die Winkel nebst den Seiten des Dreiecks *afd*. Durch den gegebenen Winkel *c* ergiebt sich der Bogen *de* und der Rest *ef*; *bef* ist ein Rechter und *f* ist beiden Dreiecken gemeinschaftlich. Ebenso ergeben sich nach dem 4ten Satze dieses Capitels *be* und *bf*, wodurch sich die beiden andern gesuchten Seiten *ab* und *bc* herausstellen. Wenn ferner einer der beiden gegebenen Winkel der gegebenen Seite gegenüberliegt, z. B. wenn der Winkel *abc* statt *acb* gegeben wäre, während die übrigen Stücke dieselben bleiben: so stellt sich durch dieselbe Beweismethode das ganze *adf* als ein Dreieck von gegebenen Winkeln und Seiten heraus, und ebenso das Theil-Dreieck *bef*, weil im vorigen Satze bewiesen ist, dass aus dem, beiden gemeinsamen, Winkel *f*, aus dem Winkel *ebf*, welcher der Scheitelwinkel eines gegebenen ist, und aus dem rechten *e*, auch alle Seiten desselben sich ergeben. Hieraus folgt denn endlich dasselbe, was wir behauptet haben. Denn Alles dies steht immer in wechselseitigem und stetigem Zusammenhange, wie es der Form der Kugel zukommt.

13.

Endlich ergeben sich bei einem Dreiecke, dessen sämmtliche Seiten gegeben sind, auch die Winkel. Mögen in dem Dreiecke *abc* alle Seiten gegeben sein, so behaupte ich, dass auch alle Winkel gefunden werden können. Denn entweder enthält das Dreieck selbst gleiche Seiten, oder nicht. Es seien also zuerst *ab* und *ac* gleich: so ist offenbar, dass auch die Hälften der Sehnen der doppelten Seiten gleich sind. Diese mögen *be* und *ce* sein, die sich im Punkte *e* schneiden, weil ihr Abstand vom Mittelpunkte der Kugel auf dem gemeinschaftlichen Schnitte *de* der Kreise gleich ist, was sich aus der 4ten Definition des dritten Buches von Euklid und deren Umkehrung ergiebt. Aber nach der dritten Proposition desselben Buches ist der Winkel *deb* in der Ebene *abd* ein rechter,



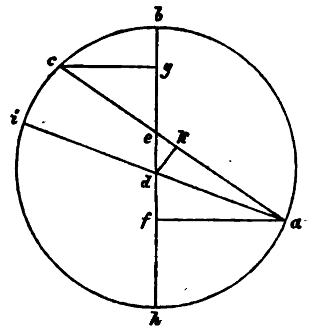
und *dec* ebenfalls in der Ebene *acd*. Daher ist der Winkel *bec* nach der 4ten Definition des elften Buches von Euklid der Neigungswinkel dieser Ebenen, welchen wir auf diese Weise finden. Denn da die Sehne *bc* eine grade Linie ist: so haben wir ein gradliniges Dreieck *bec* von gegebenen Seiten, weil ihre Bogen gegeben sind, und folglich auch von gegebenen Winkeln, und wir erhalten den gesuchten Winkel *bec*, d. h. den sphärischen *bac*, und die übrigen nach dem Früheren. Wenn aber das Dreieck ungleichseitig ist, wie in der zweiten Figur: so ist klar, dass die halben Sehnen der doppelten Bogen sich nicht treffen. Weil wenn der Bogen *ac* grösser als *ab* ist, die halbe Sehne des doppelten *ac*, also *cf*, tiefer, wenn kleiner, höher fällt, je nachdem diese graden Linien, nach dem 15ten Satze des dritten Buches von Euklid, näher oder entfernter vom Mittelpunkte treffen. Dann aber wird mit *be* eine Parallele *fg* gezogen, welche den gemeinschaftlichen Schnitt der Kreisausschnitte in *g* schneidet, und *c* mit *g* verbunden. Nun ist offenbar, dass der Winkel *efg* ein rechter ist, nämlich gleich *aeb*; und da *cf* die halbe Sehne des doppelten *ac* ist: so ist *efc* auch ein rechter Folglich ist *cfg* der Neigungswinkel der Kreise



ab und *ac*, den wir also dadurch auch finden. Denn es ist *df* zu *fg* wie *de* zu *eb*, wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke *dfg* und *deb*. Es ergiebt sich also *fg* in denselben Maasstheilen als in welchen *fc* gegeben ist. Aber in demselben Verhältnisse steht auch *dg* zu *db*, es ergiebt sich also auch *dg* in denselben Maasstheilen, in welchen *dc* gegeben ist, nämlich in 100000. Auch ist der Winkel *gdc* durch den Bogen *cb* gegeben. Es ergiebt sich also nach dem 2ten Satze der ebenen Dreiecke die Seite *gc* in denselben Maasstheilen, in welchen die übrigen Seiten des Dreiecks *gfc* gegeben sind, folglich haben wir nach dem letzten Satze der ebenen Dreiecke den Winkel *gfc*, das ist der gesuchte sphärische *bac*, und dann erhalten wir die übrigen nach dem 11ten Satze der sphärischen Dreiecke.

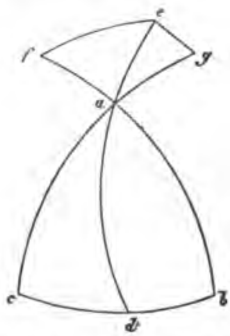
14.

Wenn ein gegebener Kreisbogen irgend wo geschnitten wird, so dass jeder von beiden Abschnitten kleiner ist, als ein Halbkreis, und das Verhältniss der halben Sehne des doppelten einen Abschnittes zur halben Sehne des doppelten andern gegeben ist: so ergeben sich auch die Bogen der Abschnitte selbst. Denn es sei der Bogen *abc*, dessen Mittelpunkt *d*, gegeben, und er werde in irgend einem Punkte *b* geschnitten und zwar so, dass die Abschnitte kleiner sind, als der Halbkreis; das Längen-Verhältniss der halben Sehne des doppelten *ab* zur halben Sehne des doppelten *bc* sei auf irgend eine Weise gegeben: so behaupte ich, dass auch die Bogen *ab* und *bc* sich ergeben. Denn man ziehe die Grade *ac*, welche den Durchmesser im Punkte *e* schneidet; von den Endpunkten *a* und *c* aber fälle man Perpendikel auf den Durchmesser, nämlich *af* und *cg*: so müssen dies die Hälften der Sehnen von den doppelten *ab* und *bc* sein. Die Winkel der rechtwinkligen Dreiecke *aef* und *ceg* am Scheitel *e* sind gleich, und deshalb sind die Dreiecke selbst gleichwinklig und ähnlich, und ihre, gleichen Winkeln gegenüberliegenden, Seiten sind proportional, z. B. *af* zu *cg* wie *ae* zu *ec*. In welchen Zahlen also *af* oder *cg* gegeben sind, in denen haben wir auch *ae* und *ec*, aus diesen ergiebt sich auch die ganze *aec* in denselben Zahlen. Aber die Sehne des Bogens *abc* ergiebt sich in Maasstheilen, in welchen der Radius *deb*, die Hälfte *ak* von *ac*, und der Rest *ek* sich ergeben. Man ziehe *da* und *dk*, welche ebenfalls in denselben Maasstheilen sich ergeben, in welchen *db*, als die halbe Sehne des Abschnittes, welcher vom Halbkreise übrig bleibt, wenn man *abc* davon abzieht, und welcher von dem Winkel *dak* umfasst wird, und folglich ergiebt sich der Winkel *adk*, welcher die Hälfte des Bogens *abc* umfasst. Aber auch in dem Dreiecke *edk*, das zwei gegebene Seiten und den rechten Winkel *ckd* enthält, ergiebt sich *edk*, und hieraus der ganze Winkel *eda*, welcher den Bogen *ab* umfasst, wodurch auch der Rest *cb* sich herausstellt, was nachzuweisen erzielt wurde.



15.

In einem Dreiecke, dessen sämmtliche Winkel, auch wenn kein rechter dabei ist, gegeben sind, ergeben sich auch alle Seiten. Es sei *abc* ein Dreieck, dessen sämmtliche Winkel gegeben sind, deren keiner ein rechter ist. Ich behaupte, dass sich auch sämmtliche Seiten desselben ergeben. Denn durch irgend einen der Winkel z. B. durch *a* und durch die Pole des Bogens *bc* construire man einen Bogen *ad*. welcher also den Bogen *bc* rechtwinklig schneidet; und *ad* selbst fällt innerhalb des Dreiecks, wenn nicht der eine der Winkel an der Basis, *b* oder *c*, ein stumpfer und der andere ein spitzer ist; ist aber dies der Fall: so ist der Kreis durch eben diesen stumpfen Winkel nach der Basis zu ziehen. Nachdem nun die Quadranten *baf*, *cag*, *dae* vollendet und *b* und *c* als Pole genommen sind, construire man die Bogen *ef* und *eg*. Die Winkel *f* und *g* sind also rechte. In den rechtwinkeligen Dreiecken wird sich also die halbe Sehne des doppelten *ae* zur halben Sehne des doppelten *ef* verhalten, wie der halbe Durchmesser der Kugel zur halben Sehne des doppelten Winkels *eaf*. Ebenso verhält sich in dem den rechten Winkel *g* enthaltenden Dreiecke *aeg* die halbe Sehne des doppelten *ae* zur halben Sehne des doppelten *eg*, wie der halbe Durchmesser der Kugel zur halben Sehne des doppelten Winkels *eag*. Und aus gleichem Grunde verhält sich die halbe Sehne des doppelten *ef* zur halben Sehne des doppelten *eg*, wie die halbe Sehne des doppelten Winkels *eaf* zur halben Sehne des doppelten Winkels *eag*. Und weil die Bogen *fe* und *eg* gegeben sind, — sie sind nämlich die Reste, um welche sich die Winkel *c* und *b* von rechten unterscheiden —, so haben wir hierdurch das Verhältniss der Winkel *eaf* und *eag*, d. h. *bad* und *cad*, welche zu jenen Scheitelwinkel sind, als gegebene. Der ganze Winkel *bac* ist nämlich gegeben, und es ergeben sich also nach dem vorigen Satze die Winkel *bad* und *cad*. Ferner erhalten wir mittelst des 5ten Satzes die Seiten *ab*, *bd*, *ac*, *cd* und die ganze *bc*.



Dies mag vorläufig über die Dreiecke genug sein, insofern es für unsern Zweck nöthig ist. Wenn dies hätte weitläufiger abgehandelt werden sollen: so würde es eines besondern Bandes bedurft haben.

Ende des ersten Buches.

Nicolaus Copernicus' Kreisbewegungen.

Zweites Buch.

Da wir in dem vorigen Buche im Ganzen drei Bewegungen der Erde nachgewiesen haben, durch die wir versprachen, alle Erscheinungen der Gestirne zu erklären: so wollen wir dadurch, dass wir sie der Reihe nach, einzeln, stückweise prüfen und untersuchen, dies nach Kräften thun. Wir beginnen aber mit der allerbekanntesten Kreisbewegung der Tages- und Nacht-Zeit, von welcher wir gesagt haben, dass sie von den Griechen Nychthemeron genannt werde, und die wir der Erdkugel am meisten und unmittelbar eigen angenommen haben, weil aus ihr Monate, Jahres- und andere vielnamige Zeiten, gleichwie die Zahl aus der Einheit, entstehen. Also über die Ungleichheit der Tage und Nächte, über Aufgang und Untergang der Sonne, der Theile des Thierkreises und der Sternbilder, und über dergleichen aus dieser Kreisbewegung sich Ergebendes, werden wir etwas Weniges sagen; zumal da Viele hierüber reichlich genug geschrieben haben, und dies doch mit dem Unsrigen auf Eins hinausläuft. Es kommt ja nichts darauf an, wenn wir, dasjenige, was Jene durch die ruhende Erde und die sich drehende Welt erklären, aus dem entgegengesetzten Gesichtspunkte betrachtend, zu demselben Ziele gelangen; weil es sich bei den Dingen, die wechselseitig sind, so verhält, dass das einander Entgegengesetzte übereinstimmt. Dennoch werden wir nichts von dem, was nöthig ist, übergehen. Aber Niemand darf sich wundern, wenn wir noch den Aufgang und Untergang der Sonne und der Sterne, und diesem Aehnliches einfach so benennen, sondern er wird wohl wissen, dass wir nur in der gewohnten Weise sprechen, die von Allen beibehalten werden kann, wenn sie nur im Sinne behalten, dass

Uns, die mit der Erd' wir kreisen,
Somm' und Mond vorüberziehn,
Sterne wechselnd wiederkehren
Oder scheidend sinken hin.

Capitel 1.

Ueber die Kreise und ihre Namen.

Aequinoctial-Kreis (Aequator) hat man den grössten aller, um die Pole der täglichen Kreisbewegung beschriebenen, Parallel-Kreise der Erdkugel genannt; Zodiakus (Ekliptik) aber den durch die Mitte der Zeichen beschriebenen Kreis, in welchem der Mittelpunkt der Erde selbst in jährlicher Kreisbewegung fortschreitet. Weil aber der Zodiakus gegen den Aequinoctialkreis schief steht, nach Maassgabe der Neigung der Erdaxe gegen ihn: so beschreibt er vermöge der täglichen Kreisbewegung der Erde auf beiden Seiten zwei ihn berührende Kreise, gleichsam als äusserste Grenzen seiner Schiefe, welche man Tropen (Wendekreise) nennt. Die Sonne scheint nämlich in diesen Kreisen Wenden (τροπάς), d. h. Umkehrungen zu machen, und zwar eine winterliche und eine sommerliche. Daher pflegte man auch denjenigen, welcher nördlich liegt den Sonnenstillstands- (solstitialis) Wendekreis, den andern südlichen den Wendekreis des kürzesten Tages (brumalis) zu nennen, wie es in der übersichtlichen Beschreibung der Kreisbewegungen der Erde weiter oben auseinandergesetzt ist. Hierauf folgt der sogenannte Horizont, den die Lateiner finientem (den Begrenzenden) nennen; indem er nämlich seinen Mittelpunkt auf der Oberfläche der Erde und seinen Pol in unserm Scheitel hat, begrenzt er den für uns sichtbaren Theil der Welt gegen denjenigen, welcher uns verborgen ist, und an welchem Alles das aufzugehen scheint, was untergeht. Weil aber die Erde mit der Unermesslichkeit des Himmels nicht zu vergleichen ist, da sogar nicht einmal der Raum, der zwischen Sonne und Mond liegt, nach unserer Annahme, mit der Grösse des Himmels verglichen werden kann: so scheint der Horizont den Himmel zu halbiren, als ob er durch den Mittelpunkt der Welt ginge, wie wir das im Anfange nachgewiesen haben. Insofern aber der Horizont schief gegen den Aequinoctialkreis steht, berührt auch er zwei Parallelkreise, und zwar einen nördlichen immer sichtbaren, und einen südlichen immer unsichtbaren; jenen nennt Proklus und die Griechen den Arctischen, diesen den Antarctischen; und diese Kreise werden nach Maassgabe der Schiefe des Horizonts oder der Höhe des Poles des Aequinoctialkreises, grösser oder kleiner. Es bleibt noch der Meridian, welcher sowohl durch die Pole des Horizonts, als auch durch die des Aequinoctialkreises geht, und deshalb senkrecht auf beiden Kreisen steht. Wenn die Sonne diesen Kreis erreicht, so bestimmt sie den Mittag und die Mitternacht. Da aber diese beiden Kreise, nämlich der Horizont und der Meridian, ihren Mittelpunkt in der Oberfläche der Erde haben: so folgen sie immer der Bewegung der Erde und unserm Auge. Das Auge hält sich nämlich überall für den Mittelpunkt der Sphäre alles ringsum Sichtbaren. Ferner übertragen auch alle auf der Erde angenommenen Kreise ihre entsprechenden Kreisbilder auf den Himmel, wie das in der Kosmographie bei den Dimensionen der Erde deutlicher nachgewiesen wird. Und zwar haben auch diese Kreise ihre eigenen Namen, wie denn auch andere von unendlich vielen Arten und Namen bezeichnet werden könnten.

Capitel 2.

Ueber die Schiefe der Ekliptik, den Abstand der Wendekreise, und wie sie gemessen werden.

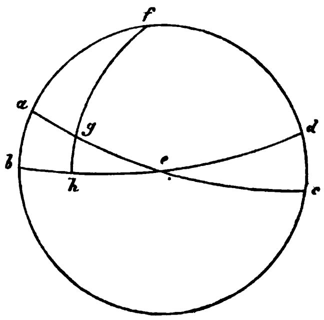
Da nun die Ekliptik zwischen den Wendekreis und Aequator als ein schräger Kreis auftritt, so halte ich es jetzt für nothwendig, dass wir den Abstand der Wendekreise und dann die Grösse des Neigungswinkels zwischen Aequator und Ekliptik untersuchen. Dies muss aber nothwendig durch die Sinne und durch Anwendung von Instrumenten bewirkt werden, bei welchen Letzteren das für die Hauptsache gehalten wird, dass ein Viereck aus Holz, oder besser aus einer andern, festeren Materie, aus Stein oder Metall bereitet wird, damit nicht etwa das bei Veränderung der Luft unbeständige Holz den Beobachter täuschen könne. Die eine Oberfläche desselben wird auf das Genaueste geebnet, und hat eine Breite von womöglich drei bis vier Ellen, damit sie für die anzubringende Eintheilung hinreicht. Nachdem nun in einer der Ecken der Mittelpunkt angenommen ist, wird ein Kreisquadrant so gross als möglich beschrieben, dieser in 90 gleiche Grade, und jeder derselben wieder in 60 Minuten, so genau als möglich, getheilt. Hierauf wird ein sehr gut gedrehter cylindrischer Stift im Mittelpunkte senkrecht gegen jene Oberfläche so errichtet, dass er ungefähr einen Finger breit oder weniger hervorragt. Nachdem dies Instrument so eingerichtet ist, bestimmt man die Mittagslinie auf einem in horizontaler Ebene gelegten Estrich, der so genau als möglich mittelst einer Wasserwage oder Libelle abgewogen ist, damit er nach keiner Seite abschüssig sei. Nachdem man nämlich auf diesem Estriche einen Kreis beschrieben hat, wird in dem Mittelpunkte desselben ein Stift errichtet, und bei zuweilen des Vormittages angestellten Beobachtungen angemerkt, wo die äusserste Spitze des Schattens die Peripherie des Kreises trifft. Ebenso machen wir es Nachmittags und halbiren den zwischen beiden Marken liegenden Kreisbogen. Auf diese Weise wird uns die vom Mittelpunkte durch den Halbirungspunkt gezogene grade Linie den Südpunkt und Nordpunkt unfehlbar angeben. Auf dieser Basis wird die Ebene des Instruments errichtet und senkrecht befestigt, und zwar so, dass, nachdem der Mittelpunkt nach Süden gewendet ist, die von diesem Mittelpunkte herabgehende grade Linie die Mittagslinie genau unter rechten Winkeln trifft. Auf diese Weise erreicht man es, dass die Oberfläche des Instrumentes den Meridiankreis enthält.

Nun müssen an dem Tage des Solstitiums und am kürzesten Tage die Schatten, welche jener Stift oder Cylinder des Mittags im Sonnenschein vom Mittelpunkte aus wirft, beobachtet werden, und nachdem irgend ein Gegenstand an der nach unten liegenden Peripherie des Quadranten angebracht ist, wodurch der Ort des Schattens genauer markirt werden kann, notiren wir so genau als möglich die Mitte des Schattens in Graden und Minuten. Wenn wir dies gethan haben, so zeigt uns der Bogen, welcher zwischen dem solstitialen und brumalen Schatten sich markirt findet, den Abstand der Wendekreise und die ganze Schiefe der Ekliptik an, und wenn wir hiervon die Hälfte nehmen: so haben wir den Abstand des Wendekreises vom Aequator; und die Grösse des Neigungswinkels des Aequators gegen denjenigen Kreis, der durch die Mitte der Zeichen geht, ist dadurch bekannt. Ptolemäus nimmt dieses Intervall, was zwischen den genannten nördlichen und südlichen Grenzen liegt, zu 47° 42′ 40″, [55]) so wie er dasselbe schon vorher von Hipparch und Eratosthenes beobachtet findet, nämlich als $^{11}/_{83}$ des ganzen Kreises[56]); und hiervon die halbe Differenz, also 23° 51′ 20″, [57]) ergab den Abstand der Wendekreise vom Aequator und den Neigungswinkel gegen die Ekliptik. Daher glaubte Ptolemäus, dass dies sich unveränderlich erhielte und immer bliebe. Aber es zeigt sich, dass diese Abstände von jener Zeit bis auf uns fortwährend abgenommen haben. Denn es ist von uns und einigen andern unserer Zeitgenossen der Abstand der Wendekreise nicht grösser als 46° 58′ gefunden, und der Neigungswinkel 23° $28^2/_5$′; so dass hinlänglich klar ist, dass die Schiefe der Ekliptik veränderlich sei, worüber ein Weiteres unten, wo wir auch zeigen werden, dass dieselbe, nach hinlänglich wahrscheinlicher Vermuthung, niemals grösser gewesen sei als 23° 52′ und niemals kleiner sein werde als 23° 28′.

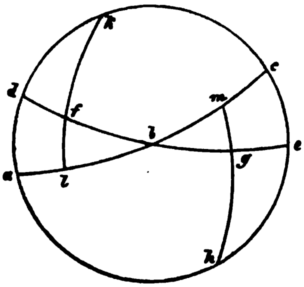
Capitel 3.

Ueber die Bogen und Winkel der sich schneidenden Kreise des Aequators, der Ekliptik und des Meridians; worin die Declination und Rectascension besteht, und über ihre Berechnung.

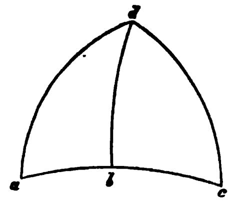
Wie wir vom Horizonte gesagt haben, dass an ihm die Theile der Welt auf- und untergehen: so sagen wir jetzt, dass der Meridiankreis den Himmel halbirt, da er in einem Zeitraume von 24 Stunden sowohl die Ekliptik als auch den Aequator durchläuft und die Bogen derselben vom Frühlings- oder Herbstpunkte an einschneidet, und wiederum wird der von jenen eingeschlossene Bogen eingeschnitten. Da alle diese Kreise grösste Kreise sind: so bilden sie ein rechtwinkliges sphärisches Dreieck; denn der rechte Winkel rührt daher, dass der Meridian, nach dessen Definition, durch die Pole des Aequators geht. Man nennt aber den so eingeschlossenen Bogen des Meridians, oder irgend eines durch die Pole gehenden Kreises: die Declination dieses Theiles der Ekliptik; denjenigen Bogen aber, welcher auf dem Aequator dem mit ihm zugleich von demselben Punkte ausgehenden, ihn begleitenden Bogen der Ekliptik entspricht: Rectascension. Alles dies lässt sich leicht an einem sphärischen Dreiecke nachweisen. Es sei nämlich *abcd* ein zugleich durch die Pole des Aequators und der Ekliptik gehender Kreis, welchen die Meisten den Colur der Solstitien nennen; *aec* die



Hälfte der Ekliptik; ***bed*** die Hälfte des Aequators; der Frühlingspunkt im Punkte ***e;*** das Sommer-Solstitium in ***a;*** das Winter-Solstitium in ***c;*** *f* der Pol der täglichen Kreisbewegung; und auf der Ekliptik werde der Bogen ***eg*** von z. B. 30 Graden genommen, und an ihm vorbei der Kreisquadrant *fgh* gelegt. Dann ist offenbar, dass im Dreiecke ***egh*** die Seite ***eg*** gleich 30° und der Winkel ***geh*** gegeben sind, — da letzterer wegen der Declination ***ab*** wenigstens 23° 28′, wovon 360° vier Rechte ausmachen, — und der Winkel ***ghc*** ein Rechter ist. Folglich ist, nach dem 4ten Satze der sphärischen Dreiecke, das Dreieck ***ehg*** von gegebenen Winkeln und Seiten. Es ist nämlich bewiesen, dass die Sehne des doppelten ***eg*** zur Sehne des doppelten *gh* sich verhält, wie die Sehne des doppelten ***age***, oder der Durchmesser der Kugel zur Sehne des doppelten ***ab***, und ihre Hälften ebenso. Weil nun die Hälfte der Sehne des doppelten ***age*** gleich 100000, und die Hälfte der Sehne des doppelten ***ab*** gleich 39822, und die Hälfte der Sehne des doppelten ***eg*** gleich 50000, und weil, wenn vier Zahlen proportional sind, das Produkt der innern Glieder gleich ist dem Produkte der äusseren: so haben wir die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens ***gh*** gleich 19911; und daraus nach dem Verzeichnisse den Bogen ***gh*** selbst gleich 11° 29′, als die dem Abschnitte ***eg*** entsprechende Declination. Hiernach sind auch in dem Dreiecke *afg* die Seiten gegeben: *fg* gleich 78° 31′ und *ag* = 60° als Rest des Quadranten, und der Winkel *fag* ist ein Rechter, es sind also eben so die Sehnen der doppelten *fg*, *ag*, *fgh* und ***bh*** oder ihre Hälften proportional. Da aber von diesen dreie gegeben sind, so ergiebt sich auch die vierte ***bh*** = 62° 6′ als Rectascension vom Solstitialpunkte, oder *he* gleich 27° 54′ vom Frühlingsäquinoctium. Ebenso erhalten wir aus den gegebenen Seiten und den Kreisquadranten: *fg* gleich 78° 31′, *af* gleich 66° 32′, Winkel ***agf*** sehr nahe gleich 69° 23,5′, und den diesem gleichen Scheitelwinkel *hge*. Nach diesem Schema werden wir auch in der Folge verfahren. Dies aber darf nicht vergessen werden, dass der Meridian die Ekliptik in den Punkten, in welchen Letztere die Wendekreise berührt, unter rechten Winkeln schneidet. Denn dann geht er, wie gesagt, durch ihre Pole. An den Aequinoctialpunkten aber macht er einen Winkel, der um so kleiner als ein rechter ist, je mehr die Ekliptik gegen den Aequator geneigt ist, wie denn der Winkel bei der kleinsten Schiefe 66° 32′ beträgt. Auch ist zu bemerken, dass bei gleichen Bogen der Ekliptik, welche von dem Schnittpunkte mit dem Aequator, oder dem Berührungspunkte mit den Wendekreisen angenommen werden: die Winkel und Seiten der Dreiecke sich als gleich ergeben. Wenn wir z. B. den Bogen des Aequators ***abc*** und die Ekliptik ***dbe*** beschreiben, so dass sie sich im Aequinoctialpunkte ***b*** schneiden, und gleiche Bogen *fb* und ***bg*** nehmen, und durch die Pole der täglichen Bewegung zwei Kreisquadranten ***kfl*** und ***hgm***



legen: so entstehen zwei Dreiecke *flb* und *bmg*, in denen die Seiten *bf* und *bg*, die Winkel am Scheitel *b*, und die rechten Winkel bei *l* und *m* gleich sind. Folglich sind die Dreiecke nach dem 6ten Satze der sphärischen Dreiecke von gleichen Seiten und Winkeln. Also *fl* und *mg* gleiche Declinationen, *lb* und *bm* gleiche Rectascensionen und der dritte Winkel *f* ist gleich dem dritten Winkel *g*. — Wenn die Bogen von den Berührungspunkten der Wendekreise aus als gleich genommen sind; so ergiebt sich Alles auf dieselbe Weise, wie wenn *ab* und *bc* zu beiden Seiten des Nachtgleichenpunktes *b* als gleich genommen wären; ziehen wir nämlich von dem Pole *d*



des Aequators die Quadranten *da* und *db*: so entstehen die beiden Dreiecke *abd* und *dbc*, in welchen die Grundlinien *ab* und *bc* gleich, die Seite *bd* beiden gemeinschaftlich und die Winkel bei *b* rechte sind. Nach dem 8ten Satze der sphärischen Dreiecke ergeben sich die Dreiecke selbst als von gleichen Seiten und Winkeln, woraus erhellt, dass die Winkel, die ein und derselbe Quadrant an der Ekliptik bildet, einander, und die bezeichneten Bogen den Resten der Quadranten des ganzen Kreises entsprechen. Nun wollen wir einen Entwurf in Verzeichnissform vorlegen. In die erste Rubrik werden die Grade der Ekliptik gesetzt, in die folgende die jenen Graden entsprechenden Declinationen, in die dritte die Minuten, um welche sie diejenigen besonderen Declinationen, die bei der grössten Schiefe der Ekliptik entstehen, übertreffen, und welche höchstens 24 Minuten betragen können. Ebenso wollen wir es in der Tabelle der Rectascensionen und Winkel halten. Denn es ist nothwendig, dass, nach Maassgabe der Aenderung der Schiefe der Ekliptik, Alles geändert wird, was davon abhängt, also auch die Rectascension, bei welcher eben diese Differenz gering befunden wird, indem sie nämlich nicht den 10ten Theil eines Grades übertrifft, und dieser von dem Zeitraume einer Stunde nur den 150sten Theil beträgt. Die Alten nennen nämlich die Theile des Aequators, welche den Theilen der Ekliptik entsprechen, und von denen auf jeden Kreis, wie wir oft gesagt haben, 360 gehen: Zeiten; zu ihrer Unterscheidung aber haben die Meisten die Theile der Ekliptik: Grade, die des Aequators aber: Zeiten genannt, was auch wir beibehalten wollen. Obgleich also diese Differenz so klein ist, dass sie mit Recht vernachlässigt werden könnte: so haben wir es uns doch nicht verdriessen lassen auch diese hinzuzufügen. Aus diesen Differenzen gehen dann auch für jede andere Schiefe der Ekliptik die Rectascensionen hervor wenn nach Maassgabe des Fortschreitens von der kleinsten zur grössten Schiefe der Ekliptik entsprechende Theile den einzelnen zugesetzt werden. Wie z. B., wenn ich bei der Schiefe von 23° 34′ wissen will, welche Declination dem 30sten Grade der Ekliptik, vom Nachtgleichenpunkte an gerechnet, zukomme: so finde ich im Verzeichnisse 11° 29′ und unter der Differenz: 11′, welche bei der grössten Schiefe, die wie gesagt 23° 52′ beträgt, ganz hinzuaddirt wird. Aber hier wird gesetzt: 23° 34′ ist um 6′ grösser als die kleinste Schiefe, dies ist der 4te Theil von den 24′, um welche die grösste Schiefe grösser ist, als die kleinste. In demselben Verhältnisse ist ungefähr 3 zu 11, und wenn ich nun 3 zu 11° 29′ hinzuaddire: so habe ich 11° 32′; und so viel beträgt die Declination des 30sten Grades der Ekliptik vom Nachtgleichenpunkte an gerechnet. Ebenso muss man bei den Winkeln und den Rectascensionen verfahren, nur muss man bei diesen immer da abziehen, wo man bei jenen addiren muss, damit Alles genau mit der Zeit fortschreite.

VERZEICHNISS DER DECLINATIONEN DER GRADE DER EKLIPTIK.

Ekliptik	Declination		Differenz	Ekliptik	Declination		Differenz	Ekliptik	Declination		Differenz
Grade	Grade	Minuten	Minuten	Grade	Grade	Minuten	Minuten	Grade	Grade	Minuten	Minuten
1	0	24	0	31	11	50	11	61	20	23	20
2	0	48	1	32	12	11	12	62	20	35	21
3	1	12	1	33	12	32	12	63	20	47	21
4	1	36	2	34	12	52	13	64	20	58	21
5	2	0	2	35	13	12	13	65	21	9	21
6	2	23	2	36	13	32	14	66	21	20	22
7	2	47	3	37	13	52	14	67	21	30	22
8	3	11	3	38	14	12	14	68	21	40	22
9	3	35	4	39	14	31	14	69	21	49	22
10	3	58	4	40	14	50	14	70	21	58	22
11	4	22	4	41	15	9	15	71	22	7	22
12	4	45	4	42	15	27	15	72	22	15	23
13	5	9	5	43	15	46	16	73	22	23	23
14	5	32	5	44	16	4	16	74	22	30	23
15	5	55	5	45	16	22	16	75	22	37	23
16	6	19	6	46	16	39	17	76	22	44	23
17	6	41	6	47	16	56	17	77	22	50	23
18	7	4	7	48	17	13	17	78	22	55	23
19	7	27	7	49	17	30	18	79	23	1	24
20	7	49	8	50	17	46	18	80	23	5	24
21	8	12	8	51	18	1	18	81	23	10	24
22	8	34	8	52	18	17	18	82	23	13	24
23	8	57	9	53	18	32	19	83	23	17	24
24	9	19	9	54	18	47	19	84	23	20	24
25	9	41	9	55	19	2	19	85	23	22	24
26	10	3	10	56	19	16	20	86	23	24	24
27	10	25	10	57	19	30	20	87	23	26	24
28	10	46	10	58	19	44	20	88	23	27	24
29	11	8	10	59	19	57	20	89	23	28	24
30	11	29	11	60	20	10	20	90	23	28	24

VERZEICHNISS DER RECTASCENSIONEN.

Ekliptik	Zeiten		Differenz	Ekliptik	Zeiten		Differenz	Ekliprik	Zeiten		Differenz
Grade	Grade	Minuten	Minuten	Grade	Grade	Minuten	Minuten	Grade	Grade	Minuten	Minuten
1	0	55	0	31	28	54	4	61	58	51	4
2	1	50	0	32	29	51	4	62	59	54	4
3	2	45	0	33	30	50	4	63	60	57	4
4	3	40	0	34	31	46	4	64	62	0	4
5	4	35	0	35	32	45	4	65	63	3	4
6	5	30	0	36	33	43	5	66	64	6	3
7	6	25	1	37	34	41	5	67	65	9	3
8	7	20	1	38	35	40	5	68	66	13	3
9	8	15	1	39	36	38	5	69	67	17	3
10	9	11	1	40	37	37	5	70	68	21	3
11	10	6	1	41	38	36	5	71	69	25	3
12	11	0	2	42	39	35	5	72	70	29	3
13	11	57	2	43	40	34	5	73	71	33	3
14	12	52	2	44	41	33	6	74	72	38	2
15	13	48	2	45	42	32	6	75	73	43	2
16	14	43	2	46	43	31	6	76	74	47	2
17	15	39	2	47	44	32	5	77	75	52	2
18	16	34	3	48	45	32	5	78	76	57	2
19	17	31	3	49	46	32	5	79	78	2	2
20	18	27	3	50	47	33	5	80	79	7	2
21	19	23	3	51	48	34	5	81	80	12	1
22	20	19	3	52	49	35	5	82	81	17	1
23	21	15	3	53	50	36	5	83	82	22	1
24	22	10	4	54	51	37	5	84	83	27	1
25	23	9	4	55	52	38	4	85	84	33	1
26	24	6	4	56	53	41	4	86	85	38	0
27	25	3	4	57	54	43	4	87	86	43	0
28	26	0	4	58	55	45	4	88	87	48	0
29	26	57	4	59	56	46	4	89	88	54	0
30	27	54	4	60	57	48	4	90	90	0	0

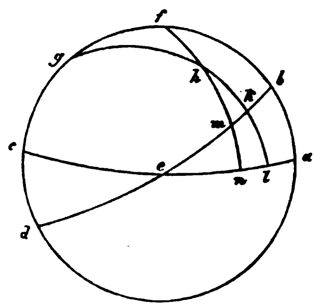
VERZEICHNISS DER MERIDIANWINKEL.

Ekliptik	Winkel		Differenz	Ekliptik	Winkel		Differenz	Ekliptik	Winkel		Differenz
Grade	Grade	Minuten	Minuten	Grade	Grade	Minuten	Minuten	Grade	Grade	Minuten	Minuten
1	66	32	24	31	69	35	21	61	78	7	12
2	66	33	24	32	69	48	21	62	78	29	12
3	66	34	24	33	70	0	20	63	78	51	11
4	66	35	24	34	70	13	20	64	79	14	11
5	66	37	24	35	70	26	20	65	79	36	11
6	66	39	24	36	70	39	20	66	79	59	10
7	66	42	24	37	70	53	20	67	80	22	10
8	66	44	24	38	71	7	19	68	80	45	10
9	66	47	24	39	71	22	19	69	81	9	9
10	66	51	24	40	71	36	19	70	81	33	9
11	66	55	24	41	71	52	19	71	81	58	8
12	66	59	24	42	72	8	18	72	82	22	8
13	67	4	23	43	72	24	18	73	82	46	7
14	67	10	23	44	72	39	18	74	83	11	7
15	67	15	23	45	72	55	17	75	83	35	6
16	67	21	23	46	73	11	17	76	84	0	6
17	67	27	23	47	73	28	17	77	84	25	6
18	67	34	23	48	73	47	17	78	84	50	5
19	67	41	23	49	74	6	16	79	85	15	5
20	67	49	23	50	74	24	16	80	85	40	4
21	67	56	23	51	74	42	16	81	86	5	4
22	68	4	22	52	75	1	15	82	86	30	3
23	68	13	22	53	75	21	15	83	86	55	3
24	68	22	22	54	75	40	15	84	87	19	3
25	68	32	22	55	76	1	14	85	87	53	2
26	68	41	22	56	76	21	14	86	88	17	2
27	68	51	22	57	76	42	14	87	88	41	1
28	69	2	21	58	77	3	13	88	89	6	1
29	69	13	21	59	77	24	13	89	89	33	0
30	69	24	21	60	77	45	13	90	90	0	0

Capitel 4.

Wie man von jedem Sterne ausserhalb der Ekliptik, wenn nur seine Länge und Breite bekannt sind, die Rectascension und Declination findet, und mit welchem Grade der Ekliptik derselbe in gleichem Meridiane steht.

Dieses ist nun über die Ekliptik, den Aequator und den Meridian und über ihr gegenseitiges Schneiden entwickelt. Aber bei der täglichen Kreisbewegung muss man nicht blos wissen, was in der Ekliptik selbst erscheint· indem dadurch nicht nur die Ursache der Sonnenerscheinung erklärt wird, sondern auch ebenso die Declination und Rectascension derjenigen Fix- und Wandelsterne, welche ausserhalb der Ekliptik liegen, von denen jedoch Länge und Breite gegeben sind, ableiten. Man beschreibe also durch die Pole des Aequators und der Ekliptik einen Kreis ***abcd,*** der halbe Aequator sei ***aec,*** und sein Pol ***f,*** die halbe Ekliptik ***bed,*** und ihr Pol ***g,*** ihr Schnittpunkt mit dem Aequator sei ***e.*** Vom Pol ***g*** lege man durch den Stern den Bogen ***ghkl,*** und der Ort des Sternes sei im Punkte ***h,*** durch diesen construire man vom Pole der täglichen Kreisbewegung einen Kreisquadranten ***fhmn.*** Dann ist offenbar, dass der Stern, der in ***h*** steht, zugleich mit den Punkten ***m*** und ***n*** in den Meridian tritt, der Bogen ***hmn*** selbst ist die Declination des Sternes und ***en*** seine Rectascension, welche wir suchen. Weil nun in dem Dreiecke ***kel***, die Seite ***ke*** und der Winkel ***kel*** gegeben, und der Winkel ***ekl*** ein rechter ist: so ergeben sich auch aus dem 4ten Satze der sphärischen Dreiecke die Seiten ***kl*** und ***le***, nebst dem dritten Winkel ***kle***, also ist der ganze Bogen ***hkl*** gegeben. Und weil in dem Dreiecke ***hln*** zwei Winkel, ***hln*** und der rechte ***lnh***, nebst der Seite ***kl*** gegeben sind: so ergeben sich ebenfalls aus dem 4ten Satze der sphärischen Dreiecke, die andere Seite ***hn***, als die Declination des Sternes, und ***ln*** und der Rest ***ne***, als die Rectascension vom Aequinoctium an gerechnet. Oder auf andere Weise. Wenn man aus dem Vorhergehenden den Bogen der Ekliptik ***ke*** als Rectascension des Bogens ***le*** annimmt: so ergiebt sich der Bogen ***le*** umgekehrt aus dem Verzeichnisse der Rectascensionen, und ***lk***, als die dem ***le*** entsprechende Declination, und der Winkel ***kle*** aus dem Verzeichnisse der Meridianwinkel, und aus diesen kann das Uebrige, wie schon bewiesen, erkannt werden. Hierauf ergeben sich aus der Rectascension ***en*** die Grade der Ekliptik ***em***, mit welchen der Stern als mit dem Punkte ***m*** in gleichem Meridiane steht.



Capitel 5.

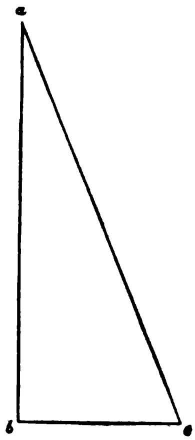
Von den Schnitten des Horizonts.

Der Horizont ist bei der graden Kugel ein anderer als bei der schiefen. Horizont der graden Kugel heisst nämlich derjenige, gegen welchen der Aequator senkrecht steht, oder welcher durch die Pole des Aequators geht. Horizont der schiefen Kugel nennen wir denjenigen, gegen welchen der Aequator geneigt ist. Am graden Horizonte geht also Alles auf und unter, und Tage und Nächte sind gleich; denn dieser Horizont halbirt alle parallel mit der täglichen Bewegung beschriebenen Kreise, indem er durch ihre Pole geht; und es trifft hier Alles das zu, was wir schon über den Meridian entwickelt haben. Wir rechnen aber hier den Tag vom Aufgange der Sonne bis zu ihrem Untergange, nicht wie im gemeinen Leben von der Helligkeit bis zur Dunkelheit, d. h. von der Morgendämmerung bis zum Lichtanzünden; hierüber werden wir jedoch beim Auf- und Untergange der Sternenbilder noch mehreres sagen. Wo dagegen die Erdaxe senkrecht gegen den Horizont steht, geht Nichts auf oder unter, sondern Alles bleibt, während es sich im Kreise bewegt, immer sichtbar, oder unsichtbar, ausser demjenigen, was eine andere Bewegung heraufführt, wie z. B. die jährliche Bewegung um die Sonne, woraus folgt, dass dort der Tag ein halbes Jahr hindurch ununterbrochen dauert, und dass die übrige Zeit Nacht ist; und dies dient zu weiter nichts als zum Unterscheiden von Winter und Sommer, weil dort der Aequator mit dem Horizonte zusammenfällt. Aber bei der schiefen Kugel geht Einiges auf und unter, Einiges bleibt immer sichtbar oder unsichtbar, während Tage und Nächte ungleich werden. Wo ein schiefer Horizont existirt, berührt er zwei Parallelkreise, nach Maassgabe seiner Neigung, von denen derjenige, welcher dem sichtbaren Pole zu liegt, das immer Sichtbare, und der andere, welcher dem unsichtbaren Pole zu liegt, das immer Unsichtbare begrenzt. Der in die ganze Breite zwischen diese Grenzen fallende Horizont theilt alle dazwischen fallende Parallelkreise in ungleiche Bogen, ausser den Aequator, weil dieser der grösste Parallelkreis ist, und grösste Kreise sich gegenseitig halbiren. Der schiefe Horizont schneidet in der oberen Halbkugel von den nach den sichtbarem Pole zu liegenden Parallelkreisen grössere Bogen ab, als von denen, welche nach dem südlichen und unsichtbaren Pole zu liegen, und umgekehrt in der unsichtbaren Halbkugel; und da die Sonne in diesen Bogen bei der täglichen Bewegung erscheint, so bewirkt dies die Ungleichheit der Tage und Nächte.

Capitel 6.

Welche Unterschiede zwischen den mittägigen Schatten existiren.

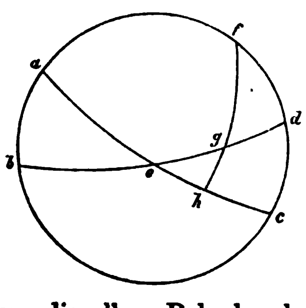
Es giebt auch Unterschiede zwischen den mittägigen Schatten, wonach Einige Periskier, Andere Amphiskier, noch Andere Heteroskier genannt werden. Die Periskier können wir Ringsumschattende nennen, indem sie rings um sich her Sonnenschatten werfen, und es sind diejenigen, deren Zenith oder Horizont-Pol weniger oder nicht mehr vom Erdpole absteht, als ein Wendekreis vom Aequator. Dort sind nämlich die Parallelkreise, welche der Horizont berührt, und welche die Grenzen des immer Sichtbaren oder Unsichtbaren bilden, grösser oder ebenso gross als die Wendekreise; und da deshalb im Sommer die Sonne in den immer sichtbaren Parallelkreisen erscheint: so wirft sie zu dieser Zeit die Schatten der Gnomonen nach allen Seiten. Wo aber der Horizont die Wendekreise berührt, da werden diese selbst die Grenzen des immer Sichtbaren und des immer Unsichtbaren. Deshalb scheint die Sonne im Solstitium um Mitternacht die Erde zu streifen, in welchem Augenblicke die ganze Ekliptik mit dem Horizonte zusammenfällt, und gleich darauf gehen sechs Himmelszeichen zugleich auf, und eben so viel an der entgegengesetzten Seite zugleich unter, und der Pol der Ekliptik fällt mit dem Pol des Horizontes zusammen. — Die Amphiskier, welche den mittägigen Schatten nach beiden Seiten werfen, wohnen zwischen den beiden Wendekreisen, welchen Raum die Alten die mittlere Zone nennen, und weil die Ekliptik in jener ganzen Gegend zweimal im Jahre rechtwinklig gegen den Horizont steht, wie dies im zweiten Lehrsatz der Phänomene des Euklid bewiesen wird: so nehmen dort die Schatten der Gnomonen zweimal ab, und während die Sonne von der einen Seite zur andern übergeht, werfen die Gnomonen bald nach Süden bald nach Norden Schatten. — Wir Anderen, die wir zwischen diesen und jenen wohnen, sind Heteroskier, weil wir nur nach der einen Seite, nämlich nach Norden mittägigen Schatten werfen. Die alten Mathematiker aber pflegten den Erdkreis in sieben Klimate zu theilen, nämlich durch die einzelnen Parallelkreise durch Meroë, durch Syëne, durch Alexandrien, durch Rhodus, durch den Hellespont, mitten durch den Pontus, durch die Mündung des Borysthenes, durch Byzanz u. s. w.[58]) nach dem Unterschiede der längsten Tage, auch nach der Länge der Schatten, welche man zur Zeit der Aequinoctien und der beiden Sonnenwenden an den Gnomonen beobachtete, und nach der Polhöhe oder der Breite jedes Abschnittes. Da sich diese zum Theil mit der Zeit verändert haben: so sind sie nicht mehr dieselben, wie ehemals, wegen der schon erwähnten veränderlichen Schiefe der Ekliptik, welche die Alten nicht kannten; oder, um richtiger zu sprechen, wegen der sich ändernden Neigung des Aequators gegen die Ekliptik, wovon Jene abhängt. Aber die Polhöhen oder die Breiten der Oerter, und die Aequinoctial-Schatten stimmen mit denen überein, welche sich von Alters her aufgezeichnet finden, was deswegen so sein musste, weil der Aequator dem Pole der Erde folgt. Aus diesem Grunde werden auch jene Abschnitte durch irgend welche Bestimmungen der Schatten und Tage nicht hinreichend genau bezeichnet und begrenzt, sondern richtiger durch ihre Abstände vom Aequator, welche immer bleiben. Jene Aenderung der Wendekreise aber, obgleich sehr gering, bewirkt in den südlichen Gegenden eine geringe Verschiedenheit der Tage und Schatten, wird aber den nach Norden Reisenden bemerkbar. Es ist daher auch offenbar, was die Erscheinung der Schatten der Gnomonen begleitet, dass nämlich bei jeder gegebenen Höhe der Sonne, eine gewisse Länge des Schattens wahrgenommen wird, und umgekehrt. Wenn z. B. *ab* ein Gnomon wäre, welcher den Schatten *bc* würfe: so wäre, da der Stift selbst senkrecht auf der Horizontal-Ebene steht, *abc* immer ein rechter Winkel, nach der Definition der auf Ebenen senkrechten Linien. Wenn man daher *a* mit *c* verbindet: so hat man ein rechtwinkliges Dreieck *abc*, und wenn die Höhe der Sonne gegeben ist: so hat man auch den Winkel *acb*. Und nach dem ersten Satze der ebenen Dreiecke ist das Verhältniss des Gnomonen *ab* zu seinem Schatten *bc* und somit *bc* selbst der Länge nach gegeben. Und umgekehrt, wenn *ab* und *bc* gegeben sind: so ergiebt sich nach dem dritten Satze der ebenen Dreiecke auch der Winkel *acb* und die Höhe der Sonne, welche zu dieser Zeit jenen Schatten wirft. Auf diese Weise notirten die Alten bei der Beschreibung jener Abschnitte der Erdkugel, für jeden von ihnen die Längen der mittägigen Schatten, sowohl für die Aequinoctien, als auch für beide Sonnenwenden.



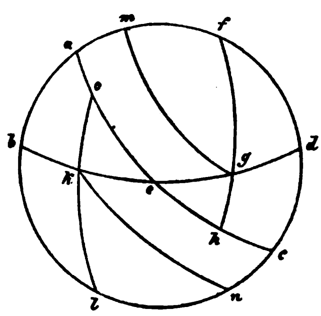
Capitel 7.

Wie der längste Tag, die Breite des Aufganges, und die Schiefe der Kugel von einander abgeleitet werden, und über die übrigen Verschiedenheiten der Tage.

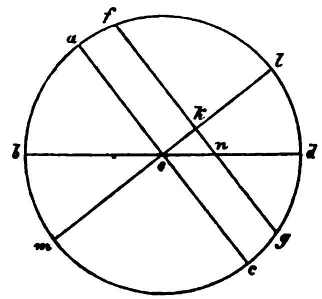
Ebenso wollen wir auch zu jeder beliebigen Schiefe der Kugel oder Neigung des Horizonts den längsten und kürzesten Tag, nebst der Breite des Aufganges, und die übrige Verschiedenheit der Tage zugleich ableiten. Die Breite des Aufganges ist nämlich der Bogen des Horizonts, welcher zwischen dem Aufgange am längsten Tage und demjenigen am kürzesten Tage liegt, oder ihr beiderseitiger Abstand von dem Aufgange zur Zeit der Nachtgleichen. Es sei also *abcd* der Meridian, und in der östlichen Halbkugel der Halbkreis des Horizontes *bed*, der des Aequators *aec*, dessen nördlicher Pol *f*. Wenn nun der Aufgang der Sonne bei der Sommersonnenwende im Punkte *g* angenommen wird: so beschreibe man den Bogen *fgh* eines grössten Kreises. Weil nun die Bewegung der Erdkugel um den Pol *f* des Aequators vor sich geht: so müssen nothwendig die Punkte *g* und *h* in dem Meridiane *abcd* zugleich ankommen, da ihre Parallelkreise um dieselben Pole beschrieben sind, und alle durch diese Pole gelegten grössten Kreise ähnliche Bogen auf jenen abschneiden. Deshalb misst die-



selbe Zeit, welche vom Aufgange des Punktes *g* bis zu seiner Culmination verstreicht, auch den Bogen *aeh* und den noch übrigen Theil *ch* des unter dem Horizonte gelegenen Halbkreises, von Mitternacht bis zum Aufgange. Aber *aec* ist ein Halbkreis und *ae* und *ec* sind Kreisquadranten, weil sie durch den Pol des Kreises *abcd* gehen; folglich ist *eh* die halbe Differenz des grössten und des nachtgleichen Tages, und *eg* ist die Breite zwischen dem Aufgangspunkte zur Zeit der Nachtgleichen und demjenigen zur Zeit des Solstitiums. Da nun im Dreiecke *ehg* der Winkel *geh* der Schiefe der Kugel in Folge des Bogens *ab*, *ghe* als rechter, und die Seite *hg* als Abstand des Sommer-Wendekreises vom Aequator bekannt ist: so ergeben sich auch die übrigen Seiten nach dem vierten Satze der sphärischen Dreiecke, nämlich *eh* als die halbe Differenz des nachtgleichen und des längsten Tages, und *ge* als die Breite des Aufgangspunktes. Wenn also mit der Seite *gh* auch die Seite *eh*, als die Differenz des längsten und des nachtgleichen Tages, oder *eg* gegeben ist: so ergiebt sich auch der Winkel der Schiefe der Kugel bei *e;* und daraus die Höhe *fd* des Pols über dem Horizonte. Wenn aber auch nicht der Solstitialpunkt, sondern irgend ein anderer Punkt *g* in der Ekliptik genommen würde: so ergiebt sich nichtsdestoweniger jeder von den beiden Bogen *eg* und *eh*, weil aus dem obigen Verzeichnisse der Declinationen der Bogen der Declination *gh* bekannt ist, welcher eben diesem Theile der Ekliptik entspricht; und auf dieselbe Art der Entwickelung werden auch die übrigen Stücke bekannt. Woraus denn auch folgt, dass Theile der Ekliptik, welche gleich weit vom Solstitialpunkte abstehen, dieselhen Bogen des Horizonts vom Aequinoctial-Aufgangspunkte an bis zu eben diesen Theilen begrenzen, und einander gleiche Längen von Tagen und Nächten verursachen, weil derselbe Parallelkreis beide Theile der Ekliptik enthält, indem die Declination derselben gleich ist und nach derselben Seite hin liegt. Nimmt man aber auf jeder Seite vom Aequatorial-Schnitte gleiche Bogen: so werden wieder die Breiten des Aufganges gleich, aber nach verschiedenen Seiten, und die Längen wechselweise bei dem einen der Tage bei dem andern der Nächte gleich, weil die Punkte auf jeder von beiden Seiten gleiche Parallelkreisbogen beschreiben, insofern sie vom Aequatorial-Schnitte gleich weit abstehen und daher gleiche Declinationen vom Aequator haben. Beschreibt man nämlich in derselben Figur die Parallelkreisbogen *gm* und *kn*, welche den Horizont *bed* in den Punkten *g* und *k* schneiden, und construirt vom Südpole *l* den Quadranten eines grössten Kreises *lko:* so sind, weil die Declination *hg* gleich ist der Declination *ok*, in den beiden Dreiecken *dfg* und *blk* zwei Seiten des einen zweien Seiten des andern gleich, nämlich *fg* = *lk* und die Polhöhe *fd* = *lb*, und die Winkel bei *b* und *d* sind Rechte. Folglich ist die dritte Seite *dg* gleich der dritten *bk*, und deren Complemente *ge*



gleich *ek*, als gleiche Breiten der Aufgänge. Deshalb, da hier die beiden Seiten *eg* und *gh* den beiden *ek* und *ok* und die Scheitelwinkel bei *e* einander gleich sind, so sind auch die dritten Seiten *eh* gleich *eo*, und wegen dieser Gleichheit der Seiten, zu denen Gleiches hinzugefügt wird, ist der ganze Bogen *oec* gleich dem ganzen *aeh*. Da aber die durch die Pole gehenden grössten Kreise von Parallelkreisen ähnliche Bogen abschneiden: so sind die Bogen *gm* und *kn* einander ähnlich und gleich. Was zu beweisen war. Aber Alles dieses kann auch auf eine andere Weise bewiesen werden. Beschreibt man wieder den Meridian *abcd:* so sei dessen Mittelpunkt



e, der Durchmesser des Aequators und der gemeinschaftliche Schnitt beider Kreise *aec*, der Durchmesser des Horizontes und die Mittagslinie *bed*, die Axe der Kugel *lem*, der sichtbare Pol *l*, der unsichtbare *m*. Der angenommene Abstand der Sommer-Sonnenwende, oder irgend eine andere Declination sei *af*, zu welcher der Durchmesser *fg* des Parallelkreises in dem gemeinschaftlichen Schnitte mit dem Meridiane gezogen werde; dieser schneide die Axe in *k* und die Mittagslinie in *n*. Weil nun Parallelen, nach der Definition des Posidonius, solche Linien sind, welche sich weder einander nähern noch von einander entfernen, sondern auf senkrechten Linien zwischen sich überall gleiche Stücke abschneiden: so ist die grade Linie *ke* gleich der halben Sehne des doppelten Bogens *af*. Ebenso ist *kn* gleich der Hälfte der Sehne des Bogens desjenigen Parallelkreises, dessen Radius *fk* ist, und um welchen Bogen sich der nachtgleiche Tag von dem andern unterscheidet. Und zwar dies deswegen, weil alle Halbkreise, zu denen jene gemeinschaftlichen Schnitte gehören, d. h. deren Durchmesser sie sind, wie *bed* vom schiefen Horizonte, *lem* vom graden Horizonte, *aec* vom Aequator und *fkg* vom Parallelkreise, senkrecht gegen die Ebene des Kreises *abcd* stehen. Und die Schnitte, welche sie unter sich machen, sind nach der 19ten Proposition des elften Buches von Euklids Elementen auf derselben Ebene in den Punkten *e*, *k* und *n* senkrecht und nach der sechsten desselben Buches parallel, und *k* ist der Mittelpunkt des Parallelkreises, *e* der Mittelpunkt der Kugel. Deshalb ist auch *en* die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens des Horizontes, um welchen der Aufgang des Parallelkreises sich von dem Aufgange des Aequators unterscheidet. Wenn daher die Declination *af* mit dem Complemente *fl* des Quadranten gegeben ist: so ergeben sich die Hälften der Sehnen des doppelten *af*, nämlich *ke*, und des doppelten *fl*, nämlich *fk*, in Theilen, von denen *ae* 100000 enthält. In dem rechtwinkligen Dreiecke *ekn* aber ergiebt sich der Winkel *ken* aus der Polhöhe *dl*, und das Complement *kne* ist gleich *aeb*, weil bei der schiefen Kugel die Parallelkreise gegen den Horizont gleiche Neigung haben, deshalb ergeben sich auch die Seiten *ek* und *en* in denselben Theilen, von denen der Radius der Kugel 100000 enthält, *kn* in solchen, wovon der

Radius *fk* des Parallelkreises 100000 enthält. Auch ergiebt sich *kn* als Hälfte der Sehne der ganzen Differenz des nachtgleichen Tages und des Parallels in Theilen, von denen der Parallelkreis 360 enthält. Hieraus ist klar, dass das Verhältniss *fk* zu *kn* aus zweien Verhältnissen bestehe, nämlich aus demjenigen der Sehne des doppelten *fl* zu der Sehne des doppelten *af*, d. h. *fk* zu *ke*, und aus demjenigen der Sehne des doppelten *ab* zur Sehne des doppelten *dl*, d. h. *ek* zu *kn*; zwischen *fk* und *kn* ist also *ek* die mittlere Proportionale. Ebenso setzen auch das Verhältniss von *be* zu *en* die Verhältnisse *be* zu *ek* und *ke* zu *en* zusammen. So glaube ich, dass nicht blos die Ungleichheit der Tage und Nächte, sondern auch des Mondes und der Sterne, deren Declination gegeben ist, und die Abschnitte der von ihnen vermöge der täglichen Bewegung beschriebenen Parallelkreise, welche über dem Horizonte liegen, von denen unterschieden werden, welche unter demselben sich befinden, woraus der Aufgang und Untergang derselben leicht erkannt werden kann.

Verzeichniss des Unterschiedes der Ascensionen bei der schiefen Kugel.

Declination	31		32		33		34		35		36		Polhöhe
	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	
1	0	36	0	37	0	39	0	40	0	42	0	44	
2	1	12	1	15	1	18	1	21	1	24	1	27	
3	1	48	1	53	1	57	2	2	2	6	2	11	
4	2	24	2	30	2	36	2	42	2	48	2	55	
5	3	1	3	8	3	15	3	23	3	31	3	39	
6	3	37	3	46	3	55	4	4	4	13	4	23	
7	4	14	4	24	4	34	4	45	4	56	5	7	
8	4	51	5	2	5	14	5	26	5	39	5	52	
9	5	28	5	41	5	54	6	8	6	22	6	36	
10	6	5	6	20	6	35	6	50	7	6	7	22	
11	6	42	6	59	7	15	7	32	7	49	8	7	
12	7	20	7	38	7	56	8	15	8	34	8	53	
13	7	58	8	18	8	37	8	58	9	18	9	39	
14	8	37	8	58	9	19	9	41	10	3	10	26	
15	9	16	9	38	10	1	10	25	10	49	11	14	
16	9	55	10	19	10	44	11	9	11	25	12	2	
17	10	35	11	1	11	27	11	54	12	22	12	50	
18	11	16	11	43	12	11	12	40	13	9	13	39	
19	11	56	12	25	12	55	13	26	13	57	14	29	
20	12	38	13	9	13	40	14	13	14	46	15	20	
21	13	20	13	53	14	26	15	0	15	36	16	12	
22	14	3	14	37	15	13	15	49	16	27	17	5	
23	14	47	15	23	16	0	16	38	17	17	17	58	
24	15	31	16	9	16	48	17	29	18	10	18	52	
25	16	16	16	56	17	38	18	20	19	3	19	48	
26	17	2	17	45	18	28	19	12	19	58	20	45	
27	17	50	18	34	19	19	20	6	20	54	21	44	
28	18	38	19	24	20	12	21	1	21	51	22	43	
29	19	27	20	16	21	6	21	57	22	50	23	45	
30	20	18	21	9	22	1	22	55	23	51	24	48	
31	21	10	22	3	22	58	23	55	24	53	25	53	
32	22	3	22	59	23	56	24	56	25	57	27	0	
33	22	57	23	54	24	19	25	59	27	3	28	9	
34	23	55	24	56	25	59	27	4	28	10	29	21	
35	24	53	25	57	27	3	28	10	29	21	30	35	
36	25	53	27	0	28	9	29	21	30	35	31	52	

Verzeichniss des Unterschiedes der Ascensionen bei der schiefen Kugel.

Declination	37 Grad	37 Min.	38 Grad	38 Min.	39 Grad	39 Min.	40 Grad	40 Min.	41 Grad	41 Min.	42 Grad	42 Min.	Polhöhe
1	0	45	0	47	0	49	0	50	0	52	0	54	
2	1	31	1	34	1	37	1	41	1	44	1	48	
3	2	16	2	21	2	26	2	31	2	37	2	42	
4	3	1	3	8	3	15	3	22	3	29	3	37	
5	3	47	3	55	4	4	4	13	4	22	4	31	
6	4	33	4	43	4	53	5	4	5	15	5	26	
7	5	19	5	30	5	42	5	55	6	8	6	21	
8	6	5	6	18	6	32	6	46	7	1	7	16	
9	6	51	7	6	7	22	7	38	7	55	8	12	
10	7	38	7	55	8	13	8	30	8	49	9	8	
11	8	25	8	44	9	3	9	23	9	44	10	5	
12	9	13	9	34	9	55	10	16	10	39	11	2	
13	10	1	10	24	10	46	11	10	11	35	12	0	
14	10	50	11	14	11	39	12	5	12	31	12	58	
15	11	39	12	5	12	32	13	0	13	28	13	58	
16	12	29	12	57	13	26	13	55	14	26	14	58	
17	13	19	13	49	14	20	14	52	15	25	15	59	
18	14	10	14	42	15	15	15	49	16	24	17	1	
19	15	2	15	36	16	11	16	48	17	25	18	4	
20	15	55	16	31	17	8	17	47	18	27	19	8	
21	16	49	17	27	18	7	18	47	19	30	20	13	
22	17	44	18	24	19	6	19	49	20	34	21	20	
23	18	39	19	22	20	6	20	52	21	39	22	28	
24	19	36	20	21	21	8	21	56	22	46	23	38	
25	20	34	21	21	22	11	23	2	23	55	24	50	
26	21	34	22	24	23	16	24	10	25	5	26	3	
27	22	35	23	28	24	22	25	19	26	17	27	18	
28	23	37	24	33	25	30	26	30	27	31	28	36	
29	24	41	25	40	26	40	27	43	28	48	29	57	
30	25	47	26	49	27	52	28	59	30	7	31	19	
31	26	55	28	0	29	7	30	17	31	29	32	45	
32	28	5	29	13	30	54	31	31	32	54	34	14	
33	29	18	30	29	31	44	33	1	34	22	35	47	
34	30	32	31	48	33	6	34	27	35	54	37	24	
35	31	51	33	10	34	33	35	59	37	30	39	5	
36	33	12	34	35	36	2	37	34	39	10	40	51	

Verzeichniss des Unterschiedes der Ascensionen bei der schiefen Kugel.

Declination	43		44		45		46		47		48		Polhöhe
	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	
1	0	56	0	58	1	0	1	2	1	4	1	7	
2	1	52	1	56	2	0	2	4	2	9	2	13	
3	2	48	2	54	3	0	3	7	3	13	3	20	
4	3	44	3	52	4	1	4	9	4	18	4	27	
5	4	41	4	51	5	1	5	12	5	23	5	35	
6	5	37	5	50	6	2	6	15	6	28	6	42	
7	6	34	6	49	7	3	7	18	7	34	7	50	
8	7	32	7	48	8	5	8	22	8	40	8	59	
9	8	30	8	48	9	7	9	26	9	47	10	8	
10	9	28	9	48	10	9	10	31	10	54	11	18	
11	10	27	10	49	11	13	11	37	12	2	12	28	
12	11	26	11	51	12	16	12	43	13	11	13	39	
13	12	26	12	53	13	21	13	50	14	20	14	51	
14	13	27	13	56	14	26	14	58	15	30	16	5	
15	14	28	15	0	15	32	16	7	16	42	17	19	
16	15	31	16	5	16	40	17	16	17	54	18	34	
17	16	34	17	10	17	48	18	27	19	8	19	51	
18	17	38	18	17	18	58	19	40	20	23	21	9	
19	18	44	19	25	20	9	20	53	21	40	22	29	
20	19	50	20	35	21	21	22	8	22	58	23	51	
21	20	59	21	46	22	34	23	25	24	18	25	14	
22	22	8	22	58	23	50	24	44	25	40	26	40	
23	23	19	24	12	25	7	26	5	27	5	28	8	
24	24	32	25	28	26	26	27	27	28	31	29	38	
25	25	47	26	46	27	48	28	52	30	0	31	12	
26	27	3	28	6	29	11	30	20	31	32	32	48	
27	28	22	29	29	30	38	31	51	33	7	34	28	
28	29	44	30	54	32	7	33	25	34	46	36	12	
29	31	8	32	22	33	40	35	2	36	28	38	0	
30	32	35	33	53	35	16	36	43	38	15	39	53	
31	34	5	35	28	36	56	38	29	40	7	41	52	
32	35	38	37	7	38	40	40	19	42	4	43	57	
33	37	16	38	50	40	30	42	15	44	8	46	9	
34	38	58	40	39	42	25	44	18	46	20	48	31	
35	40	46	42	33	44	27	46	23	48	36	51	3	
36	42	39	44	33	46	36	48	47	51	11	53	47	

Verzeichniss des Unterschiedes der Ascensionen bei der schiefen Kugel.

Declination	49 Grad	49 Min.	50 Grad	50 Min.	51 Grad	51 Min.	52 Grad	52 Min.	53 Grad	53 Min.	54 Grad	54 Min.	Polhöhe
1	1	9	1	12	1	14	1	17	1	20	1	23	
2	2	18	2	23	2	28	2	34	2	39	2	45	
3	3	27	3	35	3	43	3	51	3	59	4	8	
4	4	37	4	47	4	57	5	8	5	19	5	31	
5	5	47	5	50	6	12	6	26	6	40	6	55	
6	6	57	7	12	7	27	7	44	8	1	8	19	
7	8	7	8	25	8	43	9	2	9	23	9	44	
8	9	18	9	38	10	0	10	22	10	45	11	9	
9	10	30	10	53	11	17	11	42	12	8	12	35	
10	11	42	12	8	12	35	13	3	13	32	14	3	
11	12	55	13	24	13	53	14	24	14	57	15	31	
12	14	9	14	40	15	13	15	47	16	23	17	0	
13	15	24	15	58	16	34	17	11	17	50	18	32	
14	16	40	17	17	17	56	18	37	19	19	20	4	
15	17	57	18	39	19	19	20	4	20	50	21	38	
16	19	16	19	59	20	44	21	32	22	22	23	15	
17	20	36	21	22	22	11	23	2	23	56	24	53	
18	21	57	22	47	23	39	24	34	25	33	26	34	
19	23	20	24	14	25	10	26	9	27	11	28	17	
20	24	45	25	42	26	43	27	46	28	53	30	4	
21	26	12	27	14	28	18	29	26	30	37	31	54	
22	27	42	28	47	29	56	31	8	32	25	33	47	
23	29	14	30	23	31	37	32	54	34	17	35	45	
24	31	4	32	3	33	21	34	44	36	13	37	48	
25	32	26	33	46	35	10	36	39	38	14	39	59	
26	34	8	35	32	37	2	38	38	40	20	42	10	
27	35	53	37	23	39	0	40	42	42	33	44	32	
28	37	43	39	19	41	2	42	53	44	53	47	2	
29	39	37	41	21	43	12	45	12	47	21	49	44	
30	41	37	43	29	45	29	47	39	50	1	52	37	
31	43	44	45	44	47	54	50	16	52	53	55	48	
32	45	57	48	8	50	30	53	7	56	1	59	19	
33	48	19	50	44	53	20	56	13	59	28	63	21	
34	50	54	53	30	56	20	59	42	63	31	68	11	
35	53	40	56	34	59	58	63	40	68	18	74	32	
36	56	42	59	59	63	47	68	26	74	36	90	0	

Verzeichniss des Unterschiedes der Ascensionen bei der schiefen Kugel.

Declination	55		56		57		58		59		60		Polhöhe
	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	
1	1	26	1	29	1	32	1	36	1	40	1	44	
2	2	52	2	58	3	5	3	12	3	20	3	28	
3	4	17	4	27	4	38	4	49	5	0	5	12	
4	5	44	5	57	6	11	6	25	6	41	6	57	
5	7	11	7	27	7	44	8	3	8	22	8	43	
6	8	38	8	58	9	19	9	41	10	4	10	29	
7	10	6	10	29	10	54	11	20	11	47	12	17	
8	11	35	12	1	12	30	13	0	13	32	14	5	
9	13	4	13	35	14	7	14	41	15	17	15	55	
10	14	35	15	9	15	45	16	23	17	4	17	47	
11	16	7	16	45	17	25	18	8	18	53	19	41	
12	17	40	18	22	19	6	19	53	20	43	21	36	
13	19	15	20	1	20	50	21	41	22	36	23	34	
14	20	52	21	42	22	35	23	31	24	31	25	35	
15	22	30	23	24	24	22	25	23	26	29	27	39	
16	24	10	25	9	26	12	27	19	28	30	29	47	
17	25	53	26	57	28	5	29	18	30	35	31	59	
18	27	39	28	48	30	1	31	20	32	44	34	19	
19	29	27	30	41	32	1	33	26	34	58	36	37	
20	31	19	32	39	34	5	35	37	37	17	39	5	
21	33	15	34	41	36	14	37	54	39	42	41	40	
22	35	14	36	48	38	28	40	17	42	15	44	25	
23	37	19	39	0	40	49	42	47	44	57	47	20	
24	39	29	41	18	43	17	45	26	47	49	50	27	
25	41	45	43	44	45	54	48	16	50	54	53	52	
26	44	9	46	18	48	41	51	19	54	16	57	39	
27	46	41	49	4	51	41	54	38	58	0	61	57	
28	49	24	52	1	54	58	58	19	62	14	67	4	
29	52	20	55	16	58	36	62	31	67	18	73	46	
30	55	32	58	52	62	45	67	31	73	55	90	0	
31	59	6	62	58	67	42	74	4	90	0			
32	63	10	67	53	74	12	90	0					
33	68	1	74	19	90	0							
34	74	33	90	0									
35	90	0											
36													

Was hier leer gelassen ist, bezieht sich auf Dasjenige, was weder auf- noch untergeht.

Capitel 8.

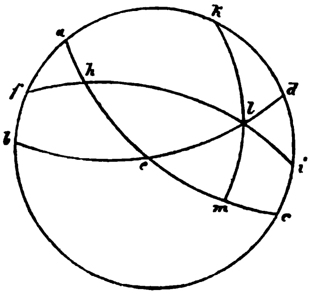
Ueber die Stunden und Theile des Tages und der Nacht.

Hieraus ist also klar, dass, wenn man die für die Declination der Sonne im Verzeichnisse unter der überschriebenen Polhöhe abgelesene Differenz, bei nördlicher Declination zum Kreisquadranten addirt, bei südlicher davon abzieht, und das Resultat mit zwei multiplicirt: man die Länge des fraglichen Tages erhält; und der Rest die Grösse des nächtlichen Bogens ist. Jede dieser beiden Angaben, durch 15 dividirt, ergiebt: wie viel gleiche Stunden eine jede von Beiden beträgt. Nimmt man aber den zwölften Theil: so erhält man den Zeitraum einer Zeitstunde, welche Stunden aber immer die Benennung ihres Tages erhalten, von welchem sie die zwölften Theile sind. Deshalb findet man Solstitial-, Aequinoctial- und Brumal-Stunden von den Alten angegeben. Ursprünglich waren keine anderen im Gebrauch, als die Zwölf zwischen Aufgang und Untergang, die Nacht aber theilte man in vier Vigilien oder Wachen; und der Gebrauch solcher Stunden erhielt sich durch die stillschweigende Uebereinkunft aller Völker lange Zeit: deshalb sind die Wasseruhren erfunden, bei welchen man mittelst Subtraction und Addition aus der Verschiedenheit des herabtröpfelnden Wassers die Tagesstunden bestimmte, damit auch bei Nebel die Zeittheilung wahrnehmbar bliebe. Später sind sowohl für die Tages- als auch Nacht-Zeit gemeinschaftliche und gleiche Stunden allgemein angenommen; und weil diese leichter zu beobachten sind, kamen jene Zeitstunden so sehr in Vergessenheit, dass, wenn man jetzt Jemanden aus dem Volke fragte, welche die erste, dritte, sechste, neunte, elfte Tagesstunde sei, er entweder nicht antworten könnte, oder wenigstens etwas sagen würde, was zur Sache gar nicht gehörte. Die Zahl dieser gleichen Stunden rechnen Einige von Mittag, Andere von Abend, Andere von Mitternacht, und Einige vom Aufgange der Sonne, je nachdem es in jedem Staate vorgeschrieben ist.

Capitel 9.

Ueber die schräge Aufsteigung der Grade der Ekliptik, wie sie sich für jeden beliebigen aufgehenden, oder den Meridian passirenden Grad ergiebt.

Nachdem so die Länge der Tage und Nächte, und ihre Unterschiede entwickelt sind, folgt in passlicher Ordnung, die Entwickelung der schrägen Aufsteigungen. Während jener Zeiten nämlich erheben sich die Dodecatemorien, d. h. die zwölf Theile der Ekliptik, oder irgend welche andere Bogen derselben; indem es keinen andern Unterschied der graden und schrägen Aufsteigung giebt, als denjenigen zwischen dem nachtgleichen und dem verschiedenen Tage, wie wir das gezeigt haben. Man hat nun die Dodecatemorien mit den erborgten Thiernamen, welche den Fixsternen angehören, benannt, und zwar vom Frühlingsnacht-Gleichenpunkte anfangend: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs u. s. w. wie sie in der Reihe folgen. Nehmen wir wieder der grösseren Deutlichkeit wegen den Meridian *abcd*, mit dem halben Aequator *aec*, und dem Horizonte *bed*, welche sich im Punkte *e* schneiden; setzen aber in *h* den Nachtgleichenpunkt und legen durch denselben die Ekliptik *fhi*, welche den Horizont in *l* schneidet. Durch diesen Schnitt gehe vom Pole *k* des Aequators der Quadrant *klm* eines grössten Kreises. Nun ist offenbar, dass mit dem Bogen *hl* der Ekliptik, der Aequator um *he* aufsteigt; aber bei der graden Kugel stiege derselbe um *hem* auf; die Differenz hiervon ist *em*, von welcher wir vorhin bewiesen haben, dass sie die halbe Differenz zwischen dem nachtgleichen und dem verschiedenen Tage sei. Aber was dort bei der nördlichen Declination addirt wurde, wird hier abgezogen, und dagegen bei der südlichen zur Rectascension addirt, um die schräge Aufsteigung zu erhalten; und wie lange ein ganzes Zeichen oder ein anderer Bogen der Ekliptik aufsteige, wird aus den vom Anfange bis zum Ende gezählten Aufsteigungen offenbar. Hieraus folgt, dass, wenn irgend ein Grad der Ekliptik, welcher aufgeht, vom Nachtgleichenpunkte an gerechnet, gegeben ist, sich auch derjenige ergiebt, welcher durch den Meridian geht. Denn wenn der aufgehende Punkt *l* der Ekliptik gegeben ist, so ergiebt sich auch seine Declination mittelst *hl*, seines Abstandes vom Nachtgleichenpunkte, und die Rectascension *hem*, und folglich, da *ahem* der ganze halbe Tagesbogen ist, auch der Rest *ah*, welcher die Rectascension von *fh* ist, und welche sich ebenfalls aus der Tabelle ergiebt; oder es ergiebt sich der Neigungswinkel *ahf* nebst der Seite *ah*, und der Winkel *fah* ist ein Rechter. Folglich ist der ganze Bogen *fhl* der Ekliptik, welcher zwischen dem aufgehenden und dem durch den Meridian gehenden Punkte liegt, gegeben. Umgekehrt, wenn der den Meridian passirende Grad, also der Bogen *fh* gegeben wäre, so würden wir auch den aufgehenden Grad kennen; denn es wäre die Declination *af* und wegen des Neigungswinkels der Kugel *afb*, auch der Rest *fb* bekannt. In dem Dreiecke *bfl* aber ist nach dem Obigen der Winkel *bfl* gegeben, *fbl* ein Rechter und die Seite *fb* ist bekannt; es ergiebt sich also die gesuchte Seite *fhl*. Ein anderer Weg soll weiter unten angegeben werden.

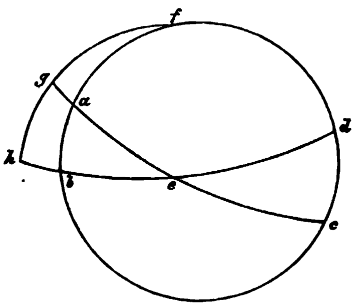


Capitel 10.

Ueber den Neigungswinkel der Ekliptik gegen den Horizont.

Da die Ekliptik ausserdem ein gegen die Axe der Kugel schräg gerichteter Kreis ist: so bildet sie verschiedene Winkel mit dem Horizonte. Dass sie für Diejenigen, welche zwischen den Wendekreisen wohnen, zweimal senkrecht gegen Letzteren stehe, haben wir schon bei Gelegenheit der

Verschiedenheit der Schatten gesagt. Es scheint mir aber für uns hinzureichen, wenn nur diejenigen Winkel nachgewiesen werden, welche den einseitig-schattenden Bewohnern, d. h. uns, dazu dienen, um aus denselben ihr Gesammtverhältniss leicht einzusehen. Dass nun bei der schiefen Kugel, wenn das Aequinoctium oder der Anfang des Widders aufgeht, die Ekliptik desto geneigter ist und sich dem Horizonte desto mehr nähert, je mehr ihre grösste südliche Declination, welche dem dann grade durch den Meridian gehenden Anfange des Steinbocks zukommt, beträgt; und umgekehrt, dass sie höher ist und einen grösseren Winkel im Osten bildet, wenn der Anfang der Waage aufgeht, und der Anfang des Krebses durch den Meridian geht; — das halte ich für hinreichend einleuchtend. Weil nun die drei Kreise: Aequator, Ekliptik und Horizont, in den Polen des Meridians sich gemeinschaftlich schneiden, so bestimmen dessen von jenen begrenzte Bogen: wie gross jener östliche Winkel gerechnet werden muss.



Damit aber auch der Weg, die übrigen Theile der Ekliptik zu messen klar werde: sei *abcd* wieder der Meridian, die Hälfte des Horizontes *bed*, die Hälfte der Ekliptik *aec*, von welcher irgend ein Grad in *e* aufgeht; wir sollen finden, wie gross der Winkel *aeb* sei, wenn vier Rechte 360 Grad betragen. Da nun der aufgehende Punkt *e* gegeben ist: so ergiebt sich auch aus dem Vorhergehenden der Punkt, welcher durch den Meridian geht, und der Bogen *ae* mit der Höhe *ab* im Meridian. Und da der Winkel *abe* ein rechter ist: so ergiebt sich das Verhältniss der Sehne des doppelten *ae* zur Sehne des doppelten *ab*, gleich dem des Durchmessers der Kugel zur Sehne des doppelten Bogens, welcher den Winkel *aeb* misst; also ergiebt sich auch der Winkel *aeb* selbst. Wenn aber nicht der Grad des aufgehenden, sondern derjenige des durch den Meridian gehenden Punktes gegeben wäre, welcher *a* sein mag: so wird nichts destoweniger jener Winkel im Osten gemessen sein. Denn nehmen wir *e* als Pol, beschreiben den Quadranten *fgh* eines grössten Kreises und vollenden die Quadranten *eag* und *ebh:* so ergiebt sich, — weil die Höhe *ab* im Meridiane gegeben, *af* das Complement des Quadranten ist, der Winkel *fag* aus dem Früheren folgt und Winkel *fga* ein rechter ist: — der Bogen *fg* und dessen Complement *gh*, welches Letztere den gesuchten Winkel im Osten misst. Es wird hieraus auch klar, wie zugleich mit dem Grade, der den Meridian passirt, auch derjenige sich ergiebt, welcher aufgeht; denn es verhält sich die Sehne des doppelten *gh* zur Sehne des doppelten *ab*, wie der Durchmesser zur Sehne des doppelten *ae*, wie bei den sphärischen Dreiecken bewiesen ist. Wir haben über diese Beziehungen drei Tafeln ausgearbeitet. Die erste enthält die Aufsteigungen in der graden Kugel vom Widder anfangend und von 6 zu 6 Graden der Ekliptik fortschreitend. Die zweite enthält die Aufsteigungen bei der schiefen Kugel, ebenfalls von 6 zu 6 Graden fortschreitend, von demjenigen Parallelkreise an, dessen Polhöhe 39 Grad beträgt, von 3 zu 3 Graden fortschreitend, bis zu demjenigen, der 57 Grad Polhöhe hat. Die dritte enthält die mit dem Horizonte gebildeten Winkel, auch von 6 zu 6 Graden und unter denselben 7 Rubriken. Und alles dies nach der kleinsten Schiefe der Ekliptik von 23 Grad 28 Minuten, welche in unserm Jahrhundert ungefähr zutrifft.

Verzeichniss der Aufsteigungen der Zeichen bei der Umdrehung der graden Kugel.

Ekliptik		Aufsteigung		Für den einzelnen Grad		Ekliptik		Aufsteigung		Für den einzelnen Grad	
Zeichen	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Zeichen	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.
♈	6	5	30	0	55	♎	6	185	30	0	55
	12	11	0	0	55		12	191	0	0	55
	18	16	34	0	56		18	196	34	0	56
	24	22	10	0	56		24	202	10	0	56
	30	27	54	0	57		30	207	54	0	57
♉	6	33	43	0	58	♏	6	213	43	0	58
	12	39	35	0	59		12	219	35	0	59
	18	45	32	1	0		18	225	32	1	0
	24	51	37	1	1		24	231	37	1	1
	30	57	48	1	2		30	237	48	1	2
♊	6	64	6	1	3	♐	6	244	6	1	3
	12	70	29	1	4		12	250	29	1	4
	18	76	57	1	5		18	256	57	1	5
	24	83	27	1	5		24	263	27	1	5
	30	90	0	1	5		30	270	0	1	5
♋	6	96	33	1	5	♑	6	276	33	1	5
	12	103	3	1	5		12	283	3	1	5
	18	109	31	1	5		18	289	31	1	5
	24	115	54	1	4		24	295	54	1	4
	30	122	12	1	3		30	302	12	1	3
♌	6	128	23	1	2	♒	6	308	23	1	2
	12	134	28	1	1		12	314	28	1	1
	18	140	25	1	0		18	320	25	1	0
	24	146	17	0	59		24	326	17	0	59
	30	152	6	0	58		30	332	6	0	58
♍	6	157	50	0	57	♓	6	337	50	0	57
	12	163	26	0	56		12	343	26	0	56
	18	169	0	0	56		18	349	0	0	56
	24	174	30	0	55		24	354	30	0	55
	30	180	0	0	55		30	360	0	0	55

Tafel der Aufsteigungen an der schiefen Kugel.

Polhöhe		39		42		45		48		51		54		57	
Ekliptik		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung	
Zeichen	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
♈	6	3	34	3	20	3	6	2	50	2	32	2	12	1	49
	12	7	10	6	44	6	15	5	44	5	8	4	27	3	40
	18	10	50	10	10	9	27	8	39	7	47	6	44	5	34
	24	14	32	13	39	12	43	11	40	10	28	9	7	7	32
	30	18	26	17	21	16	11	14	51	13	26	11	40	9	40
♉	6	22	30	21	12	19	46	18	14	16	25	14	22	11	57
	12	26	39	25	10	23	32	21	42	19	38	17	13	14	23
	18	31	0	29	20	27	29	25	24	23	2	20	17	17	2
	24	35	38	33	47	31	43	29	25	26	47	23	42	20	2
	30	40	30	38	30	36	15	33	41	30	49	27	26	23	22
♊	6	45	39	43	31	41	7	38	23	35	15	31	34	27	7
	12	51	8	48	52	46	20	43	27	40	8	36	13	31	26
	18	56	56	54	35	51	56	48	56	45	28	41	22	36	20
	24	63	0	60	36	57	54	54	49	51	15	47	1	41	49
	30	69	25	66	59	64	16	61	10	57	34	53	28	48	2
♋	6	76	6	73	42	71	0	67	55	64	21	60	7	54	55
	12	83	2	80	41	78	2	75	2	71	34	67	28	62	26
	18	90	10	87	54	85	22	82	29	79	10	75	15	70	28
	24	97	27	95	19	92	55	90	11	87	3	83	22	78	55
	30	104	54	102	54	100	39	98	5	95	13	91	50	87	46
♌	6	112	24	110	33	108	30	106	11	103	33	100	28	96	48
	12	119	56	118	16	116	25	114	20	111	58	109	13	105	58
	18	127	29	126	0	124	23	122	32	120	28	118	3	115	13
	24	135	4	133	46	132	21	130	48	128	59	126	56	124	31
	30	142	38	141	33	140	23	139	3	137	38	135	52	133	52
♍	6	150	11	149	19	148	23	147	20	146	8	144	47	143	12
	12	157	41	157	1	156	19	155	29	154	38	153	36	153	24
	18	165	7	164	40	164	12	163	41	163	5	162	24	162	47
	24	172	34	172	21	172	6	171	51	171	33	171	12	170	49
	30	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0

Tafel der Aufsteigungen an der schiefen Kugel.

Polhöhe		39		42		45		48		51		54		57	
Ekliptik		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung		Aufsteigung	
Zeichen	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
♎	6	187	26	187	39	187	54	188	9	188	27	188	48	189	11
	12	194	53	195	19	195	48	196	19	196	55	197	36	198	23
	18	202	21	203	0	203	41	204	30	205	24	206	25	207	36
	24	209	49	210	41	211	37	212	40	213	52	215	13	216	48
	30	217	22	218	27	219	37	220	57	222	22	224	8	226	8
♏	6	224	56	226	14	227	38	229	12	231	1	233	4	235	29
	12	232	56	234	0	235	37	237	28	239	32	241	57	244	47
	18	240	31	241	44	243	35	245	40	248	2	250	47	254	2
	24	247	36	249	27	251	30	253	49	256	27	259	32	263	12
	30	255	36	257	6	259	21	261	52	264	47	268	10	272	14
♐	6	262	8	264	41	267	5	269	49	272	57	276	38	281	5
	12	269	50	272	6	274	38	277	31	280	50	284	45	289	32
	18	276	58	279	19	281	58	248	58	288	26	292	32	297	34
	24	283	54	286	18	289	0	292	5	295	39	299	53	305	5
	30	290	35	293	1	295	45	298	50	302	26	306	42	311	58
♑	6	297	0	299	24	302	6	305	11	308	45	312	59	318	11
	12	303	4	305	25.	308	4	311	4	314	32	318	38	323	40
	18	308	52	311	8	313	40	316	33	319	52	323	47	328	34
	24	314	21	316	29	318	53	321	37	324	45	328	26	332	53
	30	319	30	321	30	323	45	326	19	329	11	332	34	336	38
♒	6	324	21	326	13	328	16	330	35	333	13	336	18	339	58
	12	330	0	330	40	332	31	334	36	336	58	339	43	342	58
	18	333	21	334	50	336	27	338	18	340	22	342	47	345	37
	24	337	30	338	48	340	3	341	46	343	35	345	38	348	3
	30	341	34	342	39	343	49	345	9	346	34	348	20	350	20
♓	6	345	29	346	21	347	17	348	20	349	32	350	53	352	28
	12	349	11	349	51	350	33	351	21	352	14	353	16	354	26
	18	352	50	353	16	353	45	354	16	354	52	355	33	356	20
	24	356	26	356	40	356	23	357	10	357	53	357	48	358	11
	30	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0

Tafel der Winkel, welche die Ekliptik mit dem Horizonte bildet.

Polhöhe		39		42		45		48		51		54		57		Polhöhe	
Ekliptik		Winkel		Winkel		Winkel		Winkel		Winkel		Winkel		Winkel		Ekliptik	
Zeichen	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Zeichen
♈	0	27	32	24	32	21	32	18	32	15	32	12	32	9	32	30	
	6	27	37	24	36	21	36	18	36	15	35	12	35	9	35	24	
	12	27	49	24	49	21	48	18	47	15	45	12	43	9	41	18	
	18	28	13	25	9	22	6	19	3	15	59	12	56	9	53	12	
	24	28	45	25	40	22	34	19	29	16	23	13	18	10	13	6	♓
	30	29	27	26	15	23	11	20	5	16	56	13	45	10	31	30	
♉	6	30	19	27	9	23	59	20	48	17	34	14	20	11	2	24	
	12	31	21	28	9	24	56	21	41	18	23	15	3	11	40	18	
	18	32	35	29	20	26	3	22	43	19	21	15	56	12	26	12	
	24	34	5	30	43	27	23	24	2	20	41	16	59	13	20	6	♒
	30	35	40	32	17	28	52	25	26	21	52	18	14	14	26	30	
♊	6	37	29	34	1	30	37	27	5	23	11	19	42	15	48	24	
	12	39	32	36	4	32	32	28	56	25	15	21	25	17	23	18	
	18	41	44	38	14	34	41	31	3	27	18	23	25	19	16	12	
	24	44	8	40	32	37	2	33	22	29	35	25	37	21	26	6	♑
	30	46	41	43	11	39	33	35	53	32	5	28	6	23	52	30	
♋	6	49	18	45	51	42	15	38	35	34	44	30	50	26	36	24	
	12	52	3	48	34	45	0	41	8	37	55	33	43	29	34	18	
	18	54	44	51	20	47	48	44	13	40	31	36	40	32	39	12	
	24	57	30	54	5	50	38	47	6	43	33	39	43	35	50	6	♐
	30	60	4	56	42	53	22	49	54	46	21	42	43	38	56	30	
♌	6	62	40	59	27	56	0	52	34	49	9	45	37	41	57	24	
	12	64	59	61	44	58	26	55	7	51	46	48	19	44	48	18	
	18	67	7	63	56	60	20	57	26	54	6	50	47	47	24	12	
	24	68	59	65	52	62	42	59	30	56	17	53	7	49	47	6	♏
	30	70	38	67	27	64	18	61	17	58	9	54	58	52	38	30	
♍	6	72	0	68	53	65	51	62	46	59	37	56	27	53	16	24	
	12	73	4	70	2	66	59	63	56	60	53	57	50	54	46	18	
	18	73	51	70	50	67	49	64	48	61	46	58	45	55	44	12	
	24	74	19	71	20	68	20	65	19	62	18	59	17	56	16	6	
	30	74	28	71	28	68	28	65	28	62	28	59	28	56	28	0	♎

Capitel 11.

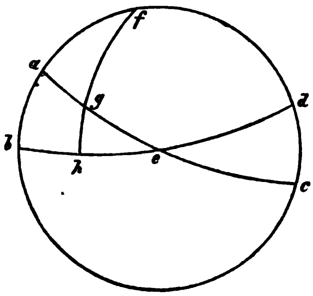
Ueber den Gebrauch dieser Tafeln.

Der Gebrauch dieser Tafeln ergiebt sich schon aus ihrer Entwicklung. Wenn man nämlich die Rectascension für einen bekannten Grad der Sonne nimmt, zu derselben für jede gleiche Stunde 15 Grad addirt, und jede 360 Grade eines vollen Kreises, — falls die Summe grösser geworden ist, — davon abzieht; so ergiebt der Rest der Rectascension den Grad der Ekliptik, welcher zu der gegebenen Zeit, vom Mittag an gerechnet, culminirt. Ebenso, wenn man für die schiefe Aufsteigung seiner Gegend dasselbe thut: so hat man den, zu der vom Aufgange der Sonne an zurückgerechneten Zeit aufgehenden Punkt der Ekliptik. Auch für beliebige ausserhalb der Ekliptik befindliche Sterne, deren Rectascensionen bekannt sind, ergiebt sich, wie oben gezeigt ist, aus dem Verzeichnisse derjenige Punkt der Ekliptik, welcher bei gleicher Rectascension vom Anfang des Widders gerechnet, mit denselben zugleich den Meridian passirt; und aus ihrer schiefen Aufsteigung ergiebt sich, welcher Punkt der Ekliptik mit ihnen zugleich aufgeht, je nachdem sich die Aufsteigungen und Grade der Ekliptik an den betreffenden Stellen der Tafeln finden. Auf gleiche Weise, aber an immer entgegengesetzten Stellen, wird man beim Untergange verfahren. Wenn ferner zu derjenigen Rectascension, welche culminirt, ein Viertelkreis addirt wird: so erhält man die schiefe Aufsteigung des aufgehenden Sternes. Es ergiebt sich also aus dem culminirenden Grade auch der aufgehende und umgekehrt. Es folgt die Tafel der Winkel, welche die Ekliptik mit dem Horizonte bildet, und welche nach dem aufgehenden Grade der Ekliptik abgelesen werden. Hieraus wird auch ersehen, um wie viel sich der 90ste Grad der Ekliptik über dem Horizonte erhebt, was bei Sonnenfinsternissen sehr nothwendig zu wissen ist.

Capitel 12.

Ueber die Winkel und Bogen derjenigen Kreise, welche durch die Pole des Horizonts nach der Ekliptik gezogen sind.

Wir gehen dazu über, das Verhältniss der Winkel und Bogen, welche an den Schnittpunkten der Ekliptik und der Kreise entstehen, welche durch den Pol des Horizontes gehen und auf denen auch die Höhe über dem Horizonte gemessen wird, auseinander zu setzen. Nun ist aber über die Höhe der Sonne im Meridian, oder irgend eines beliebigen culminirenden Grades der Ekliptik und über den Winkel, unter welchem letztere den Meridian schneidet, bereits oben gehandelt; da ja der Meridian selbst einer jener Kreise ist, welche durch den Scheitel des Horizonts gezogen sind. Auch von dem Winkel am Aufgangspunkte ist schon vorhin die Rede gewesen, indem sein Complement der Winkel ist, welchen der Quadrant des Viertelkreises mit der aufgehenden Ekliptik einschliesst. Es bleibt also noch übrig, unter Beibehaltung der früheren Figur, über die zwischenliegenden Schnittpunkte des Meridians und der Halbkreise der Ekliptik und des Horizontes, die Untersuchung zu führen. Man nehme irgend ein beliebiges Zeichen der Ekliptik zwischen der Mittagslinie und dem Aufgangs- oder Untergangspunkte, dies sei *g*. Durch dasselbe ziehen wir vom Pole des Horizontes *f* den Kreisquadranten *fgh*. Da durch die Zeit der ganze zwischen dem Meridiane und dem Horizonte liegende Bogen *age*, und nach der Voraussetzung *ag* gegeben ist, ebenso *af* wegen der gegebenen Meridianshöhe *ab*: so ergiebt sich zugleich mit dem Meridianswinkel *fag* auch *fg* nach den Sätzen der sphärischen Dreiecke, und somit auch der Rest *gh*, als die Höhe des Punktes *g*, sowie der Winkel *fga*, was wir suchten. Diese Ableitung der Winkel und der Bogen der Ekliptik haben wir in der Kürze von Ptolemäus entlehnt, indem wir uns auf die allgemeine Abhandlung über die sphärischen Dreiecke bezogen. Wenn sich Jemand hierin üben will: so kann er selbst mehr Anwendungen erfinden, als was wir soeben beispielsweise behandelt haben.



Capitel 13.

Ueber den Auf- und Untergang der Gestirne.

Zu der täglichen Umdrehung scheinen auch die Auf- und Untergänge der Gestirne zu gehören; nicht nur jene einfachen, über welche wir eben erst gesprochen haben, sondern auch diejenige Art, durch welche die Gestirne Morgen- und Abendsterne werden. Obgleich dies Letztere mit der jährlichen Revolution zusammenhängt: so scheint es doch am passendsten hier besprochen zu werden. Die alten Mathematiker unterscheiden wahre von scheinbaren Morgen- und Abendsternen. Bei den wahren findet der Morgen-Aufgang eines Gestirns dann statt, wenn dasselbe mit der Sonne zugleich aufgeht; der Morgen-Untergang aber dann, wenn das Gestirn bei aufgehender Sonne untergeht; und in dieser ganzen Zwischenzeit heisst es Morgen-Gestirn. Ein Abendaufgang findet aber statt, wenn das Gestirn bei untergehender Sonne aufgeht; ein Abenduntergang dagegen, wenn das Gestirn bei untergehender Sonne auch untergeht; und in dieser ganzen Zwischenzeit heisst es Abendgestirn, indem es bei Tage unsichtbar ist, und bei Nacht erscheint. Bei den scheinbaren Morgen- und Abendsternen aber findet der Morgen-Aufgang des Gestirns dann statt, wenn dasselbe mit der Morgendämmerung und vor Sonnenaufgang sich anschickt, aufzugehen und zu erscheinen beginnt; der Morgenuntergang aber dann, wenn das Gestirn bei aufgehenwollender Sonne eben unterzugehen scheint; der Abend-Aufgang dann, wenn bei der Abenddämmerung das Gestirn eben aufgeht; der Abend-Untergang aber dann, wenn das Gestirn nach Sonnenuntergang erst aufhört ferner sichtbar zu sein, und im Uebrigen von der Sonne beim Aufgehen verdeckt wird, bis es bei dem Morgen-Aufgange in der Reihenfolge früher erscheint. Dies verhält sich bei den Fixsternen, und auch bei den Planeten Saturn, Jupiter und Mars auf gleiche Weise. Aber Venus und Merkur gestalten ihren Auf- und Untergang anders: denn sie werden nicht, wie jene, durch die Ankunft der Sonne verdeckt, noch durch ihren Weggang aufgedeckt, sondern indem sie vorwärts schreiten, tauchen sie sich in den Glanz der Sonne und entziehen sich demselben. Jene werden beim Abend-Aufgange und beim Morgen-Untergange gar nicht unsichtbar, so dass sie mit ihrem Lichte fast die ganze Nacht hindurch leuchten. Diese aber verschwinden ohne Unterschied vom Untergange zum Aufgange, und können nicht gesehen werden. Es giebt auch noch einen andern Unterschied, dass nämlich bei jenen die wahren Morgen-Auf- und Untergänge früher eintreten, als die scheinbaren, die Abend-Auf- und Untergänge aber später, indem sie dort vor dem Aufgange der Sonne vorausgehen, hier ihrem Untergange folgen. Bei den untern Planeten aber sind die scheinbaren Morgen- und Abend-Aufgänge später als die wahren, die Untergänge dagegen früher. Die Methode aber, durch welche sie zu bestimmen sind, kann aus dem Obengesagten eingesehen werden, wo wir die schiefe Aufsteigung jedes Sterns, welcher einen bekannten Ort einnimmt, und mit welchem Grade der Ekliptik er auf- und untergeht, auseinander gesetzt haben. Wenn nun die Sonne in diesem Punkte oder in dem ihm entgegengesetzten erscheint: so hat das Gestirn einen wahren Auf- oder Untergang, Morgens oder Abends. Von diesen unterscheiden sich die scheinbaren je nach der Helligkeit und Grösse des Gestirns. Diejenigen, welche sich durch stärkeres Licht auszeichnen sind kürzere Zeit in den Sonnenstrahlen verborgen, als diejenigen, welche schwächer leuchten. Und die Grenzen des Unsichtbarseins und des Erscheinens, werden durch die unter dem Horizonte liegenden Bogen der Kreise, welche durch die Pole des Horizonts gezogen sind, zwischen dem Horizonte selbst und der Sonne bestimmt. Sie betragen für die Fixsterne erster Grösse fast 12°, für den Saturn 11°, für Jupiter 10°, für Mars 11½°, für Venus 5°, für Merkur 10°. Im Allgemeinen aber weicht der Rest des Tageslichtes, welcher die Abend- oder Morgendämmerung ausmacht, der Nacht bei 18 Graden des schon bezeichneten Bogens; wenn die Sonne um so viele Grade unter dem Horizonte steht: so beginnen auch die kleineren Sterne sichtbar zu werden. Manche nehmen den unter dem Horizonte liegenden Parallelkreis an, und sagen, wenn die Sonne diesen berührt, es tage oder die Nacht sei beendet. Wenn wir also wissen, mit welchem Punkte der Ekliptik ein Gestirn auf- oder untergeht, und den Winkel dieses Bogens der Ekliptik mit dem Horizonte in demselben Punkte kennen, und wenn wir dann zwischen dem aufgehenden Punkte und der Sonne noch so viele Grade der Ekliptik finden, als hinreichen, um die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte der für das gegebene Gestirn bestimmten Grenze gleich zu machen: so sagen wir, es finde sein erstes Erscheinen oder Verschwinden statt. Was wir aber über die Höhe der Sonne über dem Horizonte in den vorhergehenden Auseinandersetzungen nachgewiesen haben, stimmt in Allem mit ihrem Versinken unter den Horizont überein, und unterscheidet sich nur durch die Stellung; wie denn dasjenige, was für die sichtbare Halbkugel untergeht, für die unsichtbare aufgeht. Es steht Alles in Wechselbeziehung und ist leicht einzusehen, deshalb mag das, was über den Auf- und Untergang der Gestirne, sowie über die tägliche Umdrehung des Erdballs gesagt ist, hinreichen.

Capitel 14.

Ueber die Orts-Bestimmung der Sterne und das Verzeichniss der Fixsterne.

Nachdem von uns die tägliche Umdrehung der Erdkugel, nebst ihren Folgen auseinandergesetzt ist: so müsste jetzt der Nachweis des jährlichen Umlaufs folgen. Wie aber einige der alten Mathematiker der Meinung gewesen sind, dass die Erscheinungen der Fixsterne, als die Grundlage der Wissenschaft, vorangehen müssen: so halten auch wir es für gut, dieser Meinung zu folgen; da wir in dem Streite der Prinzipien gegen die Hypothesen annehmen wollen, dass die Sphäre der Fixsterne überhaupt ganz unbeweglich sei, so dass die Abweichungen aller Planeten mit Recht auf dieselben bezogen werden. Niemand aber nehme daran, dass wir diese Anordnung getroffen haben, deswegen Anstoss, weil Ptolemäus in seiner „grossen Construction" der Meinung gewesen ist, dass die Entwickelung der Fixsterne nur vorgenommen werden könne, wenn die Kenntniss der Sonnen- und Mond-Oerter vorangegangen wäre, und deshalb geglaubt hat, dass die Untersuchung über die Fixsterne bis dahin verschoben werden müsse. Wenn man dies in Bezug auf die Zahlen versteht, durch welche die scheinbare Bewegung der Sonne und des Mondes ausgedrückt wird: so mag das vielleicht richtig sein; denn auch der Geometer Menelaus hat die meisten Sterne und ihre Oerter mittelst der Mondconjunctionen in Zahlen abgeleitet. Wir werden dies aber viel besser erreichen, wenn wir aus den, mit Hülfe der Instrumente, sorgfältig geprüften Oertern der Sonne und des Mondes, irgend einen Stern bestimmen, was wir bald zeigen werden. Es dient uns auch der vergebliche Versuch derer zur Warnung, welche glaubten, dass die Grösse des Sonnenjahres einfach aus den Aequinoctien oder Solstitien, und nicht auch aus den Fixsternen abzuleiten wäre, worüber man bis auf unsere Zeiten niemals zur Uebereinstimmung gelangen konnte, so dass in keinem Capitel ein grösserer Streit bestanden hat. Dies hatte Ptolemäus im Sinne, als er das Sonnenjahr nicht ohne den Verdacht eines Irrthums, der mit der Zeit sich herausstellen könnte, zu seiner Zeit berechnet hatte, und die Nachwelt aufforderte, in dieser Angelegenheit künftig die äusserste Gewissheit zu erstreben. Es hat uns daher der Mühe werth geschienen, zu zeigen, wie mit Hülfe der Instrumente die Oerter der Sonne und des Mondes gefunden werden, um wieviel sie nämlich vom Frühlingsäquinoctium oder von andern Hauptpunkten der Welt abstehen; was uns dann bei der Untersuchung der andern Gestirne von Nutzen ist, so dass wir dadurch auch die mit Glanz durchwobene Fixsternsphäre und deren Bild dem Auge darlegen. Mit welchen Instrumenten aber der Abstand der Wendekreise, die Schiefe der Ekliptik und die Neigung der Kugel oder die Höhe der Pole des Aequators gemessen werden, ist oben auseinandergesetzt. Auf dieselbe Weise können wir jede beliebige Mittagshöhe der Sonne erhalten. Diese Höhe wird uns je nach ihrem Unterschiede von der Neigung der Kugel ergeben, um wie viel die Sonne vom Aequator abweicht; und aus dieser Abweichung wird ihr, vom Aequinoctium oder Solstitium an, gerechneter Ort für den Mittag selbst erkannt. Die Sonne scheint aber in einem Zeitraume von 24 Stunden fast einen Grad zu durchlaufen, es kommen also auf den stündlichen Antheil $2\frac{1}{2}$ Minuten, woraus ihr Ort für jede beliebige andere Stunde leicht berechnet werden kann.

Um nun die Oerter des Mondes und der Sterne zu beobachten, wird ein anderes Instrument construirt, welches Ptolemäus[59]) Astrolabium nennt. Es werden nämlich zwei Kreise oder vierkantige Kreisringe so hergestellt, dass sie mit ihren ebenen Seiten oder Wangen die concave oder convexe Oberfläche rechtwinklig schneiden: durchweg congruent und von passlicher Grösse, damit sie nicht durch zu grosse Ausdehnung beschwerlicher zu handhaben sind, während andererseits die Grösse für eine genauere Eintheilung der Grade günstig ist. Ihre Breite und Dicke belaufe sich aber wenigstens auf den dreissigsten Theil des Durchmessers. Sie werden alsdann rechtwinklig gegeneinander zusammengefügt und verbunden, so dass sie mit ihren convexen und concaven Seiten an einander passen, als ob sie der Rundung einer Kugel angehörten. Von diesen nehme nun der eine die Stelle der Ekliptik, der andere die Stelle desjenigen Kreises ein, welcher durch die Pole des Aequators und der Ekliptik geht. Der die Ekliptik vorstellende Kreis ist an den Seiten in gleiche Theile, gewöhnlich 360, zu theilen, welche wieder Unterabtheilungen erhalten, so weit es das Instrument zulässt. Auf dem andern Kreise werden von der Ekliptik aus Quadranten abgemessen. und dort die Pole der Ekliptik bezeichnet; von diesen nimmt man, nach Maassgabe der Schiefe der Ekliptik. Abstände und bezeichnet hier die Pole des Aequators. Nachdem dies so eingerichtet ist, werden zwei andere Kreise durch die Pole der construirten Ekliptik gelegt, um welche Pole der eine ausserhalb, der andere innerhalb sich bewegen soll. Ihre Dicken zwischen den beiden ebenen Flächen sind gleich, die Breiten der Wangen aber sind ähnlich denen jener Kreise; und sie sind so gepasst, dass die concave Oberfläche des grösseren, die convexe; und die convexe Oberfläche des kleineren die concave Oberfläche der Ekliptik überall berührt; so jedoch, dass ihre Bewegung nicht gehindert wird, sondern dass die Ekliptik mit ihrem Meridiane, und jene gegenseitig aneinander vorübergehen können. Diese Kreise durchbohrt man mit Sorgfalt diametral, sowie auch jene Pole der Ekliptik, und fügt ihnen Axen ein, durch welche sie verbunden und geleitet werden.

Der innere Kreis ist ebenfalls in 360 gleiche Theile getheilt, so dass in den einzelnen Quadranten an den Polen 90 steht. In seiner Rundung ist überdem ein anderer, also ein fünfter, in derselben Ebene drehbarer Kreis anzubringen, an dessen Wangen ein paar Platten, in diametraler Richtung, mit Oeffnungen oder Stiften befestigt sind, an denen das Licht des Sternes, wie bei Diopteru, einfallen und durchgehen kann. Im Durchmesser des Kreises sind noch auf beiden Seiten Marken angefügt, als Indexe der Zahlen des umschliessenden Kreises um die Breiten auf demselben abzulesen. Endlich ist noch ein sechster Kreis erforderlich, welcher das ganze Astrolabium umfasst, in den Punkten der Pole des Aequators an Stiften hält, auf einer Säule ruht, und durch diese gegen die Ebene des Horizonts senkrecht eingestellt und befestigt ist. Nachdem auch die Pole, der Neigung der Kugel gemäss, eingestellt sind, stehe der Meridiankreis in der natürlichen Lage des Meridians, und wanke durchaus nicht aus derselben. Wenn wir, nach dieser Einrichtung des Instruments, den Ort irgend eines Sternes aufnehmen wollen: so stellen wir gegen Abend, oder wenn die Sonne eben untergehen will, und zu einer Zeit, wo wir auch den Mond in Sicht haben, den äussern Kreis auf den Grad der Ekliptik, in welchem wir nach dem Früheren die Sonne wissen, und wenden die Kreistheile nach der Sonne selbst, bis jeder von beiden, nämlich die Ekliptik und der äussere durch ihre Pole gehende Kreis sich gleichmässig beschatten; dann wenden wir den inneren Kreis nach dem Monde, und nachdem wir das Auge in seine Ebene gebracht haben, wo wir den Mond gleichsam durch die Ebene geschnitten sehen: notiren wir den Ort in der Ekliptik des Instruments; dies wird die Länge des Ortes des Mondes sein. Ohne diesen gäbe es nämlich keinen Weg für die Feststellung der Sternörter, da derselbe allein unter Allen zugleich dem Tage und der Nacht angehört. Darauf, wenn die Nacht hereinbricht, und der Stern, dessen Ort wir suchen, schon gesehen werden kann, richten wir den äussern Kreis nach dem Monde, wodurch wir die Stellung des Astrolabiums ebenso auf den Mond einstellen, wie wir es auf die Sonne gethan hatten. Dann wenden wir ebenso den inneren Kreis nach dem Sterne, bis er an der Ebene des Kreises zu hangen scheint, und durch die Diopter, welche sich auf dem eingeschlossenen Kreise befinden, gesehen wird. Auf diese Weise erhalten wir die Länge und Breite des Sternes. Während dies gethan wird, sieht man nach, welcher Grad der Ekliptik culminirt, und daraus ergiebt sich mit Gewissheit die Zeit, zu welcher die Beobachtung gemacht ist. So findet z. B. Ptolemäus[60]), — welcher im zweiten Jahre des Kaisers Antoninus Pius, am neunten Tage des Pharmuthi, des achten Monats der Aegypter, in Alexandrien, beim Untergange der Sonne, den Ort desjenigen Sternes beobachten wollte, welcher, an der Brust des Löwen, Basiliskus oder Regulus genannt wird, — an dem auf die eben untergehende Sonne eingestellten Astrolabium, — nachdem fünf Nachtgleichen-Stunden seit Mittag verflossen waren, und während die Sonne in $3\frac{1}{24}$ Grad der Fische stand, — durch den eingestellten innern Kreis, dass der Mond von der Sonne um $92\frac{1}{8}$ Grade abstand; wonach damals der Ort des Mondes in $5\frac{1}{6}$ Grad der Zwillinge erschien. Nach einer halben Stunde. wodurch die sechste Stunde nach Mittag voll wurde, und als der Stern bereits sichtbar zu werden begonnen hatte, und als der 4te Grad der Zwillinge culminirte: richtete er den äusseren Kreis des Instruments auf den eben erhaltenen Ort des Mondes, und erhielt, durch das Verschieben des inneren Kreises, den Abstand des Sternes von dem Monde, in der Reihenfolge der Zeichen, zu $57\frac{1}{10}$ Grad. Weil also der Mond von der untergehenden Sonne, wie bemerkt, um $92\frac{1}{8}$ Grad abstand, welcher Winkel den Mond auf $5\frac{1}{6}$ Grad der Zwillinge bestimmte, — während einer halben Stunde aber, der Mond um $\frac{1}{4}$ Grad sich fortbewegt hat, da die stündliche Grösse der Mondsbewegung ungefähr $\frac{1}{2}$ Grad beträgt, — aber wegen des damaligen Abnehmens des Mondes das halbstündige Fortrücken desselben etwas, ungefähr $\frac{1}{12}$, kleiner als $\frac{1}{4}$ sein musste. weshalb der Mond in $5\frac{1}{3}$ Grad der Zwillinge stand, — (wenn wir erst die Mondsveränderungen abgehandelt haben werden, so wird sich ergeben, dass die Differenz nicht so gross gewesen ist, so dass es klar werden wird, der gesehene Ort des Mondes habe um mehr, als $\frac{1}{3}$, und kaum weniger, als um $\frac{2}{5}$ die 5 Grade der Zwillinge überschritten), — und wenn hiezu $57\frac{1}{10}$ Grade addirt werden: — so ergiebt sich der Ort des Sternes in $2\frac{1}{2}$ Grad des Löwen, also von der Sonnenwende fast um $32\frac{1}{2}$ Grade abstehend, bei einer nördlichen Breite von $\frac{1}{6}$ Grad. Hier war der Ort des Basiliskus, aus welchem auch die Stellungen der anderen Fixsterne sich ergaben. Diese Beobachtung des Ptolemäus ist angestellt nach den Römern im Jahre Christi 139 den 24 Februar, im ersten Jahre der 229sten Olympiade. So ermittelte jener hervorragendste Mathematiker, welchen Ort zu jener Zeit jeder Stern in Bezug auf das Frühlingsäquinoctium einnahm und gab die Helligkeit der Himmelskörper an, wodurch er unserm Studium bedeutende Dienste leistete, und uns in der schweren Arbeit so unterstützte, dass wir, die wir der Meinung sind, die Sternörter seien nicht auf die Aequinoctien, welche sich mit der Zeit ändern, sondern vielmehr die Aequinoctien auf die Sphäre der Fixsterne zu beziehen, die Bestimmung der Sterne leicht auf irgend einen andern unveränderlichen Anfangspunkt beziehen können, nämlich auf den Widder, als das erste Zeichen, und zwar auf dessen ersten Stern, welcher im Kopfe desselben steht. Dabei wurde angenommen, dass diejenigen, welche gleichsam angeheftet und unter sich zusammenhängend an ihren für immer eingenommenen Stellen leuchten, immer ein und dasselbe unwandelbare Ansehen behalten. Sie sind aber durch die bewunderungswürdige Mühe und Sorgfalt der Alten in 48 Bilder eingetheilt, mit Ausnahme derjenigen, welche ein Kreis, der die für das vierte, ungefähr durch Rhodos gehende, Klima stets unsichtbaren Sterne abtrennt. Diese Sterne blieben ebenso formlos, wie sie unbekannt waren. Nach des jüngeren Theon's Meinung sind in der Aratischen Beschreibung die Sterne aus keiner anderen Ursache in Sternenbilder geordnet, als um ihre so grosse Menge einzutheilen, und sie nach altem Brauche mit gewissen Benennungen einzeln zu bezeichnen; wie es feststeht, dass schon bei Hiob[61]) einige benannt waren, und wir auch bei Hesiod und Homer[62]) die Namen der Plejaden, Hyaden, des Arcturus und Orion lesen. Bei ihrer Bezeichnung nach der Länge bedienen wir uns also nicht der Eintheilung in zwölf Theile, welche von den Aequinoctien und den Sonnenwenden beginnen, sondern der einfachen und gewohnten Zahlen der Grade; im Uebrigen folgen wir dem Ptolemäus, mit Ausnahme weniger, von denen wir erkannt haben, dass sie entweder verfälscht sind, oder sich sonst anders verhalten. In wie fern aber ihr Abstand von jenen Hauptpunkten zugänglich ist, wollen wir im folgenden Buche lehren.[63])

VERZEICHNISS DER STERNBILDER UND STERNE [64])
UND ZWAR ZUERST DERER,
WELCHE IN DER NÖRDLICHEN GEGEND STEHEN.

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der kleine Bär oder Hundeschwanz.[65])								
Am äussersten Ende des Schwanzes[66])	53	30		66	0	3		α
Der nachfolgende am Schwanze . . .	55	50		70	0	4		δ
Am Anfange des Schwanzes	69	20		74	0	4		ε
Der südliche an der vorangehenden Seite des Vierecks	83	0		75	20	4		ζ
Der nördliche an derselben Seite . .	87	0		77	40	4		η
Der südl. an der nachfolgenden Seite[67])	100	30		72	40	2		β
Der nördliche an derselben Seite . .	109	30		74	50	2		γ
7 Sterne, 2 zweiter, 1 dritter und 4 vierter Grösse.								
Der Unförmliche beim Hundeschwanze, welcher in grader Linie mit der nachfolgenden Seite südlich steht.	103	20		71	10	4		*a*
Der grosse Bär, welcher Helice[68]) genannt wird.								
Am Maul	78	40	Nördlich	39	50	4		o
Der vorangehende von zweien an den Augen	79	10		43	0	5		A
Der nachfolgende	79	40		43	0	5		π
Der vorangehende von zweien an der Stirn	79	30		47	10	5		ρ
Der nachfolgende an der Stirn . . .	81	0		47	0	5		σ
Der vorangehende am rechten Ohre .	81	30		50	30	5		*d*
Der vorangehende von zweien am Halse	85	50		43	50	4		τ
Der nachfolgende	92	50		44	20	4		*h*
Der nördliche von zweien an der Brust	94	20		44	0	4		υ
Der südliche	93	20		42	0	4		φ
Am linken, vorderen Knie	89	0		35	0	3		θ
Der nördliche von zweien am linken Vorderfusse	89	50		29	0	3		ι
Der südliche	88	40		28	30	3		κ
Am rechten, vorderen Knie	89	0		36	0	4		*e*
Der unter diesem Knie	101	10		33	30	4		*f*
Der am Rücken	104	0		49	0	2		α
Der am Schenkel	105	30		44	30	2		β
Der am Anfange des Schwanzes . .	116	30		51	0	3		δ
Der am linken Hinterschenkel . . .	117	20		46	30	2		γ
Der vorangehende von zweien am linken Hinterfusse	106	0		29	38	3		λ
Der diesem nachfolgende	107	30		28	15	3		μ
Der in der Biegung des linken Hinterfusses	115	0		35	15	4		ψ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der nördliche von zweien am rechten Hinterfusse	123	10		25	50	3		ν
Der südlichere	123	40		25	0	3		ξ
Der erste von dreien am Schwanze .	125	30		53	30	2		ε
Der mittlere von diesen	131	20		55	40	2		ζ
Der letzte im äussersten Ende des Schwanzes	143	10		54	0	2		η
27 Sterne, von denen 6 zweiter, 8 dritter, 8 vierter, 5 fünfter Grösse sind.								
Unförmliche um den grossen Bär.								
Der gegen Süden unter dem Schwanze	141	10		39	45	3		d Herz Carl's II
Der schwächere, der jenem vorangeht	133	30		41	20	5		8 Jagdhunde
Der zwischen den Vorderfüssen des Bären und dem Kopfe des Löwen	98	20		17	15	4		40 Linx
Der von diesem mehr nördliche . . .	96	40	Nördlich	19	10	4		38 Linx
Der letzte von dreien schwächeren .	99	30		20	0		schwach	9 kleiner Löwe
Der diesem vorangehende	95	30		22	45		schwach	?
Der noch mehr vorangehende . . .	94	30		23	15		schwach	?
Der zwischen den Vorderfüssen und den Zwillingen	100	20		22	15		schwach	31 Linx
Also 1 dritter, 2 vierter, 1 fünfter Grösse und 4 schwache.								
Der Drache.								
Der an der Zunge	200	0		76	30	4		μ
Am Maul.	215	10		78	30	4	heller	ν
Ueber dem Auge	216	30		75	40	3		β
Am Kinnbacken	229	40		75	20	4		ξ
Ueber dem Kopfe	233	30		75	30	3		γ
Der nördliche an der ersten Biegung des Halses	258	40		82	20	4		b
Der südliche	295	50		78	15	4		c
Der mittlere	262	10		80	20	4		d
Der diesem an der Ostseite folgende, in der folgenden Biegung	282	50		81	10	4		o
Der südliche der vorangehenden Seite des Vierecks	331	20		81	40	4		π
Der nördliche derselben Seite . . .	343	50		83	0	4		δ
Der nördliche an der nachfolgenden Seite	1	0		78	50	4		ε
Der südliche derselben Seite	346	10		77	50	4		ρ
Der südliche des Dreiecks in der dritten Biegung	4	0		80	30	4		σ
Der vorangehende von den beiden übrigen dieses Dreiecks	15	0		81	40	5		υ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der nachfolgende	19	30		80	15	5		τ
Der folgende von dreien im vorangehenden Dreiecke	66	20		83	30	4		ψ
Der südliche von den beiden übrigen desselben Dreiecks	43	40		83	30	4		χ
Der nördlicher, als die beiden letzten steht	35	10		84	50	4		φ
Von zweien kleinen zunächst dem Dreiecke der nachfolgende	200	0		87	30	6		f
Der vorangehende derselben	195	0		86	50	6		ω
Der südliche von dreien, die in grader Linie folgen	152	30		81	15	5		g
Der mittlere von diesen dreien . . .	152	50		83	0	5		h
Der nördlichere von denselben . . .	151	0		84	50	3		ζ
Der nördliche von zweien, westlich von jenen	153	20	Nördlich	78	0	3		η
Der südlichere	156	30		74	40	4	stärker	θ
Der von diesen westlich in der Krümmung des Schwanzes steht	156	0		70	0	3		ι
Der vorangehende von zweien sehr entfernten	120	40		64	40	4		i
Der diesem folgt	124	30		65	30	3		α
Der nachfolgende am Schwanze . . .	192	30		61	15	3		κ
Am äussersten Ende des Schwanzes .	186	30		56	15	3		λ
Also 31 Sterne, von denen 8 dritter, 16 vierter, 5 fünfter, 2 sechster Grösse sind.								
Cepheus.								
Am rechten Fusse	28	40		75	40	4		κ
Am linken Fusse	26	20		64	15	4		γ
Auf der rechten Seite unter dem Gürtel	0	40		71	10	4		β
Der die rechte Schulter berührt . .	340	0		69	0	3		α
Am rechten Hüftgelenk	332	40		72	0	4		η
Der nachfolgende an derselben Hüfte	333	20		74	0	4		θ
An der Brust	252	0		65	30	5		ξ
Am linken Arm	1	0		62	30	4		ι
Der südliche von dreien am Hauptschmuck	339	40		60	15	5		ε
Der mittlere derselben	340	40		61	15	4		ζ
Der nördliche derselben	342	20		61	30	5		λ
11 Sterne; 1 dritter, 7 vierter, 3 fünfter Grösse								
Der von zweien unförmlichen, welcher der Tiara vorangeht	337	0		64	0	5		14
Der diesem nachfolgende	344	40		59	30	4		

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Bootes oder der Bärenhüter[69]).								
Der vorangehende von dreien an der linken Hand	145	40		58	40	5		κ
Der mittlere und südlichere von den dreien	147	30		58	20	5		ι
Der nachfolgende von diesen dreien .	149	0		60	10	5		ϑ
An dem linken Hüftgelenk	143	0		54	40	5		λ
An der linken Schulter	163	0		49	0	3		γ
Am Kopfe	170	0		53	50	4	stärker	β
An der rechten Schulter	179	0		48	40	4		δ
Der südliche von zweien am Hirtenstabe[70])	179	0		53	15	4		μ
Der nördlichere am Ende des Hirtenstabes	178	20		57	30	4		ν
Der nördliche von zweien am Jagdspiess unter der Schulter	181	0	h	46	10	4	stärker	χ
Der südliche derselben	181	50		45	30	5		?
Der äusserste an der rechten Hand .	181	35	c	41	20	5		c
Der vorangehende von zweien in der hohlen Hand	180	0	i	41	40	5		ψ
Der diesem nachfolgende	180	20		42	30	5		b
Am äussersten Griffe des Hirtenstabes	181	0	l	40	20	5		ω
Am rechten Schenkel	173	20		40	15	3		ε
Der nachfolgende von zweien am Gürtel	169	0	d	41	40	4		σ
Der vorangehende	168	20		42	10	4	stärker	ρ
An der rechten Ferse	178	40	r	28	0	3		ζ
Der nördliche von dreien am linken Schenkel	164	40	ö	28	0	3		η
Der mittlere von diesen dreien . . .	163	50		26	30	4		τ
Der südliche derselben	164	50	N	25	0	4		υ
22 Sterne; 4 dritter, 9 vierter, 9 fünfter Grösse								
Der unförmliche zwischen den Schenkeln, Arctur genannt.	170	20		31	30	1		α
Die nördliche Krone.								
Der glänzende in der Krone	188	0		44	30	2	stärker	α
Der allen vorangehende	185	0		46	10	4	stärker	β
Der nachfolgende, nördliche	185	10		48	0	5		ϑ
Der nachfolgende, nördlichere . . .	193	0		50	30	6		π
Der auf den glänzenden, gegen Süden, folgt	191	30		44	45	4		γ
Der zunächst folgt	190	30		44	50	4		δ
Der nach diesem weiter folgende . .	194	40		46	10	4		ε
Der allen in der Krone folgt . . .	195	0		49	20	4		ι
8 Sterne; 1 zweiter, 5 vierter, 1 fünfter, 1 sechster Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der auf dem Knie liegende Mann (Herkules) [71]			nördlich					
Am Kopfe	221	0		37	30	3		α
In der rechten Achselhöhle	207	0		43	0	3		β
Am rechten Arme	205	0		40	10	3		γ
Am rechten Ellenbogen	201	20		37	10	4		κ
An der linken Schulter.	220	0		48	0	3		δ
Am linken Arm	225	20		49	30	4	stärker	λ
Am linken Ellenbogen	231	0		42	0	4		μ
Einer von dreien in der linken hohlen Hand	238	50		52	50	4	stärker	ο
Der nördliche von den beiden übrigen	235	0		54	0	4	stärker	ν
Der südliche	234	50		53	0	4		ξ
An der rechten Seite	207	10		56	10	3		ζ
An der linken Seite.	213	30		53	30	4		ε
Links am Gesäss	213	20		56	10	5		d
Oben am linken Schenkel	214	30		58	30	5		c
Der vorangehende von dreien am linken Schenkel	217	20		59	50	3		π
Der diesem folgende.	218	40		60	20	4		e
Der dritte folgende	219	40		61	15	4		ρ
Am linken Knie	237	10		61	0	4		ϑ
Oben am linken Bein	225	30		69	20	4		ι
Der vorangehende von dreien am linken Fusse	188	40		70	15	6		χ
Der mittlere derselben	220	10		71	15	6		?
Der nachfolgende von den dreien . .	223	0		72	0	6		y
Oben am rechten Schenkel	207	0		60	15	4	stärker	η
Der nördliche am selben Schenkel .	198	50		63	0	4		σ
Am rechten Knie.	189	0		65	30	4	stärker	τ
Der südliche von zweien unter demselben Knie	186	40		63	40	4		φ
Der nördliche	183	30		64	15	4		υ
Am rechten Schienbein.	184	30		60	0	4		?
An der Spitze des rechten Fusses, oder am Ende des Hirtenstabes des Bootes	178	20		57	30	4		
Ausser diesen 28 Sternen, 6 dritter, 17 vierter, 2 fünfter, 3 sechster Grösse,								
Der unförmliche, südlich vom rechten Arm	206	0		38	10	5		ω
Die Leyer.								
Der glänzende, welcher Lyra oder Leyer genannt wird	250	40		62	0	1		α
Der nördliche der beiden daneben stehenden	253	40		62	40	4	stärker	ε

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der südlichere	253	40		61	0	4	stärker	ζ
In der Mitte des Anfanges der Hörner	262	0		60	0	4		δ
Der nördliche von zweien nach Osten folgenden	265	20		61	20	4		η
Der südlichere	265	0		60	20	4		ϑ
Der nördliche von zweien vorangehenden bei der Vereinigung	254	20		56	10	3		β
Der südlichere	254	10		55	0	4	schwächer	ν
Der nördliche von zweien nachfolgenden an demselben Joche	257	30		55	20	3		γ
Der südlichere	258	20		54	45	4	schwächer	λ
10 Sterne; 1 erster, 2 dritter, 7 vierter Grösse.								
Der Schwan oder Vogel.								
Am Schnabel	267	50	Nördlich	49	20	3		β
Am Kopfe	272	20		50	30	5		φ
In der Mitte des Halses	279	20		54	30	4	stärker	η
An der Brust	291	50		56	20	3		γ
Der glänzende am Schwanze	302	30		60	0	2		α
Am Gelenk des rechten Flügels . .	282	40		64	40	3		δ
Der südlichere von dreien an dem rechten Flügel	285	50		69	40	4		ϑ
Der mittlere	284	30		71	30	4	stärker	ι
Der letzte von den dreien und an der Flügelspitze	310	0		74	0	4	stärker	χ
Am Gelenk des linken Flügels . . .	294	10		49	30	3		ε
In der Mitte dieses Flügels	298	10		52	10	4	stärker	λ
An der Spitze desselben	300	0		74	0	3		ζ
Am linken Fusse	303	20		55	10	4	stärker	ν
Am linken Knie	307	50		57	0	4		ξ
Der vorangehende von zweien am rechten Fusse	294	30		64	0	4		1.o
Der nachfolgende	296	0		64	30	4		2.o
Der nebelige am rechten Knie . . .	305	30		63	45	5		ω
17 Sterne; 1 zweiter, 5 dritter, 9 vierter, 2 fünfter Grösse.								
Und zwei unförmliche beim Schwan								
Der südliche von zweien unter dem linken Flügel	306	0		49	40	4		τ
Der nördliche	307	10		51	40	4		σ
Cassiopeja.								
Am Kopf	1	10		45	20	4		ζ
An der Brust	4	10		46	45	3	stärker	α
Am Gürtel	6	20		47	50	4		η

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Unter dem Stuhl an den Schenkeln .	10	0		49	0	3	stärker	γ
Am Knie	13	40		45	30	3		δ
Am Schienbein.	20	20		47	45	4		ε
An der Fussspitze	355	0		48	20	4		ι
Am linken Arm	8	0		44	20	4		μ
Am linken Ellenbogen	7	40		45	0	5		ϑ
Am rechten Ellenbogen	357	40		50	0	6		ο
Am Fusse des Sitzes	8	20		52	40	4		κ
Mitten am Stuhl	1	10		51	40	3	schwächer	β
Der äusserste am Sitze	27	10		51	40	6		ρ
13 Sterne, 4 dritter, 6 vierter, 1 fünfter, 2 sechster Grösse.								
Perseus.								
Der nebelige zu äusserst an der rechten Hand	21	0	Nördlich	40	30		nebelig	χ
Am rechten Ellenbogen	24	30		37	30	4		η
An der rechten Schulter	26	0		34	30	4	schwächer	γ
An der linken Schulter.	20	50		32	20	4		ϑ
Am Kopfe fast nebelig.	24	0		34	30	4		τ
An den Schulterblättern	24	50		31	10	4		ι
Der glänzende an der rechten Seite .	28	10		30	0	2		α
Der vorangehende von dreien an derselben Seite	28	40		27	30	4		σ
Der mittlere	30	20		27	40	4		ψ
Der letzte von den dreien	31	0		27	30	3		δ
Am linken Ellenbogen	24	0		27	0	4		κ
Der glänzende an der linken Hand im Medusenhaupte	23	0		23	0	2		β
Der nachfolgende desselben Hauptes .	22	30		21	0	4		ω
Der vorangehende an demselben Haupte	21	0		21	0	4		ρ
Der auch diesem vorangehende . . .	20	10		22	15	4		π
Am rechten Knie.	38	10		28	15	4		b
Der diesem vorangehende am Knie .	37	10		28	10	4		λ
Der vorangehende von zweien in der Kniekehle	35	40		25	10	4		c
Der nachfolgende	37	20		26	15	4		μ
An der rechten Wade	37	30		24	30	5		d
Am rechten Knöchel	39	40		28	45	5		e
Am linken Schenkel.	30	10		21	40	4	stärker	ν
Am linken Knie	32	0		19	50	3		ε
Am linken Schienbein	31	40		14	45	3	stärker	ξ
An der linken Ferse	24	30		12	0	3	stärker	ο
An der linken Fussspitze	29	40		11	0	3	stärker	ζ
26 Sterne, 2 zweiter, 5 dritter, 16 vierter, 2 fünfter Grösse und 1 nebeliger.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Unförmliche beim Perseus.								
Beim linken Knie nach Osten . . .	34	10		31	0	5		f
Vom rechten Knie nach Norden . .	38	20		31	0	5		63 Camelopard
Der dem Medusenhaupte vorangehende	18	0		20	40		dunkel	1. p
3 Sterne; 2 fünfter Grösse, 1 dunkler.								
Heniochus oder Fuhrmann.								
Der südliche von zweien am Kopfe .	55	50		30	0	4		δ
Der nördliche	55	40		30	50	4		ξ
Der leuchtende an der linken Schulter, welcher Capella heisst	48	20		22	30	1		α
An der rechten Schulter	56	10		20	0	2		β
Am rechten Ellenbogen	54	30		15	15	4		ν
An der rechten Faust	56	10		13	30	4	stärker	ϑ
Am linken Ellenbogen	45	20	Nördlich	20	40	4	stärker	ε
Der vorangehende von den Ziegen . .	45	30		18	0	4	schwächer	η
Der nachfolgende von den Ziegen, an der linken Faust	46	0		18	0	4	stärker	ζ
An der linken Wade	53	10		10	10	3	schwächer	ι
An der rechten Wade und der nördlichen Hornspitze des Stiers . . .	49	0		5	0	3	stärker	γ
Am Knöchel	49	20		8	30	5		χ
Am Gesäss	49	40		12	20	5		φ
Der kleine am linken Fusse	24	0		10	20	6		5
14 Sterne; 1 erster, 1 zweiter, 2 dritter, 7 vierter, 2 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Ophiuchus oder Schlangenträger.								
Am Kopfe	228	10		36	0	3		α
Der vorangehende von zweien an der rechten Schulter	231	20		27	15	4	stärker	β
Der nachfolgende	232	20		26	45	4		γ
Der vorangehende von zweien an der linken Schulter	216	40		33	0	4		ι
Der nachfolgende	218	0		31	50	4		κ
Am linken Ellenbogen	211	40		34	30	4		λ
Der vorangehende von zweien an der linken Hand	208	20		17	0	4		δ
Der nachfolgende	209	20		12	30	3		ε
Am rechten Ellenbogen	220	0		15	0	4		μ
Der vorangehende von zweien an der rechten Hand	205	40		18	40	4	schwächer	ν
Der nachfolgende	207	40		14	20	4		τ
Am rechten Knie	224	30		4	30	3		η
Am rechten Schienbein	227	0		2	15	3	stärker	[72])
Der vorangehende von vieren am rechten Fuss	226	20	S.	2	15	4	stärker	ρ Fl. [73])

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der nachfolgende	227	40	S.	1	30	4	stärker	ϑ Fl.
Der dritte	228	20	S.	0	20	4	stärker	A
Der vierte	229	10	S.	1	45	5	stärker	B Fl.
Der die Ferse berührt	229	30	S.	1	0	5		*e* Fl.
Am linken Knie	215	30	N.	11	50	3		ζ
Der nördliche von dreien in grader Linie am linken Schenkel	215	0	N.	5	20	5	stärker	φ
Der mittlere derselben	214	0	N.	3	10	5		χ
Der südliche von den dreien	213	10	N.	1	40	5	stärker	ψ
An der linken Ferse	215	40	N.	0	40	5		ω
An der Sohle des linken Fusses . .	214	0	S.	0	45	4		*g*
24 Sterne; 5 dritter, 13 vierter, 6 fünfter Grösse.								
Unförmliche beim Schlangenträger.								
Der nördliche von dreien an der Ostseite der rechten Schulter	235	20		28	10	4		*n*
Der mittlere derselben	236	0		26	20	4		*o*
Der südliche von den dreien	233	40		25	0	4		*k*
Der diesen dreien nachfolgt	237	0		27	0	4		*p*
Der einzelne, nördlich von diesen vier Sternen	238	0		33	0	4		*S*
5 Unförmliche, alle vierter Grösse . .								
Die Schlange des Ophiuchus.								
In dem Vierecke am Kinnbacken . .	192	10	nördlich	38	0	4		ι
Der die Nasenlöcher berührt	201	0		40	0	4		ρ
An der Schläfe	197	40		35	0	3		γ
Am Anfange des Halses	195	20		34	15	3		β
In der Mitte des Vierecks und im Rachen	194	40		37	15	4		κ
Nördlich über dem Kopfe	201	30		42	30	4		π
An der ersten Biegung des Halses . .	195	0		29	15	3		δ
Der nördliche von drei nachfolgenden	198	10		26	30	4		λ
Der mittlere derselben	197	40		25	20	3		α
Der südliche von den dreien	199	40		24	0	3		ε
Der vorangehende der beiden an der Linken des Schlangenträgers . . .	202	0		16	30	4		μ
Der diesem folgende an derselben Hand	211	30		16	15	5		υ Oph.
An der rechten Schulter	227	0		10	30	4		ν
Der südliche von zweien nachfolgenden	230	20		8	30	4	stärker	ξ
Der nördliche	231	10		10	30	4		ο
Der an der Biegung des Schwanzes der rechten Hand nachfolgende . . .	237	0		20	0	4		ζ
Der nachfolgende am Schwanze . . .	242	0		21	10	4	stärker	η
An der Schwanzspitze	251	40		27	0	4		ϑ
18 Sterne; 5 dritter, 12 vierter und 1 fünfter Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.	Nördlich	Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der Pfeil.								
An der Spitze	273	30		39	20	4		γ
Der nachfolgende von dreien am Schaft	270	0		39	10	6		ζ
Der mittlere derselben	269	10		39	50	5		δ
Der vorangehende von den dreien . .	268	0		39	0	5		α
An der Kerbe	266	40		38	45	5		β
5 Sterne; 1 vierter, 3 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Der Adler.								
Mitten am Kopfe	270	30		26	50	4		τ
Am Halse	268	10		27	10	3		β
Der glänzende an den Schultern, welcher Aquila heisst.	267	10		29	10	2	stärker	α
Der diesem nächste mehr nach Norden	268	0		30	0	3	schwächer	o
Der vorangehende an der linken Schulter	266	30		31	30	3		γ
Der nachfolgende	269	20		31	30	5		φ
Der vorangehende an der rechten Schulter	263	0		28	40	5		μ
Der nachfolgende	264	30		26	40	5	stärker	σ
Am Schwanze, die Milchstrasse berührend	255	30		26	30	3		ε
9 Sterne; 1 zweiter, 4 dritter, 1 vierter, 3 fünfter Grösse.								
Unförmliche beim Adler (Antinous).								
Der vorangehende südlich vom Kopfe	272	0		21	40	3		η
Der nachfolgende	272	20		29	10	3		ϑ
Der von der rechten Schulter südliche	259	20		25	0	4	stärker	δ
Der gegen diesen südliche	261	30		20	0	3		ι
Der noch südlichere	263	0		15	30	5		κ
Der allen vorangehende	254	30		18	10	3		λ
6 Unförmliche; 4 dritter, 1 vierter, 1 fünfter Grösse.								
Der Delphin.								
Der vorangehende von dreien am Schwanze	281	0		29	10	3	schwächer	ε
Der nördliche von den beiden übrigen	282	0		29	0	4	schwächer	ι
Der südlichere	282	0		26	40	4		κ
Der südliche von der vorangehenden Seite des Rhomboides	281	50		32	0	3	schwächer	β
Der nördliche von derselben Seite . .	283	30		33	50	3	schwächer	α
Der südliche von der nachfolgenden Seite	284	40		32	0	3	schwächer	δ
Der nördliche von derselben Seite . .	286	50		33	10	3	schwächer	γ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der südliche von dreien zwischen dem Schwanze und dem Rhombus . . .	280	50		34	15	6		η
Der vorangehende von den beiden übrigen nördlicheren	280	50		31	50	6		ζ
Der nachfolgende	282	20		31	30	6		ϑ
10 Sterne; 5 dritter, 2 vierter, 3 sechster Grösse.								
Der Pferde-Theil (das Füllen).								
Der vorangehende von zweien am Kopfe	289	40		20	30		dunkel	α
Der nachfolgende	292	20		20	40		dunkel	β
Der vorangehende von zweien am Maule	289	40		25	30		dunkel	γ
Der nachfolgende	291	21		25	0		dunkel	δ
4 Sterne, alle dunkel.								
Das geflügelte Pferd oder Pegasus.			Nördlich					
An der Oeffnung des Maules	298	40		21	30	3	stärker	ε
Der nördliche von zweien benachbarten am Kopfe	302	40		16	50	3		ϑ
Der südlichere	301	20		16	0	4		ν
Der südliche von zweien an der Mähne	314	40		15	0	5		ρ
Der nördlichere	313	50		16	0	5		σ
Der vorangehende von zweien am Nacken	312	10		18	0	3		ζ
Der nachfolgende	313	50		19	0	4		ξ
An der linken Ferse	305	40		36	30	4	stärker	χ
Am linken Knie	311	0		34	15	4	stärker	ι
An der rechten Ferse	317	0		41	10	4	stärker	π
Der vorangehende von zweien benachbarten an der Brust	319	30		29	0	4		λ
Der nachfolgende	320	20		29	30	4		μ
Der nördliche von zweien am rechten Knie	322	20		35	0	3		η
Der südlichere	321	50		24	30	5		ο
Der nördliche von zweien am Leibe unter dem Flügel	327	50		25	40	4		τ
Der südliche	328	20		25	0	4		υ
Am Schulterblatt und Oberarm des Flügels	350	0		19	40	2	schwächer	α
An der rechten Schulter und am Anfange des Oberarms	325	30		31	0	2	schwächer	β
An der Flügelspitze	335	30		12	30	2	schwächer	γ
Am Nabel und gemeinschaftlich am Kopfe der Andromeda	341	10		26	0	2	schwächer	α Andr.
20 Sterne; 4 zweiter, 4 dritter, 9 vierter, 3 fünfter Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Andromeda.			Nördlich					
Am Schulterblatt	348	40		24	30	3		δ
An der rechten Schulter	349	40		27	0	4		π
An der linken Schulter.	347	40		23	0	4		ε
Der südliche von dreien am rechten Arm	347	0		32	0	4		σ
Der nördlichere	348	0		33	30	4		θ
Der mittlere von den dreien	348	20		32	20	5		ρ
Der südliche von dreien an der Spitze der rechten Hand	343	0		41	0	4		ι
Der mittlere derselben	344	0		42	0	4		κ
Der nördliche von den dreien . . .	345	30		44	0	4		λ
Am linken Arm	347	30		17	30	4		ζ
Am linken Ellenbogen	349	0		15	50	3		η
Der südliche von dreien am Gürtel .	357	10		25	20	3		β
Der mittlere	355	10		30	0	3		μ
Der nördliche von den dreien . . .	355	20		32	30	3		ν
Am linken Fusse	10	10		23	0	3		γ
Am rechten Fusse	10	30		37	10	4	stärker	φ Pers.
Südlich von diesem	8	30		35	20	4	stärker	2. υ Pers.
Der nördliche von zweien unter der Kniekehle	5	40		29	0	4		1. υ
Der südliche	5	20		28	0	4		τ
Am rechten Knie.	5	30		35	30	5		φ
Der nördliche von zweien am Kleide .	6	0		34	30	5		ξ
Der südliche	7	30		32	30	5		χ
Ein unförmlicher, ausserhalb der rechten Hand	5	0		44	0	3		ο
23 Sterne; 7 dritter, 12 vierter, 4 fünfter Grösse.								
Das Dreieck.								
In der Spitze des Dreiecks	4	20		16	30	3		α
Der vorausgehende von dreien in der Grundlinie	9	20		20	40	3		β
Der mittlere	9	30		20	20	4		δ
Der letzte von den dreien.	10	10		19	0	3		γ
4 Sterne; 3 dritter, 1 vierter Grösse.								

Folglich sind in der nördlichen Gegend 360 Sterne; 3 erster, 18 zweiter, 83 dritter, 176 vierter, 57 fünfter, 13 sechster Grösse, 1 nebeliger und 9 dunkle.

DIEJENIGEN, WELCHE IN DER MITTE UND IN DER GEGEND DER EKLIPTIK LIEGEN.

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der Widder.								
Der vorangehende von zweien am Horn, der Erste von Allen	0	0	N.	7	20	3	schwächer	γ
Der nachfolgende am Horn	1	0	N.	8	20	3		β
Der nördliche von zweien an der Oeffnung des Maules	4	20	N.	7	40	5	.	η
Der südlichere	4	50	N.	6	0	5		1. θ
Am Nacken	9	50	N.	5	30	5		ι
An den Lenden	10	50	N.	6	0	6		ν
Am Anfange des Schwanzes	14	40	N.	4	50	5		ε
Der vorangehende von dreien am Schwanze	17	10	N.	1	40	4		δ
Der mittlere	18	40	N.	2	30	4		ζ
Der letzte von den dreien	20	20	N.	1	50	4		2. τ
Am Hüftbeine	13	0	N.	1	10	5		3. ρ
An der Kniekehle	11	20	S.	1	30	5		σ
An der Spitze des Hinterfusses . . .	8	10	S.	5	15	4	stärker	μ Welf.
13 Sterne, 2 dritter, 4 vierter, 6 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Unförmliche beim Widder.								
Ueber dem Haupte	3	50	N.	10	0	3	stärker	α
Der nördlichste über dem Rücken . .	15	0	N.	10	10	4		41
Der nördliche von den drei schwachen	14	40	N.	12	40	5		39
Der mittlere	13	0	N.	10	40	5		35
Der südliche derselben	12	30	N.	10	40	5		33
5 Sterne, 1 dritter, 1 vierter, 3 fünfter Grösse.								
Der Stier.								
Der nördlichste von vieren am Abschnitte	19	40	S.	6	0	4		*f*
Der zweite von diesen	19	20	S.	7	15	4		*s*
Der dritte	18	0	S.	8	30	4		ξ
Der vierte und südlichste	17	50	S.	9	15	4		o
Am rechten Schulterblatt	23	0	S.	9	30	5		*e*
An der Brust	27	0	S.	8	0	3		λ
Am rechten Knie	30	0	S.	12	40	4		μ
Am rechten Knöchel	26	20	S.	14	50	4		ν
Am linken Knie	35	30	S.	10	0	4		1. *c*
Am linken Knöchel	36	20	S.	13	30	4		*d*
Von den fünfen im Gesicht, den Hyaden, der an den Nasenlöchern . .	32	0	S.	5	45	3	schwächer	γ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Zwischen diesem und dem nördlichen Auge	33	40	S.	4	15	3	schwächer	1. δ
Zwischen demselben und dem südlichen Auge	34	10	S.	8	50	3	schwächer	2. ϑ
Der glänzende in diesem Auge, von den Römern Palilicium genannt . . .	36	0	S.	5	10	1		α
Im nördlichen Auge	35	10	S.	3	0	3	schwächer	ε
Zwischen dem Anfange des südlichen Horns und dem Ohre	40	30	S.	4	0	4		i
Der südliche von zweien an demselben Horne	43	40	S.	5	0	4		m
Der nördlichere	43	20	S.	3	30	5		2. l
An der Spitze desselben	50	30	S.	2	30	3		ζ
Am Anfange des nördlichen Hornes .	49	0	S.	4	0	4		τ
An der Spitze desselben, oder am Fusse des Fuhrmanns	49	0	N.	5	0	3		Fhrm.
Der nördliche von zweien am nördlichen Ohre	35	20	N.	4	30	5		υ
Der südliche derselben	35	0	N.	4	30	5	Venus' Apogeum 48° 20'	1. κ
Der vorangehende von zweien kleinen am Nacken	30	20	N.	0	40	5		1. ω
Der nachfolgende	32	20	N.	1	0	6		2. ω
Der südliche von den vorangehenden des Vierecks am Halse	31	20	N.	5	0	5		p
Der nördliche derselben Vierecksseite	32	10	N.	7	10	5		ψ
Der südliche von der nachfolgenden Vierecksseite	35	20	N.	3	0	5		χ
Der nördliche derselben Vierecksseite	35	0	N.	5	0	5		φ
Der nördliche der vorangehenden Seite der Pleiaden.	25	30	N.	4	30	5		e
Der südliche derselben Seite	25	50	N.	4	40	5		d
Der nachfolgende, umschlossenste der Pleiaden	27	0	N.	5	20	5		η
Der kleine der Pleiaden, abgetrennt von Letzteren	26	0	N.	3	0	5		142
32 Sterne, ohne den, welcher an der Spitze des nördlichen Horns steht, davon 1 erster, 6 dritter, 11 vierter, 13 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Unförmliche beim Stier.								
Abwärts zwischen Fuss und Schulterblatt	18	20	S.	17	30	4		10
Der vorangehende von dreien beim südlichen Horn	43	20	S.	2	0	5		ι

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der mittlere von den dreien	47	20	S.	1	45	5		105
Der nachfolgende von den dreien . .	49	20	S.	2	0	5		o
Der nördliche von zweien unter der Spitze desselben Horns	52	20	S.	6	20	5		126
Der südliche	52	20	S.	7	40	5		128
Der vorangehende von fünfen unter dem nördlichen Horne	50	20	N.	2	40	5		121
Der zweite nachfolgende	52	20	N.	1	0	5		?
Der dritte nachfolgende	54	20	N.	1	20	5		132
Der nördliche von den übrigen Beiden	55	40	N.	3	20	5		136
Der südliche	56	40	N.	1	15	5		139
11 Sterne; 1 vierter, 10 fünfter Grösse.								
Die Zwillinge.								
Der im Kopfe des vorangehenden Zwillings, Castor.	76	40	N.	9	30	2		α
Der gelbliche im Kopfe des nachfolgenden Zwillings, Pollux	79	50	N.	6	15	2		β
Am linken Ellenbogen des vorangehenden Zwillings	70	0	N.	10	0	4		ϑ
An demselben Arme	72	0	N.	7	20	4		τ
An der Achsel desselben Zwillings .	75	20	N.	5	30	4		1. *b*
An der rechten Schulter desselben. .	77	20	N.	4	50	4		υ
An der linken Schulter des nachfolgenden Zwillings	80	0	N.	2	40	4		χ
An der rechten Seite des vorangehenden Zwillings	75	0	N.	2	40	5		A
An der linken Seite des nachfolgenden Zwillings	76	30	N.	3	0	5		?
Am linken Knie des vorangehenden Zwillings	66	30	N.	1	30	3		ε
Am linken Knie des nachfolgenden .	71	35	S.	2	30	3		ζ
An der linken Seite des Schoosses desselben	75	0	S.	0	30	3		δ
An der rechten Schoosshöhlung desselben	74	40	S.	0	40	3		2 λ
Der vorangehende am Fusse des vorangehenden Zwillings	60	0	S.	1	30	4	stärker	η
Der nachfolgende an demselben Fusse	61	30	S.	1	15	4		μ
An der Fussspitze des vorangehenden Zwillings	63	30	S.	3	30	4		ν
An dem höchsten Fusse des nachfolgenden	65	20	S.	7	30	3		γ
An dem tiefsten Fusse desselben . .	68	0	S.	10	30	4		ξ
18 Sterne; 2 zweiter, 5 dritter, 9 vierter, 2 fünfter Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Unförmliche bei den Zwillingen.								
Der vorangehende neben dem obersten Fusse des vorangehenden Zwillings	57	30	S.	0	40	4		*ll*
Der vor dem Knie desselben leuchtende	59	50	N.	5	50	4	stärker	κ Fhrm.
Der dem linken Knie des nachfolgenden Zwillings vorangehende . . .	68	30	S.	2	15	5		*d*
Der nördliche von dreien, der rechten Hand desselben Zwillings nachfolgenden	81	40	S.	1	20	5		*g*
Der mittlere	79	40	S.	3	20	5		*f*
Der südliche von den dreien neben dem rechten Arm	79	20	S.	4	30	5		*k*
Der diesen dreien nachfolgende, hellere	84	0	S.	2	40	4		?
7 Sterne; 3 vierter, 4 fünfter Grösse.								
Der Krebs.								
Der mittlere, nebelige an der Brust, welcher Krippe genannt wird . . .	93	40	N.	0	40		nebelig	ε
Der nördliche der beiden vorangehenden des Vierecks	91	0	N.	1	15	4	schwächer	η
Der südliche	91	20	S.	1	10	4	schwächer	θ
Der nördliche der beiden nachfolgenden, welche die Esel heissen . . .	93	40	N.	2	40	4	stärker	γ
Der südliche Esel	94	40	S.	0	10	4	stärker	δ
An der südlichen Scheere	99	50	S.	5	30	4		1. α
An der nördlichen Scheere	91	40	N.	11	50	4		1 ι
An der Spitze des nördlichen Fusses	86	0	N.	1	0	5		2. μ
An der Spitze des südlichen Fusses .	90	30	S.	7	30	4	stärker	β
9 Sterne; 7 vierter, 1 fünfter Grösse und 1 nebeliger.								
Unförmliche beim Krebs.								
Ueber dem Ellenbogen der südlichen Scheere	103	0	S.	2	40	4	schwächer	π
Der nachfolgende, zu äusserst derselben Scheere	105	0	S.	5	40	4	schwächer	κ
Der vorangehende von zweien oberhalb des nebeligen	97	20	N.	4	50	5		ν
Der diesem nachfolgende	100	20	N.	7	15	5		ξ
4 Sterne; 2 vierter, 2 fünfter Grösse.								
Der Löwe.								
In der Nase	101	40	N.	10	0	4		κ
Im Rachen	104	30	N.	7	30	4		λ
Der nördliche von zweien am Kopfe .	107	40	N.	12	0	3		ε
Der südliche	107	30	N.	9	30	3	stärker	μ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der nördliche von dreien am Nacken .	113	30	N.	11	0	3	Apogeum des Mars 109° 50′	ζ
Der mittlere	115	30	N.	8	30	2		γ
Der südliche von den dreien	114	0	N.	4	30	3		η
Am Herzen, welcher Basiliscus oder Regulus heisst	115	50	N.	0	10	1		α
Der südliche von zweien an der Brust	116	50	S.	1	50	4		A
Einer, der dem am Herzen nahe vorangeht	113	20	S.	0	15	5		ν
Am rechten Vorderknie	110	40		0	0	5		ψ
In der rechten Tatze	117	30	S.	3	40	6		ξ
Am linken Vorderknie	122	30	S.	4	10	4		ο
In der linken Tatze	115	50	S.	4	15	4		π
In der linken Achselhöhle	122	30	S.	0	10	4		ρ
Der vorangehende von dreien am Bauche	120	20	N.	4	0	6		ι
Der nördliche von den beiden nachfolgenden	126	20	N.	5	20	6		*k*
Der südliche	125	40	N.	2	20	6		*l*
Der vorangehende von zweien an den Lenden	124	40	N.	12	15	5		*b*
Der nachfolgende	127	30	N.	13	40	2		δ
Der nördliche von zweien am Hintertheile	127	40	N.	11	30	5		71
Der südliche	129	40	N.	9	40	3		θ
An der Hüfte hinten	133	40	N.	5	50	3		*i*
Hinten am Rücken	135	0	N.	1	15	4		σ
An der hintern Fussbeuge	135	0	S.	0	50	4		τ
Am Hinterfusse	134	0	S.	3	0	5		υ
An der Schwanzspitze	137	50	N.	11	50	1	schwächer	β
27 Sterne; 2 erster, 2 zweiter, 6 dritter, 8 vierter, 5 fünfter, 4 sechster Grösse.								
Unförmliche beim Löwen.								
Der vorangehende von zweien über dem Rücken	119	20	N.	13	20	5		41 kl. L.
Der nachfolgende	121	30	N.	15	30	5		54
Der nördl. von dreien unter dem Bauche	129	50	N.	1	10	4	schwächer	χ
Der mittlere.	130	30	S.	0	30	5		*c*
Der südliche von den dreien	132	20	S.	2	40	5		*d*
Der nördlichste von der nebelartigen Sammlung zwischen dem äussersten Theile des Löwen und des Bären, welche Haare der Berenice heisst .	138	10	N.	30	0		hervorstechend	*e*
Der vorangehende von zweien südlichen	133	50	N.	25	0	.	dunkel	*b*
Der nachfolgende in der Figur des Epheublattes	141	50	N.	25	30		dunkel	*g*
8 Sterne; 1 vierter, 4 fünfter Grösse, 1 hervorstechender, 2 dunkle.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Die Jungfrau.								
Der vorangehende südliche von zweien am Kopfe.	139	40	N.	4	15	5		ν
Der nachfolgende, nördlichere . . .	140	20	N.	5	40	5		1. ξ
Der nördliche von zweien im Gesicht.	144	0	N.	8	0	5		ο
Der südliche.	143	30	N.	5	30	5		π
An der Höhe des linken, südlichen Flügels.	142	20	N.	6	0	3		β
Der vorangehende von vieren am linken Flügel	151	35	N.	1	10	3		η
Der zweite, nachfolgende	156	30	N.	2	50	3		γ
Der dritte	160	30	N.	2	50	5		*k*
Der von den vieren zuletzt nachfolgende	164	20	N.	1	40	4		ϑ
Auf der rechten Seite unter dem Gürtel	157	40	N.	8	30	3		δ
Der vorangehende von dreien am rechten, nördlichen Flügel	151	30	N.	13	50	5		ρ
Der südliche der beiden übrigen . .	153	30	N.	11	40	6	Apogeum des Jupiter 154° 20'	2. *d*
Der nördliche derselben, genannt der Winzer	155	30	N.	15	10	3	stärker	ε
Der in der linken Hand, genannt die Aehre	170	0	S.	2	0	1		α
Unter dem Gürtel, an der rechten Hüfte	168	10	N.	8	40	3		ζ
Der nördliche von den vorangehenden des Vierecks an der linken Hüfte .	169	40	N.	2	20	5		2. *l*
Der südliche	170	20	N.	0	10	6		*h*
Der nördliche von den beiden nachfolgenden	173	20	N.	1	30	4		*m*
Der südliche	171	20	N.	0	20	5		*i*
Am linken Knie	175	0	N.	1	30	5		86
An der hintern Seite der rechten Hüfte	171	20	N.	8	30	5		?
Der mittlere am Kleide	180	0	N.	7	30	4		ι
Der südliche.	180	40	N.	2	40	4		κ
Der nördliche	181	40	N.	11	40	4	Apogeum des Merkur 183° 20'	φ
Am linken, südlichen Fusse	183	20	N.	0	30	4		λ
Am rechten, nördlichen Fusse . . .	186	0	N.	9	50	3		μ
26 Sterne; 1 erster, 7 dritter, 6 vierter, 10 fünfter, 2 sechster Grösse.								
Unförmliche bei der Jungfrau.								
Der vorangehende von dreien in grader Linie, unterm linken Arm	158	0	S.	3	30	5		χ
Der mittlere.	162	20	S.	3	30	5		ψ
Der nachfolgende	165	35	S.	3	20	5		*g*

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der vorangehende von dreien in grader Linie, unter der Aehre	170	30	S.	7	20	6		53
Der mittlere und doppelte derselben .	171	30	S.	8	20	5		61
Der nachfolgende von den dreien . .	173	20	S.	7	50	6		89
6 Sterne; 4 fünfter, 2 sechster Grösse.								
Die Waage.								
Der leuchtende von zweien am Rande der südlichen Schale	191	20	N.	0	40	2	stärker	α
Der dunklere gegen Norden	190	20	N.	2	30	5		μ
Der leuchtende von zweien am Rande der nördlichen Schale	195	30	N.	8	30	2		β
Der dunklere, diesem vorangehende .	191	0	N.	8	30	5		δ
In der Mitte der südlichen Schale . .	197	20	N.	1	40	4		ι
Der vorangehende in derselben . . .	194	40	N.	1	15	4		1. ν
In der Mitte der nördlichen Schale .	200	50	N.	3	45	4		γ
Der nachfolgende in derselben . . .	206	20	N.	4	30	4		ϑ
8 Sterne; 2 zweiter, 4 vierter, 2 fünfter Grösse.								
Unförmliche bei der Waage.								
Der vorangehende von dreien, nördlich von der nördlichen Schale	199	30	N.	9	0	5		37 Jungfr.
Der südliche der beiden nachfolgenden	207	0	N.	6	40	4		ψ
Der nördliche derselben	207	40	N.	9	15	4		ξ
Der nachfolgende von dreien, zwischen den Schalen	205	50	N.	5	30	6		λ
Der nördliche von den beiden übrigen vorangehenden	203	40	N.	2	0	4		κ
Der südliche	204	30	N.	1	30	5		?
Der vorangehende von dreien unter der südlichen Schale	196	20	S.	7	30	3		γ
Der nördliche der beiden übrigen, nachfolgenden	204	30	S.	8	10	4		39
Der südliche	205	20	S.	9	40	4		40
9 Sterne; 1 dritter, 5 vierter, 2 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Der Scorpion.								
Der nördliche von den drei hellen an der Stirn	209	40	N.	1	20	3	stärker	β
Der mittlere	209	0	S.	1	40	3		δ
Der südliche von den dreien	209	0	S.	5	0	3		π
Der südlichere im Fusse	209	20	S.	7	50	3		ρ
Der glänzende, nördliche von den beiden nahe stehenden	210	20	N.	1	40	4		ν

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der südliche	210	40	N.	0	30	4		1. ω
Der vorangehende von drei glänzenden am Leibe	214	0	S.	3	45	3		σ
Der röthlich schimmernde, mittlere, genannt Antares	216	0	S.	4	0	2	stärker	α
Der nachfolgende von den dreien	217	50	S.	5	30	3		τ
Der vorangehende von zweien an der letzten Hüftpfanne	212	40	S.	6	10	5		1. c
Der nachfolgende	213	50	S.	6	40	5		2. c
Am ersten Körpergelenk	221	50	S.	11	0	3		ε
Am zweiten Körpergelenk	222	10	S.	15	0	4		μ
Der nördliche eines Paares am dritten	223	20	S.	18	40	4		ζ
Der südliche dieses Paares	223	30	S.	18	0	3		
Am vierten Gelenk	226	30	S.	19	30	3	Apogeum des Saturn 226° 30′	η
Am fünften	231	30	S.	18	50	3		θ
Am sechsten Gelenk	233	50	S.	16	40	3		ι
Am siebenten zunächst dem Stachel	232	20	S.	15	10	3		κ
Der nachfolgende von zweien am Stachel selbst	230	50	S.	13	20	3		λ
Der vorangehende	230	20	S.	13	30	4		υ
21 Sterne; 1 zweiter, 13 dritter, 5 vierter, 2 fünfter Grösse.								
Unförmliche beim Scorpion.								
Der dem Stachel nachfolgende, nebelige	234	30	S.	12	15		nebelig	?
Der vorangehende von zweien, nördlich vom Stachel	228	50	S.	6	10	5	Oph.	45
Der nachfolgende	232	50	S.	4	10	5	Oph.	43
3 Sterne; 2 fünfter Grösse und ein nebeliger.								
Der Schütze.								
An der Spitze des Pfeiles	237	50	S.	6	30	3		1. γ
Am Griff an der linken Hand	241	0	S.	6	30	3		δ
Im südlichen Theile des Bogens	241	20	S.	10	50	3		ε
Der südliche von zweien am nördlichen Theile des Bogens	242	20	S.	1	30	3		λ
Der nördliche an dem Ende des Bogens	240	0	N.	2	50	4		μ
An der linken Schulter	248	40	S.	3	10	3		σ
Der diesem vorangehende am Pfeil	246	20	S.	3	50	4		φ
Ein doppelter, nebeliger, im Auge	248	30	N.	0	45		nebelig	2. ν
Der vorangehende von dreien am Kopfe	249	0	N.	2	10	4		2. ξ
Der mittlere	251	0	N.	1	30	4	stärker	ο
Der nachfolgende	252	30	N.	2	0	4		π
Der südlichste von dreien im nördlichen Theile des Mantels	254	40	N.	2	50	4		d

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der mittlere	255	40	N.	4	30	4		ρ
Der nördliche von den dreien	256	10	N.	6	30	4		υ
Der den dreien nachfolgende dunkle	259	0	N.	5	30	6		*e*
Der nördliche von zweien im südlichen Theile des Mantels	262	50	N.	5	0	5		*g*
Der südliche	261	0	N.	2	0	6		*f*
An der rechten Schulter	255	40	S.	1	50	5		1. χ
Am rechten Ellenbogen	258	10	S.	2	50	5		*h*
Am Schulterblatt	253	20	S	2	30	5		ψ
Am Oberarmgelenk	251	0	S.	4	30	4	stärker	τ
Unter der Achsel	249	40	S.	6	45	3		ζ
An dem Knöchel des linken Vorderfusses	251	0	S.	23	0	2		β
Am Knie desselben Beines	250	20	S.	18	0	2		α
An dem Knöchel des rechten Vorderfusses	240	0	S.	13	0	3		η
Am linken Schulterblatt	260	40	S.	13	30	3		ϑ
Am Knie des rechten Vorderbeines	260	0	S.	20	10	3		ι
Der vorangehende von zweien in der nördlichen Seite des Vierecks am Anfange des Schwanzes	261	0	S.	4	50	5		ω
Der nachfolgende derselben Seite	261	10	S.	4	50	5		*a*
Der vorangehende der südlichen Seite	261	50	S.	5	50	5		*b*
Der nachfolgende derselben Seite	263	0	S.	6	50	5		*c*
31 Sterne; 2 zweiter, 9 dritter, 9 vierter, 8 fünfter, 2 sechster Grösse und 1 nebeliger.								
Der Steinbock.								
Der nördliche von dreien im vorangehenden Horne	270	40	N.	7	30	3		2. α
Der mittlere	271	0	N.	6	40	6		ν
Der südliche von den dreien	270	40	N.	5	0	3		β
An der Spitze des nachfolgenden Hornes	272	20	N.	8	0	6		ξ
Der südliche von dreien am Maule	272	20	N.	0	45	6		ο
Der vorangehende der beiden übrigen	272	0	N.	1	45	6		π
Der nachfolgende	272	10	N.	1	30	6		ρ
Unter dem rechten Auge	270	30	N.	0	40	5		σ
Der nördliche von zweien am Nacken	275	0	N.	4	50	6		τ
Der südliche	275	10	S.	0	50	5		υ
Am rechten Knie	274	10	S.	6	30	4		ψ
Am linken gekrümmten Knie	275	0	S.	8	40	4		ω
An der linken Schulter	280	0	S.	7	40	4		A
Der vorangehende von zweien benachbarten unter dem Bauche	283	30	S.	6	50	4		ζ
Der nachfolgende	283	40	S.	6	0	5		*b*

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der nachfolgende von dreien am mittleren Körper	282	0	S.	4	15	5		φ
Der südliche von den beiden anderen vorangehenden	280	0	S.	4	0	5		χ
Der nördliche derselben	280	0	S.	2	50	5		η
Der vorangehende von zweien am Rücken	280	0	S.	0	0	4		ϑ
Der nachfolgende	284	20	S.	0	50	4		ι
Der vorangehende von zweien am südlichen Rückgrath	286	40	S.	4	45	4		ε
Der nachfolgende	288	20	S.	4	30	4		κ
Der vorangehende von zweien am Anfange des Schwanzes	288	40	S.	2	10	3		γ
Der nachfolgende	289	40	S.	2	0	3		δ
Der vorangehende von vieren im nördlichen Theile des Schwanzes . . .	290	10	S.	2	20	4		*d*
Der südliche von den drei übrigen. .	292	0	S.	5	0	5		μ
Der mittlere	291	0	S.	2	50	5		λ
Der nördliche an der Spitze des Schwanzes	292	0	N.	4	20	5		1. *c*
28 Sterne; 4 dritter, 9 vierter, 9 fünfter, 6 sechster Grösse.								
Der Wassermann.								
Am Kopfe	293	40	N.	15	45	5		*d*
Der hellere an der rechten Schulter .	299	40	N.	11	0	3		α
Der dunklere	298	30	N.	9	40	5		ο
An der linken Schulter.	290	0	N.	8	50	3		β
Unter der Achsel.	290	40	N.	6	15	5		ξ
Der nachfolgende von dreien am Kleide unter der linken Hand	280	0	N.	5	30	3		ν
Der mittlere	279	30	N.	8	0	4		μ
Der vorangehende von den dreien . .	278	0	N.	8	30	3		ε
Am rechten Ellenbogen	302	50	N.	8	45	3		γ
Der nördliche an der rechten Hand .	303	0	N.	10	45	3		π
Der vorangehende von den beiden anderen, südlichen	305	20	N.	9	0	3		ζ
Der nachfolgende	306	40	N.	8	30	3		η
Der vorangehende von zwei benachbarten an der rechten Hüfte . . .	299	30	N.	3	0	4		ϑ
Der nachfolgende	300	20	N.	2	10	5		ρ
Am rechten Oberschenkel	302	0	S.	0	50	4		σ
Der südliche von zweien am linken Oberschenkel	295	0	S.	1	40	4		ι
Der nördlichere	295	30	N.	4	0	6		*e*
Der südliche am rechten Schienbein .	305	0	S.	7	30	3		δ

Benennung der Sterne.	Länge			Breite		Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
	Grad	Min.		Grad	Min.			
Der nördliche	304	40	S.	5	0	4		2. τ
An der linken Hüfte	301	0	S.	5	40	5		*f*
Der südliche von zweien am linken Schienbein	300	40	S.	10	0	5		υ.
Der nördliche unter dem Knie . . .	302	10	S.	9	0	5		*g*
Am Anfange des Ausflusses des Wassers aus der Hand	303	20	N.	2	0	4		?
Der nachfolgende, südlichere	308	10	N.	0	10	4		λ
Der nachfolgende an der ersten Biegung des Wassers	311	0	S.	1	10	4		*h*
Der diesem nachfolgende	313	20	S.	0	30	4		φ
In der zweiten südlichen Biegung . .	313	50	S.	1	40	4		χ
Der nördliche von den beiden Nachfolgenden	312	30	S.	3	30	4		1. ψ
Der südliche	312	50	S.	4	10	4		3. ψ
Der entlegene gegen Süden	314	10	S.	8	15	5		?
Der nach diesem vorangehende von zweien benachbarten	316	0	S.	11	0	5		1. ω
Der nachfolgende	316	30	S.	10	50	5		2. ω
Der nördliche von dreien in der dritten Biegung des Wassers	315	0	S.	14	0	5		1. *A*
Der mittlere	316	0	S.	14	45	5		3. *A*
Der nachfolgende von den dreien . .	316	30	S.	15	40	5		5. *A*
Der nördliche von dreien ähnlichen, nachfolgenden.	310	20	S.	14	10	4		1. *b*
Der mittlere	310	50	S.	15	0	4		2. *b*
Der südliche von den dreien . . .	311	40	S.	15	45	4		3. *b*
Der vorangehende von dreien in der letzten Biegung	305	10	S.	14	50	4		1. *c*
Der südliche von den beiden nachfolgenden	306	0	S.	15	20	4		3. *c*
Der nördliche	306	30	S.	14	0	4		2. *c*
Der letzte des Wassers, im Maule des südlichen Fisches	300	20	S.	23	0	1		α
42 Sterne; 1 erster, 9 dritter, 18 vierter, 13 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Unförmliche beim Wassermann.								
Der vorangehende von dreien, der Biegung des Wassers nachfolgenden .	320	0	S.	15	30	4	Walfisch	*g*
Der nördliche der beiden anderen . .	323	0	S.	14	20	4	Walfisch	*f*
Der südliche derselben	322	20	S.	18	15	4	Walfisch	*h*
3 Sterne vierter Grösse und stärker.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Die Fische.								
Am Maule des vorangehenden Fisches	315	0	N.	9	15	4		β
Der südliche von zweien am Hinterkopfe	317	30	N.	7	30	4	stärker	γ
Der nördliche	321	30	N.	9	30	4		*b*
Der vorangehende von zweien am Rücken	319	20	N.	9	20	4		ϑ
Der nachfolgende.	324	0	N.	7	30	4		ι
Der vorangehende am Bauche . . .	319	20	N.	4	30	4		ϰ
Der nachfolgende.	323	0	N.	2	30	4		λ
Am Schwanze desselben Fisches . .	329	20	N.	6	20	4		ω
Der erste vom Schwanze am Bande .	334	20	N.	5	45	6		*d*
Der nachfolgende.	336	20	N.	2	45	6		51
Der vorangehende von drei hellen nach diesem.	340	30	N.	2	15	4		δ
Der mittlere	343	50	N.	1	10	4		ε
Der nachfolgende.	346	20	S.	1	20	4		ζ
Der nördliche von zwei schwachen in der Krümmung des Bandes . . .	345	40	S.	2	0	6		*e*
Der südliche	346	20	S.	5	0	6		*f*
Der vorangehende von dreien nach der Krümmung	350	20	S.	2	20	4		μ
Der mittlere	352	0	S.	4	40	4		ν
Der nachfolgende.	354	0	S.	7	45	4		ξ
Am Knoten beider Bänder	356	0	S.	8	30	3		α
Der erste nach dem Knoten am nördlichen Bande	354	0	S.	4	20	4		ο
Der südliche von dreien nach diesem	353	30	N.	1	30	5		π
Der mittlere	353	40	N.	5	20	3		η
Der nördliche von den dreien, und der letzte am Bande	353	50	N.	9	0	4		ρ
Der nördliche von zweien am Maule des nördlichen Fisches	355	20	N.	21	45	5		*g*
Der südliche	355	0	N.	21	30	5		τ
Der nachfolgende von drei schwachen am Kopfe	352	0	N.	20	0	6		*b*
Der mittlere	351	0	N.	19	50	6		*k*
Der vorangehende von den dreien . .	350	20	N.	23	0	6		ι
Der vorangehende von dreien an der südlichen Flosse, und beim Ellenbogen der Andromeda	349	0	N.	14	20	4		1. ψ
Der mittlere	349	40	N.	13	0	4		2. ψ
Der nachfolgende von den dreien . .	351	0	N.	12	0	4		3. ψ
Der nördliche von zweien am Bauche	355	30	N.	17	0	4		υ
Der südlichere.	352	40	N.	15	20	4		φ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
In der nachfolgenden Flosse, nahe am Schwanze.	353	20	N.	11	45	4		χ
34 Sterne; 2 dritter, 22 vierter, 3 fünfter, 7 sechster Grösse.								
Unförmliche bei den Fischen.								
Der vorhergehende der nördlichen Seite des Vierecks unter dem vorangehenden Fische	324	30	S.	2	40	4		27
Der nachfolgende.	325	35	S.	2	30	4		29
Der vorangehende der südlichen Seite	324	0	S.	5	50	4		30
Der nachfolgende.	325	40	S.	5	30	4		33
4 Sterne vierter Grösse.								

Die Sterne des Thierkreises betragen also zusammen 348, nämlich 5 erster, 9 zweiter, 66 dritter, 132 vierter, 104 fünfter, 27 sechster Grösse, 3 nebelige und 2 dunkle, und ausserdem die Gruppe, von der wir gesagt haben, dass sie in dem mathematischen Verzeichnisse die Haare der Berenice genannt wird.

DIEJENIGEN, WELCHE IN DER SÜDLICHEN GEGEND STEHEN.

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der Walfisch.			südlich					
An der Nasenspitze	11	0		7	45	4		λ
Der nachfolgende von dreien am Kiefer	11	0		11	20	3		α
Der mittlere, mitten im Maul . . .	6	0		11	30	3		γ
Der vorangehende von den dreien an der Backe	3	50		14	0	3		δ
Im Auge	4	0		8	10	4		ν
Der nördliche in den Haaren . . .	5	30		6	20	4		μ
Der vorangehende in der Mähne . .	1	0		4	10	4		ξ
Der nördliche der vorangehenden von den vieren an der Brust	355	20		24	30	4		ρ
Der südliche	356	40		28	0	4		σ
Der nördliche von den nachfolgenden	0	0		25	10	4		ε
Der südliche	0	20		27	30	3		π
Der mittlere von dreien am Körper .	345	20		25	20	3		τ
Der südliche	346	20		30	30	4		υ
Der nördliche von den dreien . . .	348	20		20	0	3		ζ
Der nachfolgende von zweien am Schwanze	343	0		15	20	3		ϑ
Der vorangehende	338	20		15	40	3		η
Der nördliche von den nachfolgenden des Vierecks am Schwanze . . .	335	0		11	40	5		21
Der südliche	334	0		13	40	5		19
Der nördliche von den anderen vorangehenden	332	40		13	0	5		?
Der südliche	332	20		14	0	5		17
An der nördlichen Schwanzspitze . .	327	40		9	30	3		ι
An der südlichen Schwanzspitze . .	329	0		20	20	3		β
22 Sterne; 9 dritter, 8 vierter, 5 fünfter Grösse.								
Orion.								
Der nebelige am Kopfe	50	20		16	30		nebelig	λ
Der röthlich-glänzende an der rechten Schulter	55	20		17	0	1		α
An der linken Schulter.	43	40		17	30	2	stärker	γ
Der diesem nachfolgende	48	20		18	0	4	schwächer	A
Am rechten Ellenbogen	57	40		14	30	4		μ
Am rechten Unterarm	59	40		11	50	6		k
Der nachfolgende von den südlichen der viere an der rechten Hand . .	59	50		10	40	4		ξ
Der vorangehende	59	20		9	45	4		ν
Der nachfolgende von der nördlichen Seite	60	40		8	15	6		2.f

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der vorangehende derselben Seite . .	59	0		8	15	6		1. *f*
Der vorangehende von zweien an der Keule	55	0		3	45	5		χ
Der nachfolgende	57	40		3	15	5		χ
Der nachfolgende von vieren in grader Linie am Rücken	50	50		19	40	4		α
Der zu zweit vorangehende	49	40		20	0	6		38
Der zu dritt vorangehende	48	40		20	20	6		*n*
Der zu viert vorangehende	47	30		20	30	5		2. ψ
Der nördlichste von den neunen am Schilde	43	50	h	8	0	4		2. *y*
Der zweite	42	40		8	10	4		1. *y*
Der dritte	41	20		10	15	4		*g*
Der vierte	39	40		12	50	4		2. π
Der fünfte	38	30	c	14	15	4		1. π
Der sechste	37	50		15	50	3		1
Der siebente	38	10		17	10	3		3
Der achte	38	40		20	20	3		*Z*
Der südlichste und letzte von diesen .	39	40	i	21	30	3		10
Der vorangehende von dreien am Gürtel	48	40		24	10	2		δ
Der mittlere	50	40		24	50	2		ε
Der nachfolgende von den dreien in grader Linie	52	40	l	25	30	2		ζ
Am Griffe des Schwerdtes	47	10		25	50	3		η
Der nördl. von den dreien am Schwerdte	50	10		28	40	4		2. *c*
Der mittlere	50	0		29	30	3		2. θ
Der südliche	50	20	d	29	50	3	schwächer	ι
Der nachfolgende von zweien an der Schwerdtspitze	51	0		30	30	4		*d*
Der vorangehende	49	30		30	50	4		υ
Der helle am linken Fuss, auch dem Flusse gemeinschaftlich	42	30	ü	31	30	1		β
Am linken Schienbein	44	20		30	15	4	stärker	σ
An der linken Ferse	46	40		31	10	4		*e*
Am rechten Knie	53	30	S	33	30	3		κ
38 Sterne; 2 erster, 4 zweiter, 8 dritter, 15 vierter, 3 fünfter, 5 sechster Grösse und 1 nebeliger.								
Der Fluss.								
Der am linken Fusse des Orion, am Anfange des Flusses	41	40		31	50	4		λ
In der Biegung gegen das Schienbein des Orion, nördlich	42	10		28	15	4		*k*
Der nachfolgende von zweien nach diesem	41	20		29	50	4		ψ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der vorangehende	38	0	Südlich	28	15	4		ω
Der nachfolgende von zweien darauf folgenden	36	30		25	15	4		μ
Der vorangehende	33	30		25	20	4		ν
Der nachfolgende von dreien nach diesen	29	40		26	0	4		ξ
Der mittlere	29	0		27	0	4		?
Der vorangehende von den dreien . .	26	18		27	50	4		ο
Der nachfolgende von vieren, nach einer Lücke	20	20		32	50	3		γ
Der diesem vorangehende	18	0		31	0	4		π
Der als dritter vorangehende . . .	17	30		28	50	3		δ
Der vorangehende von allen vieren .	15	30		28	0	3		ε
Der nachfolgende von vieren, wieder in ähnlicher Weise	10	30		25	30	3		ζ
Der diesem vorangehende	8	10		23	50	4		3. ρ
Der auch diesem vorangehende . . .	5	30		23	10	3		η
Der vorangehende von diesen Vieren .	3	50		23	15	4		σ
Der in einer Wendung des Flusses die Brust des Walfisches berührt . . .	358	30		32	10	4		1. τ
Der diesem nachfolgende	359	10		34	50	4		2. τ
Der vorangehende von drei folgenden	2	10		38	30	4		11
Der mittlere	7	10		38	10	4		16
Der nachfolgende von den dreien . .	10	50		39	0	5		19
Der nördliche von zwei vorangehenden eines Vierecks	14	40		41	30	4		27
Der südliche	14	50		42	30	4		28
Der vorangehende der nachfolgenden Seite	15	30		43	20	4		*l*
Der nachfolgende von diesen vieren .	18	0		43	20	4		36
Der nördliche von zweien gegen Osten benachbarten	27	30		50	20	4		1. υ
Der südlichere	28	20		51	45	4		2. υ
Der nachfolgende von zweien in einer Zurückbiegung	21	30		53	50	4		43
Der vorangehende	19	10		53	10	4		41
Der nachfolgende von dreien in dem übrigen Raume	11	10		53	0	4		*i*
Der mittlere	8	10		53	30	4		*g*
Der vorangehende von den dreien . .	5	10		52	0	4		*h*
Der leuchtende am Ende des Flusses	353	30		53	30	1		α
34 Sterne; 1 erster, 5 dritter, 27 vierter, 1 fünfter Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der Haase.								
Der nördliche von den vorangehenden eines Vierecks an den Ohren . . .	43	0	südlich	35	0	5		?
Der südliche	43	10		36	30	5		?
Der nördliche der nachfolgenden Seite	44	40		35	30	5		?
Der südliche	44	40		36	40	5		λ
Am Kinn	42	30		39	40	4	stärker	μ
An der Spitze des linken Vorderfusses	39	30		45	15	4	stärker	ε
Mitten am Körper	48	50		41	30	3		α
Unter dem Bauche	48	10		44	20	3		β
Der nördliche von zweien an den Hinterfüssen	54	20		44	0	4		δ
Der südlichere.	52	20		45	50	4		γ
An der Lende	53	20		38	20	4		ζ
An der Spitze des Schwanzes . . .	56	0		38	10	4		η
12 Sterne; 2 dritter, 6 vierter, 4 fünfter Grösse.								
Der Hund.								
Der glänzendste am Maule, genannt Hund	71	0		39	10	1	der stärkste	α
An den Ohren.	73	0		35	0	4		θ
Am Kopfe	74	40		36	30	5		μ
Der nördliche von zweien am Halse	76	40		37	45	4		γ
Der südliche	78	40		40	0	4		ι
An der Brust	73	50		42	30	5		3. π
Der nördliche von zweien am rechten Knie	69	30		41	15	5		3. ν
Der südliche	69	20		42	30	5		2. ν
An der Spitze des Vorderfusses . .	64	20		41	20	3		β
Der vorangehende von zweien am linken Knie.	68	0		46	30	5		1. ξ
Der nachfolgende.	69	30		45	50	5		2. ξ
Der nachfolgende von zweien an der linken Schulter.	78	0		46	0	4		1. ο
Der vorangehende	75	0		47	0	5		2. ο
An der linken Hüfte	80	0		48	45	3	schwächer	δ
Am Bauche zwischen den Schenkeln .	77	0		51	30	3		ε
An der rechten Fussbeuge	76	20		55	10	4		2. κ
An der Spitze dieses Fusses. . . .	77	0		55	40	3		ζ
An der Spitze des Schwanzes . . .	85	30		50	30	3	schwächer	η
18 Sterne; 1 erster, 5 dritter, 5 vierter, 7 fünfter Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Unförmliche beim Hunde.								
Nördlich vom Scheitel des Hundes . .	72	50		25	15	4	Einhorn	19
Der südliche von denen in grader Linie, unter den Hinterfüssen . . .	63	20		60	30	4		499
Der nördliche	64	40		58	45	4	Taube	δ
Der noch nördlichere	66	20		57	0	4		521
Der letzte, nördlichste von diesen vieren	67	30		56	0	4		537
Der vorangehende von dreien in grader Linie, westlich	50	20		55	30	4		μ
Der mittlere	53	40		57	40	4		λ
Der nachfolgende von den dreien . .	55	40	Südlich	59	30	4		γ
Der nachfolgende von zwei glänzenden, unter diesen	52	20		59	40	2	Taube	β
Der vorangehende	49	20		57	40	2	Taube	α
Der letzte, südlicher als die genannten	45	30		59	30	4		ε
11 Sterne; 2 zweiter, 9 vierter Grösse.								
Der kleine Hund oder Procyon.								
Am Scheitel	78	20		14	0	4		β
Der glänzende am Schenkel, selbst kleiner Hund genannt	82	30		16	10	1		α
2 Sterne; 1 erster, 1 vierter Grösse.								
Argus oder das Schiff.								
Der vorangehende von zweien am Schnabel des Schiffes	93	40		42	40	5		e
Der nachfolgende	97	40		43	20	3		ι
Der nördliche von zweien im Hintertheile	92	10		45	0	4		ξ
Der südlichere	92	10		46	0	4		o
Der beiden vorangehende	88	40		45	30	4		π
Der leuchtende mitten auf dem Schilde	89	40		47	15	4		κ
Der vorangehende von dreien unter dem Schilde	88	40		49	45	4		ρ
Der nachfolgende	92	40		49	50	4		τ
Der mittlere von den dreien	91	40		49	15	4		677
Am Ende des Steuerruders	97	20		49	50	4		716
Der nördliche von zweien am Kiel des Hintertheils	87	20		53	0	4		643
Der südliche	87	20		58	30	3		λ
Der nördliche im Throne des Hintertheils	93	30		55	30	5		f
Der vorangehende von dreien an demselben Throne	95	30		58	30	5		1. φ
Der mittlere	96	40		57	15	4		2. φ
Der nachfolgende	99	50		57	45	4		χ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der nachfolgende, helle, an der Ruderbank	104	30		58	20	2		ζ
Der vorangehende von zwei dunkeln, unter diesem	101	30		60	0	5		a
Der nachfolgende	104	20		59	20	5		?
Der vorangehende von zweien, welche dem obigen hellen nachfolgen	106	30		56	40	5		h
Der nachfolgende	107	40		57	0	5		?
Der nördliche von dreien auf den Schilden beim Maste	119	0	südlich	51	30	4	stärker	?
Der mittlere	119	30		55	30	4	stärker	?
Der südliche von den dreien	117	20		57	10	4		e
Der nördliche von zwei benachbarten unter diesen	122	30		60	0	4		g
Der südlichere	122	20		61	15	4		?
Der südliche von zweien, mitten am Maste	113	30		51	30	4		1. o
Der nördliche	112	40		49	0	4		2. o
Der vorangehende von zweien an der höchsten Stelle des Segels	111	20		43	20	4		3. o
Der nachfolgende	112	20		43	30	4		4. o
Unter dem dritten, der dem Schilde folgt	98	30		54	30	2	schwächer	γ
Am Einschnitte der Bank	100	50		51	15	2		δ
Zwischen den Rudern am Kiel	95	0		63	0	4		σ
Der dunkle, welcher diesem folgt	102	20		64	30	6		T
Ein glänzender am Verdeck, welcher diesem folgt	113	20		63	50	2		?
Der südliche, unter dem Kiele glänzende	121	50		69	40	2		?
Der vorangehende von dreien diesem nachfolgenden	128	30		65	40	3		?
Der mittlere	134	40		65	50	3		?
Der nachfolgende	139	20		65	50	2		812
Der vorangehende von zweien am Einschnitte nachfolgenden	144	20		62	50	3		χ
Der nachfolgende	151	20		62	15	3		φ
Der vorangehende von zweien an der vorangehenden nördlichen Stange	57	20		65	50	4	stärker	η
Der nachfolgende	73	30		65	40	3	stärker	υ
Canopus, welcher an der andern Stange vorangeht	70	30		75	0	1		α
Der letzte diesem nachfolgende	82	20		71	50	3	stärker	τ
45 Sterne; 1 erster, 6 zweiter, 8 dritter, 22 vierter, 7 fünfter, 1 sechster Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge			Breite		Grösse	Be-merkung	Buchstaben nach Bayer
	Grad	Min.		Grad	Min.			
Die Hydra.								
Der südliche von zweien an der Nase	97	20		15	0	4		σ
Der nördliche von den beiden, am Auge	98	40		13	40	4		δ
Der nördliche von zwei nachfolgenden, am Hinterkopfe	99	0		11	30	4		ε
Der südliche derselben, im Rachen . .	98	50		14	45	4		η
Der allen diesen nachfolgende, am Kinnbacken	100	50		12	15	4		ζ
Der vorangehende von zweien am Anfange des Nackens	103	40		11	50	5		ω
Der nachfolgende	106	40	südlich	13	30	4		θ
Der mittlere von dreien an der Krümmung des Halses	111	40		15	20	4		2. τ
Der diesem nachfolgende	114	0		14	50	4		ι
Der südlichste	111	40		17	10	4		1. τ
Der dunkle nördliche von zwei benachbarten, gegen Süden	112	30		19	45	6		A
Der helle nachfolgende derselben . .	113	20		20	30	2		α
Der vorangehende von dreien nach der Krümmung des Halses	119	20		26	30	4		κ
Der nachfolgende	124	30		23	15	4		1. υ
Der mittlere derselben	122	0		24	0	4		2. υ
Der vorangehende von dreien in grader Linie	131	20		24	30	3		μ
Der mittlere.	133	20		23	0	4		3. φ
Der nachfolgende	136	20		23	10	3		ν
Der nördliche von zweien unter dem Fusse des Bechers	144	50		25	45	4		β
Der südliche	145	40		30	10	4		χ
Der vorangehende in einem Dreieck nach diesen	155	30		31	20	4		ξ
Der südliche derselben	157	50		34	10	4		ε
Der nachfolgende von denselben dreien	159	30		31	40	3		β
Der zunächst dem Schwanze hinter dem Raben	173	20		13	30	4		γ
An der Spitze des Schwanzes . . .	186	50		17	30	4		π
25 Sterne; 1 zweiter, 3 dritter, 19 vierter, 1 fünfter, 1 sechster Grösse.								
Unförmliche bei der Hydra.								
Vom Kopfe nach Süden	96	0		23	15	3	Einhorn	30
Der denen am Halse nachfolgende . .	124	20		26	0	3	Sextant	20
2 Sterne dritter Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der Becher.			Südlich					
Am Fusse des Bechers und der Hydra gemeinschaftlich	139	40		23	0	4		α
Der südliche von zweien mitten am Becher	146	0		19	30	4		γ
Der nördliche derselben	143	30		18	0	4		δ
Der südliche am Rande der Mündung	150	20		18	30	4	stärker	ζ
Am nördlichen Rande	142	40		13	40	4		ε
Am südlichen Henkel	152	30		16	30	4	schwächer	η
Am nördlichen Henkel	145	0		11	50	4		ϑ
7 Sterne vierter Grösse.								
Der Rabe.								
Am Schnabel und der Hydra gemeinschaftlich	158	40		21	30			α
Am Nacken.	157	40		19	40			ε
An der Brust	160	0		18	10			ζ
Am rechten vorangehenden Flügel. .	160	50		14	50			γ
Der vorangehende von zweien am nachfolgenden Flügel	160	0		12	30	3		δ
Der nachfolgende	161	20		11	45	4		η
An der Fussspitze und der Hydra gemeinschaftlich	163	50		18	10	3		β
7 Sterne; 5 dritter, 1 vierter, 1 fünfter Grösse.								
Der Centaur.								
Der südlichste von vieren am Kopfe .	183	50		21	20	5		*g*
Der nördlichere	183	20		13	50	5		*h*
Der vorangehende von den beiden mittleren	182	30		20	30	5		*i*
Der nachfolgende und letzte von den vieren	183	20		20	0	5		*k*
An der vorangehenden linken Schulter	179	30		25	30	3		ι
An der rechten Schulter	189	0		22	30	3		ε
Am linken Oberarm	182	30		17	30	4		*d*
Der nördliche von den beiden vorangehenden der viere am Schilde . .	191	30		22	30	4		ψ
Der südliche	192	30		23	45	4		*a*
Der von den beiden übrigen am höchsten am Schilde steht	195	20		18	15	4		*e*
Der südlichere	196	50		20	50	4		*c*
Der vorangehende von dreien an der rechten Seite	186	40		28	20	4		ν
Der mittlere	187	20		29	20	4		μ
Der nachfolgende	188	30		28	0	4		φ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Am rechten Arm	189	40		26	30	4		χ
Am rechten Ellenbogen	196	10		25	15	3		x
An der Spitze der rechten Hand	200	50		24	0	4		σ
Der leuchtende am Anfange des menschlichen Körpers	191	20		33	30	3		ζ
Der nachfolgende von zwei dunkeln	191	0		31	0	5		υ
Der vorangehende	189	50		30	20	5		ρ
An der Rückenlinie	185	30		33	50	5		ω
Der diesem vorangehende am Rücken des Pferdes	182	20		37	30	5		f
Der nachfolgende von dreien an den Lenden	179	10		40	0	3		γ
Der mittlere	178	20		40	20	4		G
Der vorangehende von den dreien	176	0		41	0	5		1084
Der vorangehende von zwei benachbarten an der rechten Hüfte	176	0		46	10	2		p
Der nachfolgende	176	40		46	45	4		F
An der Brust unter der Schulter des Pferdes	191	40	Südlich	40	45	4		s
Der vorangehende von zweien am Bauche	179	50		43	0	2		?
Der nachfolgende	181	0		43	45	3		?
In der Höhlung des rechten Fusses	183	20		51	10	2	Kreuz	ε
Am Schienbein desselben	188	40		51	40	2	Kreuz	α
In der Höhlung des linken Fusses	188	40		55	10	4		λ
Am Huf desselben	184	30		55	40	4		ϑ
An der rechten Vorderfussspitze	181	40		41	10	1		α
Am linken Knie	197	30		45	20	2		β
Ausserhalb unter dem rechten Oberschenkel	188	0		49	10	3	Kreuz	β
37 Sterne; 1 erster, 5 zweiter, 7 dritter, 15 vierter, 9 fünfter Grösse.								
Der Wolf.								
Der an der Spitze des Hinterfusses, an der Hand des Centaurs	201	20		24	50	3		o
An der Höhlung desselben Fusses	199	10		20	10	3		x
Der vorangehende von zweien am Schultergelenk	204	20		21	15	4		ζ
Der nachfolgende	207	30		21	0	4		η
Mitten am Körper	206	20		25	10	4		ϑ
Am Bauche	203	30		27	0	5		β
An der Hüfte	204	10		29	0	5		?
Der nördliche von zweien an der Grenzlinie der Hüfte	208	0		28	30	5		μ
Der südliche	207	0		30	0	5		μ

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Zu äusserst an der Lende	208	40		33	10	5		ζ
Der südliche von dreien an der Schwanzspitze	195	20		31	20	5		ι
Der mittlere	195	10		30	0	4		α
Der nördliche von den dreien . . .	196	20		29	20	4		τ
Der südliche von zweien an der Kehle	212	10		17	0	4		η
Der nördliche	212	40		15	20	4		ϑ
Der vorangehende von zweien am Rachen	209	0		13	30	4		λ
Der nachfolgende	210	0		12	50	4		1319
Der südliche von zweien am Vorderfusse	240	40	h	11	30	4		δ
Der nördliche	239	50		10	0	4		?
19 Sterne; 2 dritter, 11 vierter, 6 fünfter Grösse.								
			c					
Der Altar.								
Der nördliche von zweien am Fusse .	231	0		22	40	5		σ
Der südliche	233	40		25	45	4		ϑ
Mitten am Altar	229	30	i	26	30	4		α
Der nördliche von dreien am Herd .	224	0		30	20	5		ε
Der südliche von den beiden andern .	228	30		34	10	4		γ
Der nördliche	228	20		33	20	4		β
Mitten in der Flamme	224	10	l	34	10	4		ζ
7 Sterne; 5 vierter, 2 fünfter Grösse.								
Die südliche Krone.			d					
Der ausserhalb des südlichen Randes vorangehende	242	30		21	30	4		δ
Der innerhalb der Krone diesem nachfolgende	245	0		21	0	5		η
Der diesem nachfolgende	246	30	ü	20	20	5		?
Der auch diesem nachfolgende . . .	248	10		20	0	4		ζ
Vor dem Knie des Schützen, nach diesem	249	30		18	30	5		?
Der am Knie glänzende, nördliche .	250	40	S	17	10	4		δ
Ein noch nördlicherer	250	10		16	0	4		?
Davon nördlich	249	50		15	20	4		κ
Der nachfolgende von zweien am nördlichen Rande	248	30		15	50	6		γ
Der vorangehende	248	0		14	50	6		1558
Der diesem nach einem Zwischenraume vorangehende	245	10		14	40	5		λ
Der auch diesem vorangehende . . .	243	0		15	50	5		?
Der letzte, südlichere	242	30		18	30	5		ϑ
13 Sterne; 5 vierter, 6 fünfter, 2 sechster Grösse.								

Benennung der Sterne.	Länge Grad	Länge Min.		Breite Grad	Breite Min.	Grösse	Bemerkung	Buchstaben nach Bayer
Der südliche Fisch.			südlich					
Am Maule, und zugleich der Letzte des Flusses	300	20		23	0	1		α
Der vorangehende von dreien am Kopfe	294	0		21	20	4		β
Der mittlere	297	30		22	15	4		γ
Der nachfolgende	299	0		22	30	4		δ
An den Kiemen	297	40		16	15	4		ε
An der südlichen Flosse und am Rücken	288	30		19	30	5		μ
Der nachfolgende von zweien am Bauche	294	30		15	10	5		ζ
Der vorangehende	292	10		14	30	4		λ
Der nachfolgende von dreien an der nördlichen Flosse	288	30		15	15	4		η
Der mittlere	285	10		16	30	4		θ
Der vorangehende von den dreien . .	284	20		18	10	4		ι
An der Schwanzspitze	289	20		22	15	4		?
Ausser dem ersten: 11 Sterne; 9 vierter, 2 fünfter Grösse.								
Unförmliche beim südlichen Fische.								
Der vorangehende von drei hellen, dem Fische vorangehenden	271	20		22	20	3		1694
Der mittlere	274	30		22	10	3		1717
Der nachfolgende von den dreien . .	277	20		21	0	3		?
Der dunkle, welcher nach diesem folgt	275	20		20	50	5		ζ
Der südlichere von den beiden andern nördlichen	277	10		16	0	4		ε
Der nördlichere	277	10		14	50	4		1713
6 Sterne; 3 dritter, 2 vierter, 1 fünfter Grösse.								

Die Sterne der südlichen Gegend betragen also zusammen 317, nämlich 7 erster, 18 zweiter, 60 dritter, 168 vierter, 54 fünfter, 9 sechster Grösse, und 1 nebeliger.

Alle Sterne zusammengenommen betragen daher 1025, nämlich 15 erster, 45 zweiter, 209 dritter, 476 vierter, 215 fünfter, 49 sechster Grösse, 5 nebelige und 11 dunkle.

Nicolaus Copernicus' Kreisbewegungen.

Drittes Buch.

Capitel 1.

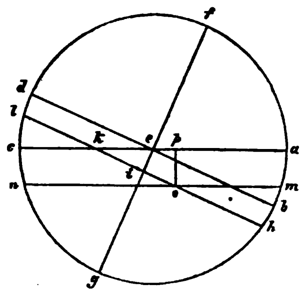
Ueber das Vorrücken der Aequinoctien und Solstitien.

Nachdem die Erscheinung der Fixsterne dargelegt ist, müssen wir zu demjenigen übergehen, welches einem jährlichen Umlaufe unterworfen ist; und zu dem Ende wollen wir zuerst von der Veränderung der Nachtgleichen handeln, wegen derer man geglaubt hat, dass auch die Fixsterne sich bewegen. Da finden wir nun, dass die alten Mathematiker den Jahreswechsel, nämlich den natürlichen, welcher von der Nachtgleiche und der Sommerwende abhängt, von demjenigen nicht unterschieden haben, welcher von irgend einem der Fixsterne an gerechnet wird. Daher kommt es, dass sie die olympischen Jahre, welche vom heliakischen Aufgange des Sirius anfingen, für dieselben hielten, als diejenigen, welche von der Sonnenwende beginnen, indem der Unterschied der einen von den andern noch nicht erkannt war. Der Rhodier Hipparch aber, ein Mann von bewunderungswürdiger Geistesschärfe, bemerkte zuerst, dass sich dieselben von einander unterschieden, und fand, indem er die Grösse des Jahres aufmerksamer beobachtete, das auf die Fixsterne bezogene grösser, als das von den Nachtgleichen oder Sonnenwenden abhängige. Daraus schloss er, dass auch den Fixsternen eine gewisse Bewegung zukomme, die aber so langsam sei, dass sie nicht sogleich bemerkt würde. Gegenwärtig aber ist durch den Verlauf der Zeit diese Bewegung sehr auffallend geworden, so dass wir jetzt einen weit anderen Auf- und Untergang der Sternbilder und der Sterne beobachten, als die Alten angegeben haben; und die zwölf Theile der Zeichen des Thierkreises um einen ziemlich grossen Abstand von denjenigen Sternbildern zurückgewichen sind, welche ursprünglich mit ihrer Bezeichnung und Stellung übereinstimmten. Diese Bewegung wird ausserdem noch ungleichmässig gefunden, und Diejenigen, welche den Grund von dieser Ungleichmässigkeit angeben wollten, haben verschiedene Ansichten aufgestellt. Einige glaubten, sie bestehe in einem gewissen Schwanken der schwebenden Welt, wie man bei den Planeten auch ein solches Schwanken um ihre Breiten wahrnimmt; sie werde deshalb einst um ebenso viel wieder zurückgehen, um wieviel sie von gewissen Grenzen aus vorgeschritten wäre, und ihre Abweichung nach beiden Seiten betrage, von ihrer Mitte gerechnet, nicht mehr als 8 Grade. Aber diese jetzt veraltete Ansicht konnte hauptsächlich deshalb nicht bestehen, weil es schon hinreichend feststeht, dass der Kopf des Sternbildes Widder von dem Frühlingsnachtgleichenpunkte um mehr als dreimal 8 Grade abweicht, und dies bei den andern Sternen sich ebenso verhält, während inzwischen so viele Jahrhunderte hindurch keine Spur eines Zurückgehens bemerkt ist. Andere sind der Meinung gewesen, dass die Sphäre der Fixsterne mit ungleichmässiger Bewegung vorschreite, haben aber kein bestimmtes Maass angegeben. Dazu kam noch überdies ein anderes Naturräthsel, dass nämlich, wie wir schon gesagt haben, die Schiefe der Ekliptik uns nicht mehr so gross erscheint, als dem Ptolemäus, weshalb Einige eine neunte, Andere eine zehnte Sphäre in der Hoffnung ersannen, dadurch die Ursache zu finden; dennoch konnten sie das Versprochene nicht leisten und schon sollte noch eine elfte Sphäre hinzukommen. Diese Zahl von Sphären werden wir aber bei einer Bewegung der Erde leicht als überflüssig beseitigen. Wie wir schon im ersten Buche[74]) zum Theil auseinandergesetzt haben, sind nämlich die beiden Bewegungen, der jährlichen Declination und des Mittelpunktes der Erde, nicht völlig gleich, und zwar übertrifft die rückläufige Bewegung der Declination, den Umlauf des Mittelpunktes um ein Geringes. Daraus muss nothwendig folgen, dass die Nachtgleichen und Sonnenwenden, zurückzuweichen scheinen; nicht weil die Sphäre der Fixsterne vorwärts, sondern vielmehr weil der Aequator, der wegen der Neigung der Erdaxe gegen die Ebene der Ekliptik selbst geneigt ist, rückwärts fortrückt. Es erscheint nämlich in Rücksicht auf das Grössere und Kleinere, angemessener, dass man sagt, der Aequator sei gegen die Ekliptik, als die Ekliptik sei gegen den Aequator geneigt. Die Ekliptik, welche durch die Entfernung der Sonne von der Erde im jährlichen Umlaufe beschrieben wird, ist nämlich viel grösser, als der Aequator, welcher, wie gesagt, durch die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe bestimmt wird. In dieser Weise sieht man jene Schnittpunkte der Nachtgleichen, mit der ganzen Neigung der Ekliptik im Laufe der Zeit vorrücken, die Sterne aber zurückweichen. Das Maass dieser Bewegung aber, und das Verhältniss der Ungleichmässigkeit, war den Alten so sehr verborgen, dass man nicht wusste, wie viel bis dahin die Bewegung betragen habe, und zwar wegen ihrer nicht abzuwartenden Langsamkeit, da sie seit so vielen Jahrhunderten, in denen sie anfangs den Sterblichen unbekannt geblieben war, kaum den fünfzehnten Theil des Kreises zurückgelegt hat. Nichts desto weniger werden wir, nach dem, was uns die Geschichte der Beobachtungen davon überliefert hat, dieselbe, so weit wir dies vermögen, bestimmen.

Capitel 2.

Geschichte der Beobachtungen, welche beweisen, dass das Vorrücken der Nachtgleichen und Sonnenwenden ungleichförmig sei.

In der ersten 76jährigen Periode des Callippus, im 36sten Jahre derselben, welches das 30ste Jahr seit dem Tode Alexander's[75]) war, verzeichnete der Alexandriner Timochares[76]), der sich zuerst um die Oerter der Fixsterne bekümmerte, dass die Spica, welche die Jungfrau hält, um $82\frac{1}{3}^0$ vom Sonnenwendepunkte abstehe und eine südliche Breite von 2^0 habe: und dass dem Sterne, welcher von den dreien in der Stirn des Scorpiones der nördlichste, und in der Ordnung der Bildung dieses Sternbildes der erste ist, eine Breite von $1\frac{1}{3}^0$ und eine Länge von 32^0 von dem Herbstnachtgleichenpunkte zukomme. Und im 48sten Jahre[77]) derselben Periode fand er die Länge der Spica der Jungfrau zu $82\frac{1}{2}^0$ von der Sommersonnenwende, während die Breite dieselbe geblieben war. Hipparch aber fand im 50sten Jahre der dritten Callippischen Periode, also im Jahre 196 nach Alexander[78]), den Stern, welcher in der Brust des Löwen Regulus genannt wird, vom Sommersonnenwendepunkte $29\frac{1}{2}^0$ und $\frac{1}{3}^0$ abstehend. Darauf gab der römische Geometer Menelaus im ersten Jahre des Kaisers Trajan, welches das 99ste nach Christo, und das 422ste nach Alexanders Tode war, den Abstand der Spica der Jungfrau zu $86\frac{1}{4}^0$ Länge an; den Stern in der Stirn des Scorpion's aber zu 36^0 weniger $\frac{1}{12}^0$ vom Herbstnachtgleichenpunkte. Diesem folgte Ptolemäus, im zweiten Jahre des Antoninus Pius, welches das 462ste Jahr nach Alexanders Tode[79]) war; er behauptet, die Länge des Regulus im Löwen zu $32\frac{1}{2}^0$ vom Sonnenwendepunkte, die der Spica zu $86\frac{2}{3}^0$, und die des Sternes in der Stirn des Scorpion's zu $36\frac{1}{3}^0$ vom Herbstäquinoctium erhalten zu haben, während sich die Breite nicht im Geringsten geändert hatte, wie sie oben in dem Verzeichnisse gegeben ist. Und diese Angaben, wie sie von Jenen überliefert sind, haben wir von Neuem untersucht. Nach einer geraumen Zeit nämlich im Jahre 1202 nach Alexanders Tode[80]), folgt die Beobachtung des Mahometus Aracensis[81]), dem man am meisten vertrauen darf, und in diesem Jahre zeigte sich, dass Regulus oder Basiliscus des Löwen bis $44^0\ 5'$ vom Sonnenwendepunkte, und jener in der Stirn des Scorpion's bis $47^0\ 50'$ vom Herbstnachtgleichenpunkte gekommen waren. Bei allen diesen blieb die Breite jedes Sternes dieselbe, so dass man hierüber keinen Zweifel mehr hegt. Auch wir haben im Jahre Christi 1525, dem ersten nach einem Schaltjahre römischer Zeitrechnung, welches von dem Tode Alexanders um 1849 ägyptische Jahre[82]) absteht, in Frauenburg in Preussen, die oft genannte Spica beobachtet, und schien ihre grösste Höhe im Meridiankreise nahezu 27^0 zu sein. Die Breite aber von Frauenburg haben wir zu $54^0\ 19\frac{1}{2}'$ [83]) gefunden. Daraus ergiebt sich die Declination jener zu $8^0\ 40'$ [84]) vom Aequator. Hiernach wird ihr Ort, wie folgt, festgestellt. Wir beschreiben den Meridiankreis durch die beiden Pole der Ekliptik und des

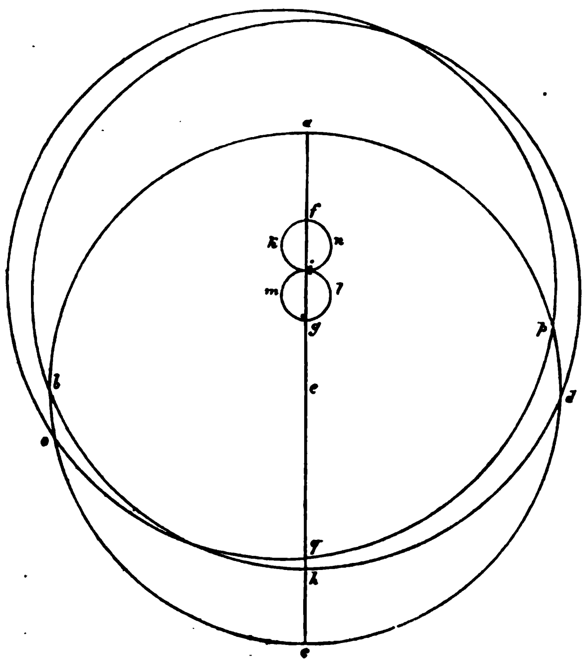


Aequators **abcd**, und in demselben liegen die gemeinschaftlichen Schnittkanten und Durchmesser: für den Aequator *aec*, und für die Ekliptik *bed*; der Letzteren nördlicher Pol sei *f*, und ihre Axe *feg*. Nun sei *b* der Anfang des Steinbocks, *d* der des Krebses, der Bogen *bh* gleich der zwei Grade betragenden südlichen Breite des Sternes, und *hl* durch *h* parallel mit *bd* gezogen. Diese Linie schneide die Axe der Ekliptik in *i*, und den Aequator in *k*. Ebenso nehme man den Bogen *ma* gemäss der südlichen Declination des Sternes zu 8° 40′, und ziehe durch *m* parallel mit *ac* die Linie *mn*; diese schneidet die mit der Ekliptik parallel gezogene Linie *hil*, und zwar mag dies in *o* geschehen. Das Loth *op* wird gleich sein der Hälfte der Sehne der doppelten Declination *am*. Die Kreise aber, deren Durchmesser *fg*, *hl* und *mn* sind, stehen senkrecht auf der Ebene **abcd**, und ihre gemeinschaftlichen Schnittkanten stehen, nach dem 19ten Satze des elften Buches der Elemente Euklid's, in den Punkten *o* und *i* senkrecht auf derselben Ebene, und sind nach dem 6ten Satze desselben Buches, einander parallel Und da *i* der Mittelpunkt des Kreises ist, dessen Durchmesser *hl*: so ist *oi* gleich der Hälfte der Sehne des doppelten Bogens in dem Kreise vom Durchmesser *hl*, welcher demjenigen entspricht, um welchen der Stern vom Anfange der Wage, seiner Länge, welche wir suchen, gemäss absteht. Diese Länge wird aber auf folgende Weise gefunden: Die Winkel *okp* und *aeb* sind als correspondirende Winkel einander gleich, und *opk* ist ein Rechter. Deswegen verhält sich *op* zu *ok*, wie die Hälften der Sehnen der doppelten *ab* zu *be* und wie die Hälften der Sehnen der doppelten *ah* zu *hik*, weil sie ein mit *opk* ähnliches Dreieck bilden. Aber *ab* ist 23° 28½′, die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens beträgt 39832 solcher Theile, von denen *be* 100000 enthält; und *abh* ist 25° 28½′, die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens beträgt 43010; und *ma* ist die Hälfte der Sehne der doppelten Declination = 15069. Hieraus folgt, dass die ganze Linie *hik* 107978 und *ok* 37831 und der Rest *ho* 70147 Theile beträgt. Die Linie *hoi* enthält aber 99939 Theile, von denen *be* 100000 enthält, also misst der Rest *oi* 29892. Insofern aber *hoi* als der Halbmesser 100000 ist, wird *oi* 29810 und diesem entspricht nahezu ein Bogen von 17° 21′, um welchen die Spica der Jungfrau vom Anfange der Wage abstand, und dies war der Ort dieses Sternes. Vor zehn Jahren, also im Jahre 1515 haben wir gefunden, dass sie um 8° 36′ declinire, und ihr Ort in 17° 14′ der Wage sei. Ptolemäus aber berichtet, dass sie nur um einen halben Grad declinirt habe, und dass also ihr Ort 26° 40′ der Jungfrau gewesen sei, was nach der Vergleichung mit den früheren Beobachtungen zuverlässig zu sein scheint. Hieraus scheint sich hinreichend sicher zu ergeben, dass in der ganzen Zeit von Timochares bis Ptolemäus in 432 Jahren die Nachtgleichen und Sonnenwenden durch ein Vorrücken von einem Grade in je hundert Jahren sich geändert haben, so dass ihr Fortschreiten immer im Verhältnisse der Zeit zur Länge stand und dies betrug im Ganzen $4^1/_3{}^0$. Auch nach der Vergleichung der Sonnenwende mit dem Basiliscus des Löwen, hat das Vorrücken seit Hipparch bis Ptolemäus in 266 Jahren $2^2/_3{}^0$ betragen, so dass auch hier durch die Vergleichung mit der Zeit, ein Vorrücken um einen Grad in je 100 Jahren gefunden wird. Vergleicht man ferner den ersten Stern in der Stirn des Scorpion's bei Albategnius und bei Menelaus: so scheinen, da in 782 mittleren Jahren 11° 55′ durchlaufen wurden, auf einen Grad nicht 100 sondern 66 Jahre zu kommen. Aber von Ptolemäus an in 741 Jahren kommen nur 65 Jahre auf einen Grad. Nimmt man endlich den übrigen Zeitraum von 645 Jahren mit der Differenz von 9° 11′ unserer Beobachtung zusammen: so kommen auf einen Grad 71 Jahre. Hieraus geht hervor, dass die Präcession der Nachtgleichen in jenen 400 Jahren vor Ptolemäus langsamer gewesen sei, als von Ptolemäus bis Albategnius, und diese wieder geschwinder, als von Albategnius bis auf unsere Zeit. Auch in der Bewegung der Schiefe findet sich ein Unterschied. Denn der Samier Aristarch[85]) giebt die Schiefe der Ekliptik gegen den Aequator ebenso wie Ptolemäus[86]) zu 23° 51′ 20″ an. Albategnius zu 23° 26′ [87]) Der Spanier Arzachel[88]) 190 Jahre später zu 23° 34′. Und der Jude Prophatius[89]) 230 Jahre nachher zu ungefähr 2′ geringer. Zu unsern Zeiten wird sie nicht grösser als 23° $28^1/_2{}'$ [90]) gefunden. So dass hieraus sich ergiebt, dass die Bewegung von Aristarch bis Ptolemäus am kleinsten, von Ptolemäus bis Albategnius aber am grössten gewesen ist.[91])

Capitel 3.

Hypothesen, aus denen die Veränderung der Nachtgleichen, der Schiefe der Ekliptik und des Aequators abgeleitet wird.

Dass also die Nachtgleichen und Sonnenwenden mit ungleichförmiger Geschwindigkeit sich ändern, scheint aus dem Vorhergehenden klar zu sein. Es dürfte vielleicht Niemand hierfür einen besseren Grund angeben, als eine gewisse Bewegung der Erdaxe und der Pole des Aequators; und das scheint auch wirklich aus der Vorstellung von der Bewegung der Erde zu folgen; da es sicher ist, dass der Kreis, welcher durch die Mitte der Zeichen gelegt ist, ewig unveränderlich bleibt, was die sich gleich bleibenden Breiten der Fixsterne beweisen, der Aequator aber sich ändert; wie denn, wenn die Bewegung der Erdaxe einfach und genau mit der Bewegung des Mittelpunktes übereinstimmte, wie gesagt, durchaus kein Vorrücken der Nachtgleichen und Sonnenwenden zur Erscheinung kommen würde. Wenn dieselben aber von einander verschieden sind, und zwar um eine nicht gleichbleibende Differenz: so ist auch nothwendig, dass die Sonnenwenden und Nachtgleichen mit ungleichförmiger Geschwindigkeit gegen die Oerter der Sterne vorrücken. Auf dieselbe Weise geht die Bewegung der Declination vor sich, welche die Schiefe der Ekliptik, die jedoch richtiger dem Aequator zuzuschreiben wäre, ebenfalls ungleichförmig ändert. Deshalb müssen überhaupt zwei wechselnde, Pendelschwingungen ähnliche Bewegungen angenommen werden: indem die Pole und Kreise an einer Kugel mit einander zusammenhängen und übereinstimmen. Es wird nämlich eine Bewegung bestehen, welche die Neigung jener Kreise verändert, indem die Pole um Centriwinkel auf- und abwärts sich bewegen; eine andere, welche das Vorrücken der Sonnenwenden und Nachtgleichen vermehrt und vermindert; indem von beiden Polen eine seitliche Bewegung ausgeführt wird. Diese Bewegungen nennen wir aber Librationen, weil sie den Pendeln ähnlich auf demselben Wege, in der Mitte zwischen ihren beiden Grenzen beschleunigter, an den Grenzen selbst am langsamsten sind; wie solche häufig bei den Elongationen der Planeten vorkommen, was wir an seinem Orte betrachten werden. Sie unterscheiden sich auch in ihren Umläufen, weil die Ungleichförmigkeit der Nachtgleichen, während einer Wiederkehr der Schiefe, zweimal wiederkehrt. Wie aber bei jeder erscheinenden ungleichförmigen Bewegung, ein Mittel aufgefunden werden muss, an welchem das Verhältniss der Ungleichförmigkeit gemessen werden kann: so musste man natürlich auch hier mittlere Pole, einen mittleren Aequator, mittlere Nachtgleichen- und Sonnenwendepunkte aufsuchen, um welche die Pole und der Erdäquator, nach beiden Seiten abweichend, jene verschiedenen Bewegungen in feststehenden Grenzen, doch als gleichförmige erscheinen lassen. Jene beiden mit einander zusammentreffenden Librationen bewirken also, dass die Erdpole mit der Zeit gewisse, einem gedrehten Ringe ähnliche Linien beschreiben. Da aber dies nicht leicht mit Worten hinreichend ausgedrückt werden kann, zumal wenn es nur mit dem Gehör aufgefasst, und nicht zugleich mit den Augen angeschaut wird: so beschreiben wir die Ekliptik *abcd* auf einer Kugel, ihr nördlicher Pol sei *e*, der Anfang des Steinbocks *a*, der des Krebses *c*, der des Widders *b*, der der Wage *d;* und durch die Punkte *a* und *c* und den Pol *e* werde der Kreis *aec* gelegt. Die grösste Entfernung der Nordpole der Ekliptik und des Aequators sei *ef*, die kleinste *eg:* und ebenso sei der Pol *i* im mittleren Orte, um welchen der sogenannte mitt-

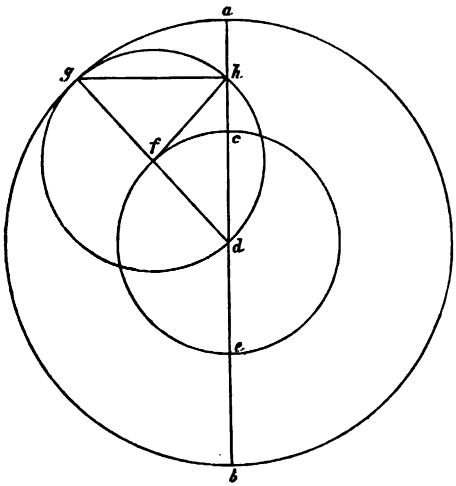


lere Aequator *bhd* beschrieben werde, und *b* und *d* seien die mittleren Nachtgleichen, welche beide um den Punkt *e* immer in gleicher Bewegung rückwärts, d. i. gegen die Ordnung der Zeichen an der Fixsternsphäre, und, wie gesagt, in langsamer Bewegung fortrücken. Jetzt wird man beide zusammenhängende pendelartige Bewegungen der Erdpole verstehen, die eine zwischen den Grenzen *f* und *g*, welche die Bewegung der Anomalie, d. h. der Ungleichheit der Declination genannt werden mag; die andere, seitlich hin und her gehende doppelt so schnell, als die vorige, welche wir die Anomalie der Nachtgleichen nennen wollen. Diese beiden in den Polen zugleich stattfindenden Bewegungen, lenken dieselben auf merkwürdige Weise ab. Setzen wir nämlich zuerst den Nordpol der Erde in *f*: so wird der um denselben beschriebene Aequator durch dieselben Punkte *b* und *d*, nämlich durch die Pole des Kreises *afec* gehen; den Winkel der Schiefe aber im Verhältniss des Bogens *fi* vergrössern. Soll von diesem Anfangspunkte der Pol der Erde zur mittleren Schiefe, nämlich zu *i*, übergehen: so gestattet die dazu kommende andere Bewegung nicht, dass derselbe grade längs *fi* fortschreite, sondern führt ihn rechtläufig auf dem Umwege durch die grösste Abweichung, welche in *k* liegen mag, herum. In dieser Stellung wird der Schnittpunkt des wahren Aequators *oqp* nicht in *b* sein, sondern hinter diesem in *o* liegen, und das Vorrücken der Nachtgleichen wird um das Stück *bo* vermindert. Von hier wendet sich der Pol um, und indem er rückläufig fortgeht, gelangt er durch die beiden zusammenwirkenden Bewegungen in die Mitte *i*, und der wahre Aequator fällt in allen Punkten mit dem mittleren zusammen. Von hier weitergehend, bewegt sich der Erdpol rückwärts, trennt den wahren Aequator von dem mittleren, und vergrössert das Vorrücken der Nachtgleichen bis zur andern Grenze *l*. Von hier sich zurückwendend, nimmt er den Nachtgleichen das, was er ihnen eben hinzugefügt hatte, bis er im Punkte *g* angekommen, die kleinste Schiefe in demselben Punkte *b* hervorbringt, in welchem Punkte wieder die Bewegung der Nachtgleichen und Sonnenwenden ungefähr in derselben Weise wie in *f* am langsamsten erscheint. Zu dieser Zeit hat offenbar die Ungleichheit der Letzteren ihren Umlauf vollendet, da sie beide Extreme von der Mitte aus erreicht hat; die Bewegung der Schiefe aber hat von der grössten Declination zur kleinsten nur erst den halben Umlauf zurückgelegt. Von hier fortfahrend kommt der Pol wieder rechtläufig zu der äussersten Grenze in *m*, und von Neuem rückläufig, trifft er mit dem Mittleren zusammen, und nachdem er wiederum rückwärts gewendet die Grenze *n* durchlaufen hat, vollendet er endlich, wie gesagt, die gedrehte Linie *fkilgminf*. Auf diese Weise ist klar, dass während einer Wiederkehr der Schiefe, der Erdpol zweimal die vorwärts und rückwärts liegenden Grenzen erreicht.

Capitel 4.

Wie die wechselseitige Bewegung der Libration aus Kreisbewegungen besteht.

Dass nun diese Bewegung mit den Erscheinungen übereinstimmt, wollen wir alsbald auseinandersetzen. Man möchte aber inzwischen die Frage aufwerfen, auf welche Weise die Gleichmässigkeit jener Libration begriffen werden könne, da doch im Anfange behauptet worden, dass die Himmelsbewegung gleichmässig, oder doch aus gleichmässigen Kreisbewegungen zusammengesetzt ist; hier aber zwei Bewegungen, und jede zwischen zweien Grenzen, zu einer vereinigt zur Erscheinung kommen, wodurch nothwendig eine Ungleichmässigkeit eintreten muss. Wir geben zwar zu, dass dieselben zusammengesetzt sind, leiten sie aber folgendermaassen aus gleichmässigen ab. Es sei *ab* eine grade Linie, welche durch die Punkte *c*, *d* und *e* in vier gleiche Theile getheilt ist; um *d* werden die concentrischen und in derselben Ebene liegenden Kreise von den Durchmessern *adb* und *cde* beschrieben; in der Peripherie des innern Kreises wird irgendwo ein Punkt *f* angenommen, um diesen Punkt *f* mit dem Radius *fd* der Kreis *ghd* beschrieben, welcher die grade Linie *ab* im Punkte *h* schneidet, und der Durchmesser *dfg* gezogen. Es ist zu zeigen, dass wenn die vereinigten Bewegungen der Kreise *ghd* und *cfe* zugleich stattfinden, der bewegliche Punkt *h* auf der graden Linie *ab* hin und her rückt; und dies wird nachgewiesen sein, wenn eingesehen ist, dass *h* nach entgegengesetzten Seiten und doppelt so geschwind, als *f* sich bewegt.

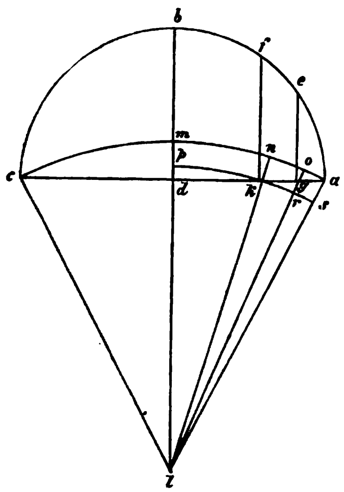


Der Centriwinkel *cdf* im Kreise *cfe*, der zugleich Peripheriewinkel im Kreise *ghd* ist, schliesst in den beiden Kreisen Bogen ein, von denen *gh* doppelt so gross ist, als *fc*. Setzen wir nun den Fall, dass zu irgend einer Zeit beim Zusammenfallen der graden Linien *acd* und *dfg* der bewegliche Punkt *h* in *g*, also auch in *a*, und *f* in *c* falle: so ist der Mittelpunkt *f* nach rechts durch *fc* fortgegangen und *h* nach links durch den Bogen *gh*, der doppelt so gross, als *cf* ist; somit wird also *h* von der entgegengesetzten Seite her in die Linie *ab* sich zurückbewegen, sonst nämlich wäre der Theil grösser, als sein Ganzes, was, wie ich glaube, leicht einzusehen ist. Der Punkt *h* entfernt sich aber von dem früheren Orte *a* um *ah*, indem er durch die gebrochene Linie *dfh*, welche gleich *ad* ist, um dasjenige Stück zurückgezogen wird, um welches der Durchmesser *dfg* grösser ist, als die Sehne *dh*. Und auf diese Weise wird *h* zum Mittelpunkte *d* fortgeführt, welcher im Berührungspunkte des Kreises *dhg* mit der graden Linie *ab* liegt, weil nämlich dann *gd* rechtwinklig gegen *ab* stehen wird. Und darauf gelangt der Punkt *h* zu der andern Grenze *b*, von welcher aus er wieder in ähnlicher Weise zurückgeführt wird[918]). Es leuchtet also ein, dass aus zweien Kreisbewegungen, welche auf diese Weise einander entgegengesetzt sind, eine gradlinige, und aus zweien zugleich stattfindenden gleichförmigen, eine ungleichförmige Bewegung sich zusammensetze. Hieraus folgt auch noch, dass die grade Linie *gh* immer rechtwinklig gegen *ab* steht, weil diese beiden Linien in dem Halbkreise *dhg* einen rechten Winkel einschliessen. Und daher ist *gh* die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens *ag* und die andere Linie *dh* die Hälfte der Sehne desjenigen doppelten Bogens, welcher von dem Quadranten nach Abzug von *ag* übrig bleibt, wobei der Kreis *agb* doppelt so gross ist, als *hyd*, gemäss den Durchmessern.

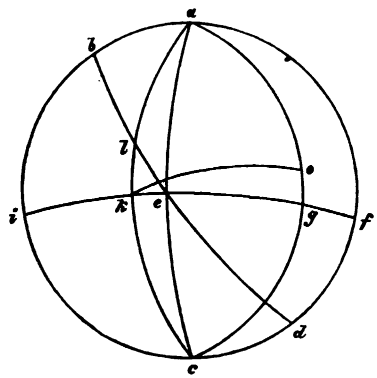
Capitel 5.

Beweis für die Ungleichmässigkeit des Vorrückens der Nachtgleichen und der Schiefe.

Diese Bewegung nennen Einige, eben dieser Begründung wegen, die Bewegung in der Breite des Kreises, d. h. in seinem Durchmesser; messen jedoch ihre Periode und ihre Gleichmässigkeit in dem Bogen, ihren Betrag aber in den Sehnen. Es kann daher leicht nachgewiesen werden, dass dieselbe als eine ungleichmässige in die Erscheinung tritt, und zwar als eine beschleunigte am Mittelpunkte, und als eine langsamere an der Peripherie.



Es sei *abc* ein Halbkreis, *d* sein Mittelpunkt, *adc* der Durchmesser, und der Halbkreis werde im Punkte *b* halbirt. Die Bogen *ae* und *bf* seien gleichgemacht, und von den Punkten *f* und *e* auf *adc* die Lothe *eg* und *fk* gefällt. Da nun das Doppelte von *dk* die Sehne des Doppelten *bf*, und das Doppelte von *eg* die Sehne des Doppelten *ae* ist: so sind also *dk* und *eg* einander gleich. Aber *ag* ist nach dem siebenten Satze des dritten Buches der Elemente Euklid's, kleiner als *ge*, also auch kleiner als *dk*. Wegen der gleichen Bogen *ae* und *bf* werden aber *ga* und *kd* in gleichen Zeiten zurückgelegt, folglich ist die Bewegung in der Nähe des Punktes *a* der Peripherie langsamer, als in der Nähe des Mittelpunktes *d*. Nachdem dies bewiesen, werde in *l* der Mittelpunkt der Erde angenommen: so dass die grade Linie *dl* rechtwinklig gegen die Ebene des Halbkreises *abc* stehe; durch die Punkte *a* und *c* werde vom Mittelpunkte *l* aus der Bogen eines Kreises *amc* beschrieben, und die grade Linie *ldm* gezogen. Es wird also in *m* der Pol des Halbkreises *abc* liegen, *adc* wird die gemeinschaftliche Sehne der Kreise sein, und man ziehe *la*, *lc*, *lk* und *lg*, von denen die letzteren Beiden verlängert den Bogen *amc* in *n* und *o* schneiden. Da nun der Winkel *ldk* ein Rechter ist: so ist *lkd* ein spitzer Deshalb ist auch die Linie *lk* länger als *ld;* um so mehr sind in den stumpfwinkligen Dreiecken die Seite *lg* grösser als *lk*, und *la* grösser als *lg*. Aus dem Mittelpunkte *l* werde mit dem Radius *lk* ein Kreis *pkrs* beschrieben, welcher *ld* nicht, wohl aber *lg* und *la* schneidet. Und da das Dreieck *ldk* kleiner ist, als der Kreisausschnitt *lpk*, das Dreieck *lga* aber grösser, als der Kreisausschnitt *lrs*, und daher das Verhältniss des Dreiecks *ldk* zu dem Kreisausschnitte *lpk* kleiner ist, als dasjenige des Dreiecks *lga* zu dem Kreisausschnitte *lrs:* so wird auch das Dreieck *ldk* zum Dreiecke *lga* in einem kleineren Verhältnisse stehen, als der Kreisausschnitt *lpk* zum Kreisausschnitte *lrs;* und nach dem ersten Satze des sechsten Buches der Elemente Euklid's, verhält sich die Basis *dk* zu der Basis *ag*, wie das Dreieck *ldk* zu dem Dreiecke *lga*. Das Verhältniss des Kreisausschnittes zum Kreisausschnitte ist aber wie dasjenige des Winkels *dlk* zum Winkel *rls*, oder wie das des Bogens *mn* zu dem Bogen *oa*. Also steht *dk* zu *ag* in einem kleineren Verhältnisse, als *mn* zu *oa*. Wir haben aber schon bewiesen, dass *dk* grösser als *ga* sei, um so mehr wird also auch *mn* grösser sein als *oa*, welche offenbar die in gleichen Zeiträumen von den Erdpolen längs den gleichen Bogen *ae* und *bf* beschriebenen Anomalien sind, was zu beweisen war. Da jedoch der Unterschied zwischen der grössten und kleinsten Schiefe so klein ist, dass er nicht zwei Fünftel eines Grades überschreitet: so wird auch der Unterschied zwischen der krummen Linie *amc* und der graden *adc* so unmerklich, dass kein Fehler entsteht, wenn wir einfach mit der graden Linie *adc* und dem Halbkreise *abc* verfahren. Ungefähr dieselbe Bewandniss hat es mit der andern Bewegung der Pole, welche sich auf die Nachtgleichen bezieht, da auch diese nicht um einen halben Grad wächst, wie sich das weiter unten ergeben wird. Es sei *abcd* wiederum der Kreis durch die Pole der Ekliptik und des mittleren Aequators, welchen wir den mittleren Colur des Krebses nennen können. Die Hälfte der Ekliptik sei *deb;* die des mittleren Aequators *aec*, sie schneiden sich einander im Punkte *e*, in welchem die mittlere Nachtgleiche liegt. Der Pol des mittleren Aequators aber sei *f*, durch welchen ein grösster Kreis *fet* beschrieben wird, der also selbst der Colur der mittleren oder gleichen Nachtgleichen ist. Wir wollen nun, des leichteren Beweises wegen, die Libration der Nachtgleichen von der Schiefe der Ekliptik trennen, und nehmen auf dem Colur *ef* den Bogen *fg*,

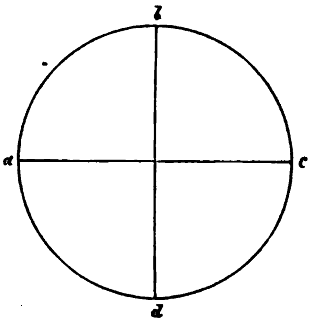


um welchen der Pol *g* des wahren Aequators von dem Pole *f* des mittleren abweichen mag, um diesen Pol *g* werde der Halbkreis *alkc* des wahren Aequators beschrieben, welcher die Ekliptik in *l* schneidet. Es wird also der Punkt *l* selbst die wahre Nachtgleiche sein, welche von der mittleren um den Bogen *le* absteht, wie dies die Gleichheit von *ek* und *fg* bedingt. Wenn wir um *k*, als um einen Pol, den Kreis *agc* beschreiben: so sehen wir, dass der Pol des Aequators, während der Libration *fg*, als wahrer Pol nicht im Punkte g bleibt, sondern durch die andere Libration um den Bogen *go* gegen die Ekliptik sich neigt Bleibt also *bed* die Ekliptik: so wird die wahre erscheinende Nachtgleiche durch die Versetzung des Poles *o* verändert. Die Bewegung des Schnittpunktes *l* des wahren Aequators wird auf ähnliche Weise um die Mitte *e* beschleunigter, am langsamsten an den äussersten Enden, fast proportional der schon nachgewiesenen Schwankung der Pole. Was erkannt zu haben, der Mühe werth war.

Capitel 6.

Ueber die gleichförmigen Bewegungen des Vorrückens der Nachtgleichen und der Schiefe der Ekliptik.

Jede ungleichförmig erscheinende Kreisbewegung geht in vier Bestimmungen vor sich, nämlich in den äussersten Punkten, wo sie am langsamsten und wo sie am geschwindesten erscheint, und in den Zwischenpunkten, wo sie eine mittlere ist. Von dem Aufhören der Verlangsamung und dem Anfange der Beschleunigung geht sie nämlich in die mittlere über, von der mittleren steigert sie sich zur grössten Geschwindigkeit, von dieser geht sie wieder in die mittlere über, und von da kehrt sie zur anfänglichen grössten Langsamkeit zurück. Hiernach kann erkannt werden, in welchem Theile des Kreislaufes der Ort der Ungleichheit oder der Anomalie für irgend eine Zeit gewesen ist, und aus diesen Angaben wird auch die Periode der Anomalie erhalten. In einem geviertheilten Kreise sei *a* der Ort der grössten Langsamkeit, *b* der Ort für die wachsende mittlere Geschwindigkeit, *c* der Ort, wo das Wachsthum aufhört und die Abnahme anfängt, und *d* der Ort für die abnehmende mittlere Geschwindigkeit. Da nun, wie oben[92]) gesagt ist, von Timochares bis Ptolemäus die erscheinende Bewegung des Vorrückens der Nachtgleichen gegen die übrigen Zeiten langsamer gefunden ist, und weil dieselbe eine Zeit



lang gleichförmig zu sein schien, wie das die Beobachtungen des Aristyllus[93]), des Hipparchus[94]), des Agrippa[95]) und des Menelaus[96]) in der Zwischenzeit zeigen: so beweist dies, dass die erscheinende Bewegung der Nachtgleichen in der Mitte dieser Zeit schlechthin am langsamsten und im Anfange des Wachsthums gewesen ist, indem die aufhörende Abnahme, verbunden mit dem anfangenden Wachsthume, durch gegenseitige Ausgleichung bewirkte, dass während dem die Bewegung gleichförmig erschien. Deshalb ist die Beobachtung des Timochares in den letzten Theil des Kreises *da* zu setzen; die Ptolemäische aber bezeichnete den ersten Quadranten *ab*. Weil wiederum in dem zweiten Zeitraume von Ptolemäus bis Albategnius[97]) die Bewegung geschwinder gefunden wird, als in dem dritten: so zeigt dies, dass in dem zweiten Zeitraume die grösste Geschwindigkeit, d h. der Punkt *c* durchlaufen, und die Anomalie schon zum dritten Quadranten *cd* des Kreises gekommen ist, und dass in dem dritten Zeitraume bis auf uns der Umlauf der Anomalie nahezu vollendet wird, und zu dem Anfange des Timochares zurückkehrt. Wenn wir nämlich in den 1819 Jahren, von Timochares bis auf uns, den ganzen Kreis in die gewöhnlichen 360 Grade theilen: so erhalten wir für 432 Jahre einen Bogen von $85\frac{1}{2}^{\circ}$, für 742 Jahre 146° 51′, und für die übrigen 645 Jahre den übrigen Bogen von 127° 39′. Dies gewinnen wir leicht durch einfaches Ueberschlagen, wenn wir dasselbe aber durch eine eingehendere Rechnung mit den Beobachtungen genauer in Uebereinstimmung zu bringen suchen, so finden wir, dass die Bewegung der Anomalie in 1819 ägyptischen Jahren ihren vollständigen Umlauf bereits um 21° 24′ überschritten hat und dass ihre Periode nur 1717 ägyptische Jahre umfasst[98]), und nach diesem Verhältnisse enthält der erste Kreisabschnitt 90° 35′, der andere 155° 34′, der dritte aber für die übrigen 543 Jahre 113° 51′. Nachdem dies feststeht, ergiebt sich auch, dass die mittlere Bewegung des Vorrückens der Nachtgleichen in denselben 1717 Jahren, in denen die ganze Ungleichheit in den früheren Zustand zurückgekehrt ist, 23° 57′ [99]) beträgt; denn in 1819 Jahren haben wir eine erscheinende Bewegung von ungefähr 25° 1′ gehabt; von Timochares aber an musste in den 102 Jahren, um welche die 1717 Jahre von den 1819 Jahren sich unterscheiden, die erscheinende Bewegung ungefähr 1° 4′ betragen haben, und dass sie damals noch etwas grösser gewesen sei, dürfte wahrscheinlich sein, da sie in je 100 Jahren noch mehr, als einen Grad betrug, und im Abnehmen begriffen war, indem sie noch nicht auf das Ende der Abnahme folgte. Wenn wir nun einen und ein funfzehntel Grad von 25° 1′ abziehen: so bleibt, wie gesagt für die 1717 ägyptische Jahre eine, der ungleichmässigen und erscheinenden gleichwerthige, mittlere und gleichmässige Bewegung von 23° 57′, woraus der ganze und gleiche Umlauf der Präcession der Nachtgleichen sich zu 25816 [100]) Jahren ergiebt, in welcher Zeit ungefähr $15\frac{1}{28}$ Umgänge der Anomalie eintreten. Diesem Verhältnisse passt sich auch die Bewegung der Schiefe an, von deren Umlaufe wir gesagt haben, dass er doppelt so lange dauere, als derjenige der Präcession der Nachtgleichen. Denn dass Ptolemäus angiebt, dass die Schiefe von 23° 51′ 20″ in den 400 Jahren vor ihm, seit Aristarch von Samos, sich gar nicht geändert habe, beweist, dass sie damals ungefähr an der Grenze der grössten Schiefe gewesen ist, als nämlich auch die Präcession in ihrer langsamsten Bewegung begriffen war. Aber jetzt, während die Wiederholung derselben Langsamkeit eintritt, geht die Neigung der Axe nicht in ihren grössten, sondern in ihren kleinsten Werth über, welchen, wie gesagt, Albategnius in der Zwischenzeit zu 23° 35′ der Spanier Arzachel, 190 Jahre nach ihm, zu 23° 34′, und wiederum nach 230 Jahren der Jude Prophatius um nahe 2 Minuten kleiner findet. Was endlich unsre Zeit betrifft: so haben wir durch häufige Beobachtung seit 30 Jahren ungefähr 23° $28^2/_5$′ [101]) gefunden, wovon Georg Purbach[102]) und Johann v. Königsberg[103]), welche uns kurz vorangingen, wenig abweichen. Hieraus erhellt wiederum auf das Deutlichste, dass die Aenderung der Schiefe von Ptolemäus an, in 900 Jahren grösser geworden ist, als in irgend einem andern Zeitraume. Da wir nun schon die Umlaufszeit der Anomalie der Präcession zu 1717 Jahren besitzen: so werden wir auch an derselben Zeit die halbe Periode der Schiefe haben, und also in 3434 Jahren ihre ganze Umlaufszeit. Wenn wir nun mit derselben Anzahl von 3434 Jahren in 360 Grade theilen, also mit 1717 in 180: so ergiebt sich eine jährliche Bewegung der einfachen Anomalie von 6′ 17″ 24‴ 9⁗. Dies wiederum auf 365 Tage vertheilt, giebt eine tägliche Bewegung von 1″ 2‴ 2⁗. Wenn ebenso die mittlere Bewegung der Präcession, welche 23° 57′ beträgt, auf 1717 Jahre vertheilt wird, so ergiebt sich eine jährliche Bewegung von 50″ 12‴ 5⁗ [104]) und dies auf 365 Tage vertheilt, giebt eine tägliche Bewegung von 8‴ 15⁗ [105]). Damit aber die Bewegungen deutlicher vorliegen und gleich zur Hand sind, so oft es wünschenswerth ist, wollen wir Tafeln oder Verzeichnisse davon entwerfen, indem wir immer eine gleiche jährliche Bewegung addiren, während wir immer 60 Theile einer Ordnung als eine Einheit der vorangehenden Ordnung zufügen, bis zu den Graden, wenn es dahin wachsen sollte; und dies, der Bequemlichkeit wegen, bis zu 60 Jahren fortsetzen, weil sich nach 60 Jahren wieder dieselben Zahlen ergeben, nur dass man dann die Bezeichnungen der Grade, Minuten, Secunden u. s. w. ändern muss; so dass, was früher Secunden waren, nun Minuten werden u. s. w., und vermöge dieser Abkürzung kann man durch diese compendiösen Tafeln wenigstens innerhalb 3600 Jahren, mittelst doppelten Eingehens für die vorgesetzten Jahre die gleichmässigen Bewegungen finden und ablesen. Ebenso verhält es sich auch mit den Anzahlen der Tage. Wir werden überall bei der Berechnung der Himmelsbewegungen ägyptische Jahre zu Grunde legen, weil diese allein unter den bürgerlichen Jahren gleich sind; und es nöthig ist, dass das Maass mit dem Gemessenen übereinstimmt, was bei den römischen, griechischen und persischen Jahren nicht so zutrifft, bei welchen man nicht nach einer und derselben Weise, sondern je nachdem es jedem Volke beliebt hat, einschaltet. Das ägyptische Jahr führt aber keine Zweideutigkeit herbei, wegen der bestimmten Anzahl von 365 Tagen, welche in zwölf gleiche Monate eingetheilt sind, die der Reihe nach so heissen: Thoth, Phaophi, Athyr, Chiach[106]), Tybi, Mechir, Phamenoth, Pharmuthi, Pachon, Payni, Epiphi, Mesori. Diese umfassen sechsmal sechzig Tage und die fünf übrigen Tage nennt man Schalttage[107]). Deshalb sind zum Berechnen der gleichmässigen Bewegungen die ägyptischen Jahre die geeignetsten, auf welche beliebige andere Jahre durch Auflösen in Tage leicht zurückgeführt werden.

GLEICHMÄSSIGE BEWEGUNG DER PRÄCESSION DER NACHTGLEICHEN VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG JAHREN ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung						Aegyptische Jahre	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia			Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia
1	0	0	0	50	12		31	0	0	25	56	14
2	0	0	1	40	24		32	0	0	26	46	26
3	0	0	2	30	36		33	0	0	27	36	38
4	0	0	3	20	48		34	0	0	28	26	50
5	0	0	4	11	0		35	0	0	29	17	2
6	0	0	5	1	12		36	0	0	30	7	15
7	0	0	5	51	24	Ort Christi 5° 32′ Buch III. Cap. 11. Anm. [144])	37	0	0	30	57	27
8	0	0	6	41	36		38	0	0	31	47	39
9	0	0	7	31	48		39	0	0	32	37	51
10	0	0	8	22	0		40	0	0	33	28	3
11	0	0	9	12	12		41	0	0	34	18	15
12	0	0	10	2	25		42	0	0	35	8	27
13	0	0	10	52	37		43	0	0	35	58	39
14	0	0	11	42	49		44	0	0	36	48	51
15	0	0	12	33	1		45	0	0	37	39	3
16	0	0	13	23	13		46	0	0	38	29	15
17	0	0	14	13	25		47	0	0	39	19	27
18	0	0	15	3	37		48	0	0	40	9	40
19	0	0	15	53	49		49	0	0	40	59	52
20	0	0	16	44	1		50	0	0	41	50	4
21	0	0	17	34	13		51	0	0	42	40	16
22	0	0	18	24	25		52	0	0	43	30	28
23	0	0	19	14	37		53	0	0	44	20	40
24	0	0	20	4	50		54	0	0	45	10	52
25	0	0	20	55	2		55	0	0	46	1	4
26	0	0	21	45	14		56	0	0	46	51	16
27	0	0	22	35	26		57	0	0	47	41	28
28	0	0	23	25	38		58	0	0	48	31	40
29	0	0	24	15	50		59	0	0	49	21	52
30	0	0	25	6	2		60	0	0	50	12	5

GLEICHMÄSSIGE BEWEGUNG DER PRÄCESSION DER NACHTGLEICHEN VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG TAGEN ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia
1	0	0	0	0	8	31	0	0	0	4	15
2	0	0	0	0	16	32	0	0	0	4	24
3	0	0	0	0	24	33	0	0	0	4	32
4	0	0	0	0	33	34	0	0	0	4	40
5	0	0	0	0	41	35	0	0	0	4	48
6	0	0	0	0	49	36	0	0	0	4	57
7	0	0	0	0	57	37	0	0	0	5	5
8	0	0	0	1	6	38	0	0	0	5	13
9	0	0	0	1	14	39	0	0	0	5	21
10	0	0	0	1	22	40	0	0	0	5	30
11	0	0	0	1	30	41	0	0	0	5	38
12	0	0	0	1	39	42	0	0	0	5	46
13	0	0	0	1	47	43	0	0	0	5	54
14	0	0	0	1	55	44	0	0	0	6	3
15	0	0	0	2	3	45	0	0	0	6	11
16	0	0	0	2	12	46	0	0	0	6	19
17	0	0	0	2	20	47	0	0	0	6	27
18	0	0	0	2	28	48	0	0	0	6	36
19	0	0	0	2	36	49	0	0	0	6	44
20	0	0	0	2	45	50	0	0	0	6	52
21	0	0	0	2	53	51	0	0	0	7	0
22	0	0	0	3	1	52	0	0	0	7	9
23	0	0	0	3	9	53	0	0	0	7	17
24	0	0	0	3	18	54	0	0	0	7	25
25	0	0	0	3	26	55	0	0	0	7	33
26	0	0	0	3	34	56	0	0	0	7	42
27	0	0	0	3	42	57	0	0	0	7	50
28	0	0	0	3	51	58	0	0	0	7	58
29	0	0	0	3	59	59	0	0	0	8	6
30	0	0	0	4	7	60	0	0	0	8	15

BEWEGUNG DER ANOMALIE DER NACHTGLEICHEN VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG JAHREN ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia		Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia
1	0	0	6	17	24		31	0	3	14	59	28
2	0	0	12	34	48		32	0	3	21	16	52
3	0	0	18	52	12		33	0	3	27	34	16
4	0	0	25	9	36		34	0	3	33	51	41
5	0	0	31	27	0		35	0	3	40	9	5
6	0	0	37	44	24		36	0	3	46	26	29
7	0	0	44	1	49	Ort Christi 6° 45′ Buch III. Cap. 11. Anm. [144])	37	0	3	52	43	53
8	0	0	50	19	13		38	0	3	59	1	17
9	0	0	56	36	36		39	0	4	5	18	42
10	0	1	2	54	1		40	0	4	11	36	6
11	0	1	9	11	25		41	0	4	17	53	30
12	0	1	15	28	49		42	0	4	24	10	54
13	0	1	21	46	13		43	0	4	30	28	18
14	0	1	28	3	38		44	0	4	36	45	42
15	0	1	34	21	2		45	0	4	43	3	6
16	0	1	40	38	26		46	0	4	49	20	31
17	0	1	46	55	50		47	0	4	55	37	55
18	0	1	53	13	14		48	0	5	1	55	19
19	0	1	59	30	38		49	0	5	8	12	43
20	0	2	5	48	3		50	0	5	14	30	7
21	0	2	12	5	27		51	0	5	20	47	31
22	0	2	18	22	51		52	0	5	27	4	55
23	0	2	24	40	15		53	0	5	33	22	20
24	0	2	30	57	39		54	0	5	39	39	44
25	0	2	37	15	3		55	0	5	45	57	8
26	0	2	43	32	27		56	0	5	52	14	32
27	0	2	49	49	52		57	0	5	58	31	56
28	0	2	56	7	16		58	0	6	4	49	20
29	0	3	2	24	40		59	0	6	11	6	45
30	0	3	8	42	4		60	0	6	17	24	9

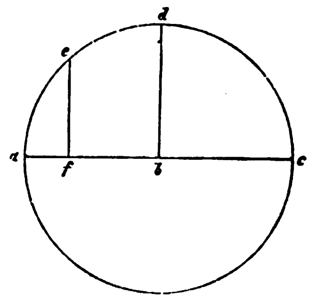
BEWEGUNG DER ANOMALIE DER NACHTGLEICHEN VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG TAGEN ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertia	Tage	Bewegung Sechzig	Grad.	Min.	Secund.	Tertia.
1	0	0	0	1	2	31	0	0	0	32	3
2	0	0	0	2	4	32	0	0	0	33	5
3	0	0	0	3	6	33	0	0	0	34	7
4	0	0	0	4	8	34	0	0	0	35	9
5	0	0	0	5	10	35	0	0	0	36	11
6	0	0	0	6	12	36	0	0	0	37	13
7	0	0	0	7	14	37	0	0	0	38	15
8	0	0	0	8	16	38	0	0	0	39	17
9	0	0	0	9	18	39	0	0	0	40	19
10	0	0	0	10	20	40	0	0	0	41	21
11	0	0	0	11	22	41	0	0	0	42	23
12	0	0	0	12	24	42	0	0	0	43	25
13	0	0	0	13	26	43	0	0	0	44	27
14	0	0	0	14	28	44	0	0	0	45	29
15	0	0	0	15	30	45	0	0	0	46	31
16	0	0	0	16	32	46	0	0	0	47	33
17	0	0	0	17	34	47	0	0	0	48	35
18	0	0	0	18	36	48	0	0	0	49	37
19	0	0	0	19	38	49	0	0	0	50	39
20	0	0	0	20	40	50	0	0	0	51	41
21	0	0	0	21	42	51	0	0	0	52	43
22	0	0	0	22	44	52	0	0	0	53	45
23	0	0	0	23	46	53	0	0	0	54	47
24	0	0	0	24	48	54	0	0	0	55	49
25	0	0	0	25	50	55	0	0	0	56	51
26	0	0	0	26	52	56	0	0	0	57	53
27	0	0	0	27	54	57	0	0	0	58	55
28	0	0	0	28	56	58	0	0	0	59	57
29	0	0	0	29	58	59	0	0	1	0	59
30	0	0	0	31	1	60	0	0	1	2	2

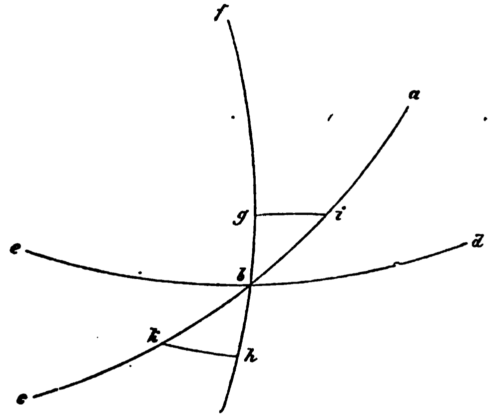
Capitel 7.

Welcher der grösste Unterschied zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Präcession der Nachtgleichen sei.

Nachdem so die mittleren Bewegungen auseinandergesetzt sind, ist nunmehr zu untersuchen, wie gross der grösste Unterschied zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung der Nachtgleichen, oder der Durchmesser des kleinen Kreises ist, in welchem die Bewegung der Anomalie verläuft. Denn wenn dies ermittelt ist, so wird es leicht sein, beliebige andere Unterschiede dieser Bewegungen zu bestimmen. Da nun, wie oben vorgetragen ist, zwischen der ersten Beobachtung des Timochares und der des Ptolemäus im zweiten Jahre des Antoninus 432 Jahre liegen, und in dieser Zeit die mittlere Bewegung 6°[108]) beträgt; die erscheinende aber 4° 20′[109]), der Unterschied beider 1° 40′ war, während die Bewegung der doppelten Anomalie 90° 35′[110]) ausmacht: so ist auch klar, dass in der Mitte dieser Zeit, wenigstens nahezu, die erscheinende Bewegung die Grenze der grössten Langsamkeit erreicht hatte, in welchem Punkte die erscheinende mit der mittleren Bewegung zusammentreffen, und die wahre und mittlere Nachtgleiche in demselben Durchschnittspunkte der Kreise liegen muss. Deshalb liegen auf beiden Seiten die Unterschiede der ungleichmässigen und gleichmässigen Bewegung, welche, wenn man Bewegung und Zeit halbirt, $^5/_6{}^0$ betragen, und diese kommen auf die zu beiden Seiten liegenden, 45° 17½′ umfassenden Bogen des Kreises der Anomalie.[111]) Da es sich aber hier um sehr kleine Bogen handelt, indem diejenigen der Ekliptik nicht anderthalb Grade erreichen, bei diesen die Sehnen den Bogen nahe gleich sind, und kaum in den Tertien einige Verschiedenheit gefunden wird, so begehen wir, die wir uns bei den Minuten beruhigen, keinen Fehler, wenn wir für die Bogen grade Linien gebrauchen. Nun sei *abc* jener Theil der Ekliptik, in welchem die mittlere Nachtgleiche in *b* liegt; um diese, als Pol genommen, werde der Halbkreis *adc* beschrieben, welcher die Ekliptik in den Punkten *a* und *c* schneidet; vom Pole der Ekliptik her werde *db* gezogen, welche Linie auch den beschriebenen Halbkreis in *d* halbirt, wo die äusserste Grenze der Langsamkeit und der Anfang der Beschleunigung liegen mag. In dem Quadranten *ad* werde *de* gleich 45° 17½′ angenommen, und durch den Punkt *e* vom Pole der Ekliptik her *ef* gezogen, und es sei *fb* = 50′. Es wird verlangt, hieraus den ganzen Unterschied *baf* zu finden. Nun ist aber klar, dass das Doppelte von *bf* die Sehne des doppelten Bogens von *de* ist. Da *bf* = 7107 sich zu *afb* = 10000 verhält wie *bf* = 50′ zu *afb* = 70′: so ergiebt sich *ab* = 1° 10′, und so gross ist der grösste Unterschied zwischen der



mittleren und der erscheinenden Bewegung der Nachtgleichen, welche wir suchten, und daraus folgt, dass die grösste Ablenkung der Pole = 28′ ist.[112])



Nachdem dies so bestimmt ist, sei *abc* ein Bogen der Ekliptik, *dbe* der mittlere Aequator, und *b* der mittlere Schnittpunkt der erscheinenden Nachtgleichen, sei es des Widders oder der Wage, und durch die Pole des Bogens *dbe* liege *bf*. Auf *abc* aber werden zu beiden Seiten gleiche Bogen *bi* und *bk* zu 1° 10′[112a]) genommen, so dass der ganze Bogen *ibk* 2° 20′ beträgt. Ferner mögen zwei Bogen der erscheinenden Aequatoren *ig* und *hk* unter rechten Winkeln gegen *fb* und dessen Verlängerung beschrieben werden. Ich sage aber unter rechten Winkeln, während doch die Pole der Bogen *ig* und *hk* öfters ausserhalb des Kreises *bf* liegen, indem die seitliche Bewegung der Declination dazu kommt, wie dies bei der Hypothese[113]) gezeigt ist; aber wegen des sehr mässigen Abstandes, welcher, wenn er am grössten wird, nicht den 350sten[114]) Theil eines Rechten überschreitet, so nehmen wir jene für die Anschauung als rechte Winkel, denn es wird dadurch kein Fehler zum Vorschein kommen. Da also in dem Dreiecke *ibg* der Winkel *ibg* zu 66° 20′ gegeben ist, weil die Ergänzung zum Rechten, *dba* 23° 40′ der Winkel der mittleren Schiefe der Ekliptik ist, und Winkel *bgi* ein Rechter, Winkel *big* fast gleich *ibd* und Seite *ib* 70′[114a]) ist: so ist also auch der Bogen *bg*, um welchen die Pole des mittleren und des erscheinenden Aequators von einander abstehen zu 28′[115]) gegeben. Ebenso sind in dem Dreiecke *bhk* die beiden Winkel *bhk* und *hbk*, den beiden *igb* und *ibg* gleich, die Seite *bk* gleich der Seite *bi*; folglich wird auch *bh* gleich *bg* gleich 28′[116]) sein. Denn es wird sich *gb* zu *bh* verhalten, wie *ib* zu *bk*, und die Bewegungen sowohl der Pole als auch der Schnittpunkte werden ähnlich sein.

Capitel 8.

Ueber die einzelnen Unterschiede dieser Bewegungen nebst Erklärung ihres Verzeichnisses.

Wenn also *ab* = 70′ (in der ersten Figur des vorhergehenden Capitels) gegeben ist, welcher Bogen in seiner Länge von seiner Sehne nicht unterschieden zu sein scheint: so ist es nicht schwer, beliebige andere einzelne Unterschiede für die mittleren und erscheinenden Bewegungen zu ermitteln, welche die Griechen Prosthaphäresen (Vorwegnahmen), die Neueren: Gleichungen nennen, durch deren Wegnahme oder Hinzufügung die

Erscheinungen berechnet werden. Wir werden uns des griechischen Wortes als des geeigneteren bedienen. Wenn nun *ed* 3^0 betrüge: so erhielten wir aus dem Verhältnisse von *ab* zu der Sehne *bf*, die Prostaphärese $bf = 4'$ [117]. Wenn der Bogen *ed* 6^0 ist, $7'$ [118]), wenn 9^0, $11'$ [119]) und so weiter. Bei der Aenderung der Schiefe glauben wir in ähnlicher Weise verfahren zu müssen, wo der Unterschied zwischen der grössten und kleinsten Schiefe, wie gesagt [120]), gleich 24′ gefunden ist, welche unter dem Halbkreise der einfachen Anomalie in 1717 Jahren zurückgelegt werden. Der mittlere Werth unter dem Quadranten des Kreises beträgt 12′, und der Pol des kleinen Kreises dieser Anomalie gehört der mittleren Schiefe von 23° 40′ an. Und in dieser Weise werden wir, wie gesagt, die übrigen Theile des Unterschiedes, den vorhin angegebenen ungefähr proportional ableiten, wie dies in dem nachfolgenden Verzeichnisse enthalten ist. Obgleich nun die erscheinenden Bewegungen in verschiedenen Weisen nach diesen Ableitungen zusammengesetzt werden können: so gefiel uns doch diejenige Art am meisten, nach welcher jede einzelne Prosthaphärese für sich erhalten wird, wodurch die Berechnung dieser Bewegungen für das Verständniss leichter wird, und mit den dargelegten Entwickelungen mehr übereinstimmt. Wir haben daher eine Tafel von 60 Zeilen angefertigt, welche nach je 3 Graden des Kreises fortschreitet. So wird sie nämlich weder eine ausgedehnte Weitläufigkeit noch eine zu gedrängte Kürze zu haben scheinen; wie wir denn so in den spätern ähnlichen Tafeln auch verfahren wollen. Die gegenwärtige hat nur vier Rubriken, von denen die beiden ersten die Grade jedes der beiden Halbkreise enthalten, die wir die gemeinschaftlichen Zahlen nennen, weil durch die einfache Zahl die Schiefe der Ekliptik erhalten wird, und die verdoppelte zur Prosthaphärese der Nachtgleichen dient, deren Anfang vom Beginne des Wachsthumes genommen ist. In der dritten Rubrik sind die Prosthaphäresen der Nachtgleichen aufgestellt, welche den einzelnen Dreigradigkeiten entsprechen, und zu der mittleren Bewegung, die wir von dem ersten Sterne des Widderkopfes gegen den Frühlingsnachtgleichenpunkt hin anfangen, entweder zu addiren oder davon abzuziehen sind. Die abzuziehenden Prosthaphäresen entsprechen dem kleinen Halbkreise der Anomalie, [121]) oder der ersten Rubrik, die zuzufügenden der zweiten Rubrik, und dem folgenden Halbkreise. In der letzten Rubrik endlich stehen die Minuten, welche die Proportional-Minuten der Schiefe genannt sind, und höchstens auf 60 steigen, indem wir anstatt der grössten und kleinsten Abweichung der Schiefe von 24′, 60′ setzen, woraus wir nach Verhältniss der übrigen Abweichungen die Theile des ähnlichen Verhältnisses berechnen, und deshalb zu Anfang und zu Ende der Anomalie 60 setzen. Wo aber die Abweichung auf 22′ steigt, wie bei der Anomalie von 33°, setzen wir an ihre Stelle 55 [122]), ebenso für 20′, 50 wie bei der Anomalie von 48° [123]), und nach dieser Weise weiter, wie dies im nachfolgenden Schema ersichtlich ist.

TAFEL DER PRASTHAPHÄRESEN DES AEQUATORS UND DER SCHIEFE DER EKLIPTIK.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphäresen des Aequators		Proportional-Minuten der Schiefe
Grad	Grad	Grad	Min.	
3	357	0	4	60
6	354	0	7	60
9	351	0	11	60
12	348	0	14	59
15	345	0	18	59
18	342	0	21	59
21	339	0	25	58
24	336	0	28	57
27	333	0	32	56
30	330	0	35	56
33	327	0	38	55
36	324	0	41	54
39	321	0	44	53
42	318	0	47	52
45	315	0	49	51
48	312	0	52	50
51	309	0	54	49
54	306	0	56	48
57	303	0	59	46
60	300	1	1	45
63	297	1	2	44
66	294	1	4	42
69	291	1	5	41
72	288	1	7	39
75	285	1	8	38
78	282	1	9	36
81	279	1	9	35
84	276	1	10	33
87	273	1	10	32
90	270	1	10	30

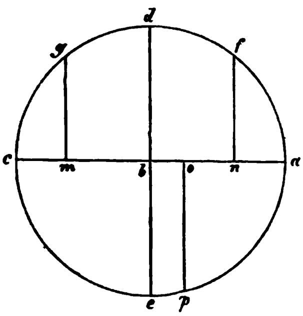
Wie sich 5 zu 2 verhält, so verhalten sich die Proportional-Minuten zu dem Wachsthume der Schiefe über 23° 28' hinaus [124])

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphäresen des Aequators		Proportional-Minuten der Schiefe
Grad	Grad	Grad	Min.	
93	267	1	10	28
96	264	1	10	27
99	261	1	9	25
102	258	1	9	24
105	255	1	8	22
108	252	1	7	21
111	249	1	5	19
114	246	1	4	18
117	243	1	2	16
120	240	1	1	15
123	237	0	59	14
126	234	0	56	12
129	231	0	54	11
132	228	0	52	10
135	225	0	49	9
138	222	0	47	8
141	219	0	44	7
144	216	0	41	6
147	213	0	38	5
150	210	0	35	4
153	207	0	32	3
156	204	0	28	3
159	201	0	25	2
162	198	0	21	1
165	195	0	18	1
168	192	0	14	1
171	189	0	11	0
174	186	0	7	0
177	183	0	4	0
180	180	0	0	0

Capitel 9.

Ueber die Prüfung und Verbesserung dessen, was über das Vorrücken der Nachtgleichen entwickelt ist.

Da wir aber von dem Anfange des Wachsthums der ungleichmässigen Bewegung nach einer blossen Vermuthung angenommen haben, derselbe liege in der Mitte der Zeit vom 36sten Jahre der ersten Callippischen Periode bis zum zweiten des Antoninus; und wir von dieser Mitte die Bewegung der Anomalie anfangen: so haben wir noch zu untersuchen, ob wir daran recht gethan haben, und ob dies mit den Beobachtungen übereinstimmt. Kommen wir auf jene drei beobachteten Sterne des Timochares Ptolemäus und Albategnius zurück: so ist sicher, dass der erste Zeitraum 432, und der zweite 742 ägyptische Jahre umfasst. Die gleichmässige Bewegung war im ersten Zeitraume 6° [125]), die wirkliche 4° 20′ [109]), die der doppelten Anomalie 90° 35′ [126]), das von der gleichmässigen Bewegung Abzuziehende betrug 1° 40′ [109]). Im zweiten Zeitraume betrug die gleichmässige Bewegung 10° 21′ [127]). die wirkliche 11° 30′ [128]), die der doppelten Anomalie 155° 34′, das zu der gleichmässigen Bewegung Hinzuzufügende 1° 9′ [129]). Es sei nun, wie früher. *abc* ein Bogen der Ekliptik, und von *b*, welches der mittlere Frühlingsnachtgleichenpunkt sein soll, als Pol genommen, werde mit dem Radius *ab* = 1° 10′ [130]) der kleine Kreis *adce* beschrieben. Die gleichmässige Bewegung aber des Punktes *b* werde nach der Seite *a*, d. h rückwärts genommen, und *a* sei die westliche Grenze, an welcher die veränderliche Nachtgleiche am weitesten vorausgeeilt, und *c* die östliche, an welcher die veränderliche Nachtgleiche am meisten zurückgeblieben ist.

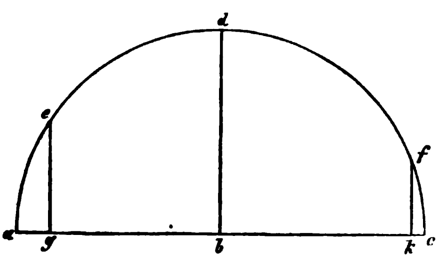


Von dem Pole der Ekliptik werde durch den Punkt *b* der grösste Kreis *dbe* gezogen, welcher mit der Ekliptik zusammen den kleinen Kreis *adce* in vier gleiche Theile theilt, weil sie sich wegen der Pole gegenseitig unter rechten Winkeln schneiden. Wenn nun die Bewegung in dem Halbkreise *adc* zurückbleibt, und in dem andern *cea* voreilt, so wird, wegen des Gegensatzes gegen das Vorrücken von *b*, in *d* die Mitte der grössten Langsamkeit der erscheinenden Nachtgleiche sein, in *e* aber die grösste Geschwindigkeit, weil die Bewegungen sich gegenseitig nach derselben Seite hin beschleunigen. Vor und hinter *d* mögen nun die Bogen *fd* und *dg*, je zu 45° 17½′ genommen werden. *f* sei der erste Punkt der Anomalie zur Zeit des Timochares, *g* der zweite zur Zeit des Ptolemäus, und *p* der dritte zur Zeit des Albategnius, und durch diese Punkte so wie durch die Pole der Ekliptik werden *fn*, *gm* und *op* gezogen, welche alle in dem kleinen Kreise graden Linien sehr ähnlich sind Der Bogen *fdg* wird also 90° 35′ betragen, wenn auf den Kreis *adce* 360° kommen, und dieser Bogen wird die mittlere Bewegung um *mn* = 1° 40′ verkleinern, während *abc* = 2° 20′ beträgt. Der Bogen *gep* beträgt aber 155° 34′, und beschleunigt um *mo* = 1° 9′, und der Rest *paf* = 113° 51′ beschleunigt um *on* = 31′, wenn *ab* = 70′. Da aber der ganze Bogen *dgcep* = 200° 51½′ ist, so ist auch *ep* = 20° 51½′ als Ueberschuss über den Halbkreis, folglich ist auch *bo*, als Sehne im Kreise, nach dem Verzeichnisse 356, wenn *ab* = 1000; ist also *ab* = 70′ so ist *bo* nahe = 24′ und *bm* = 50′. Also die ganze Linie *mbo* ist 74′ und der Rest *no* = 26′. Im Vorhergehenden war aber *mbo* = 1° 9′ und der Rest *no* = 31′; es fehlen hier 5′, welche dort zu viel sind. Es ist also der Kreis *adce* zurückzudrehen, bis die Ausgleichung auf beiden Seiten stattfindet. Dies wird aber geschehen sein, wenn wir den Bogen *dg* = 42½° nehmen, so dass auf den Rest *df* 48° 5′ kommen Hierdurch scheinen beide Fehler beseitigt und allem Uebrigen entsprochen. Es wird nämlich, wenn man *d*, als die äusserste Grenze der Langsamkeit, zum Anfangspunkte nimmt, die Bewegung der Anomalie in der ersten Periode den ganzen Bogen *dgcepaf* = 311° 55′ betragen, in der zweiten *dg* = 42° 30′, in der dritten *dgcep* 198° 4′. Und wenn *ab* zu 70 Minuten genommen wird: so ist in der ersten Periode *bn* die zu addirende Prosthaphärese nach den vorangegangenen Entwickelungen = 52′, in der zweiten *mb* = 47½′ zu subtrahiren, in der dritten wieder zu addiren *bo* fast 21′. Der ganze Bogen *mn* umfasst also im ersten Intervall 1° 40′, der ganze *mbo* im zweiten Intervall 1° 9′, was hinreichend genau mit den Beobachtungen übereinstimmt. Hieraus ergiebt sich zugleich die einfache Anomalie in der ersten Periode zu 155° 57′ 30″, in der zweiten Periode zu 21° 15′ und in der dritten Periode zu 99° 2′, was zu erklären war.[131])

Capitel 10.

Welcher der grösste Unterschied zwischen den Neigungswinkeln des Aequators und der Ekliptik sei.

Auf ähnliche Weise wollen wir das, was über die Veränderung der Schiefe der Ekliptik und des Aequators auseinandergesetzt ist, prüfen, und werden sehen, dass es sich richtig so verhalte. Wir haben nämlich im zweiten Jahre des Antoninus beim Ptolemäus die geprüfte einfache Anomalie zu 21¼° erhalten, und dabei war die grösste Schiefe 23° 51′ 20″. Von da an bis auf unsere Beobachtung sind es ungefähr 1387 Jahre, in welchen der Ort der einfachen Anomalie sich berechnet zu 145° 24′ [132]) und zu dieser Zeit findet sich die Schiefe zu 23° 28′ und fast ⅖′ [133]). Hierzu nehmen wir wieder den Bogen *abc* der Ekliptik, oder für denselben wegen seiner Kleinheit eine Gerade, und über derselben den Halbkreis der einfachen Anomalie



um den Pol *b*, wie früher. Nun sei *a* die Grenze der grössten Neigung, *c* die der kleinsten, deren Unterschied wir untersuchen wollen Der Bogen *ae* des kleinen Kreises, werde gleich 21° 15′ genommen, und der Rest des Quadranten *ed* wird 68° 45′ sein. Der ganze Bogen *edf* ist nach der Berechnung 145° 24′ [132]) und der Rest *df* = 76° 39′ [134]). Auf den Durchmesser *abc* werden *eg* und *fk* senkrecht gefällt. Die Bogen *gk* des grössten Kreises ist aus dem Unterschiede der Schiefen von Ptolemäus bis auf uns als 22′ 56″ bekannt. Nun ist die einer Graden ähnliche Linie *gb* die Hälfte der Sehne des Doppelten *ed*, oder gleich 932 Theilen, von denen *ac* als Durchmesser 2000 enthält, und von diesen Theilen enthält auch *kb*, als die Hälfte der Sehne des Doppelten *df* 973. Hieraus ergiebt sich die ganze *gk* = 1905 Theilen, von denen *ac* 2000 enthält. Da aber *gk* 22′ 56″ enthält: so enthält *ac* nahe 24′ [135]), als die Differenz zwischen der grössten und kleinsten Schiefe, welche wir gesucht haben. Hieraus geht hervor, dass die grösste Schiefe stattgefunden hat zwischen Timocharis und Ptolemäus zu vollen 23° 52′ [136]), und dass sie sich jetzt der kleinsten, zu 23° 28′ [137]), nähert. Und hiernach wird Alles, was die dazwischen liegenden Neigungen dieser Kreise betrifft, auf dieselbe Weise, welche wir bei der Präcession entwickelt haben, gefunden.

Capitel 11.

Ueber die Feststellung der Orte für die gleichmässigen Bewegungen der Nachtgleichen und der Anomalie.

Nachdem dies Alles so erledigt ist, bleibt noch übrig, dass wir die Orte der Bewegungen der Frühlingsnachtgleiche selbst feststellen, welche von Einigen Wurzeln genannt werden, von denen für eine jede beliebig gegebene Zeit die Rechnungen abgeleitet werden. Als äussersten Zeitpunkt stellte hierbei Ptolemäus den Anfang der Regierung Nabonassar's, Königs der Chaldäer, fest, welchen die Meisten, getäuscht durch die Aehnlichkeit des Namens, für Nabuchodonassar gehalten haben, den aber die Zeitrechnung des Ptolemäus viel früher setzt, und dessen Zeit bei den Geschichtsschreibern mit derjenigen Salmanassars, des Königs der Chaldäer, zusammenfällt Indem wir aber bekanntere Zeiten verfolgen, haben wir es für genügend befunden, wenn wir von der ersten Olympiade anfingen, über welche sich ergiebt, dass sie um 28 Jahre dem Nabonassar vorausgegangen ist, wobei die Sommersonnenwende den Anfang bildete, zu welcher Zeit den Griechen der Sirius (heliakisch) aufging und die olympischen Spiele gefeiert wurden, wie Censorinus und andere anerkannte Autoren angegeben haben. Nach genauerer Zeitrechnung, welche bei den Berechnungen der Himmelsbewegungen nothwendig ist, sind es von der ersten Olympiade, oder vom Mittage des ersten Tages des Monats Hekatombäon der Griechen, bis Nabonassar, oder bis zum Mittage des ersten Tages des Monats Thoth der Aegypter, 27 Jahre und 247 Tage[138]). Von da bis zu Alexanders Tode 424 ägyptische Jahre, vom Tode Alexanders aber bis zum Anfange der Jahre des Julius Cäsar 278 Jahre 118½ Tage um die Mitternacht des ersten Januars, wohin Julius Cäsar den Anfang des von ihm eingeführten Jahres setzte, wozu er dasjenige Jahr wählte, in welchem er als Pontifex Maximus zum dritten Male und M. Aemilius Lepidus Consul waren. Von diesem so von Julius Cäsar bestimmten Jahre sind die folgenden, Julianische genannt, und zwar rechnen die Römer vom vierten Consulate Cäsar's, bis auf Octavianus Augustus 18 Jahre, ebenfalls den 1sten Januar, obgleich am 17. Januar Augustus, der Sohn des Julius Cäsar Divus, nach dem Vorschlage des Munatius[139]) Plancus vom Senate und den übrigen Bürgern zum Kaiser ernannt worden war, als er selbst zum siebenten Male und M Vipsanius Consuln waren. Aber die Aegypter, welche zwei Jahre früher in die Gewalt der Römer kamen, nach dem Tode des Antoninus und der Cleopatra, haben 15 Jahre 246½ Tage am Mittage des ersten Thoth, welcher für die Römer der 30ste August war. Hiernach sind es von Augustus bis zu den Jahren Christi, welche ebenfalls mit dem Januar anfangen, nach römischer Zeitrechnung 27 Jahre, nach ägyptischer aber 29 ägyptische Jahre und 130 Tage. Von da bis zum zweiten Jahre des Antoninus, für welche Ptolemäus die von ihm beobachteten Sternörter angegeben hat, sind es 138 römische Jahre und 55 Tage, welche Jahre für die Aegypter noch 34 Tage[140]) mehr liefern. Von der ersten Olympiade bis hierher sind es zusammen 913 Jahre 101 Tage[141]). In dieser Zeit beträgt das gleichmässige Vorrücken der Nachtgleichen 12° 44′, die einfache Anomalie 95° 44′. Nun war aber im zweiten Jahre des Antoninus, wie überliefert ist, die Frühlingsnachtgleiche dem ersten Sterne, im Kopfe des Widders, 6° 40′ voraus; und da damals die doppelte Anomalie 42½° betrug[142]): so war die abzuziehende Differenz zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung 48′[143]). Wenn man diese wieder zu der erscheinenden Bewegung von 6° 40′ hinzusetzt: so erhält man den mittleren Ort der Frühlingsnachtgleiche = 7° 28′. Wenn wir hierzu die 360° eines Kreises addiren und von der Summe jene 12° 44′ abziehen: so erhalten wir für die erste Olympiade, welche bei den Atheniensern vom Mittage des ersten Hekatombäon anfing, den mittleren Ort der Frühlingsnachtgleiche = 354° 44′, so dass dieselbe also damals dem ersten Sterne des Widders um 5° 16′ folgte. Wenn man auf gleiche Weise von 21° 15′ der einfachen Anomalie jene 95° 45′ abzieht: so bleiben für denselben Anfang der Olympiaden 285° 30′ als Ort der einfachen Anomalie. Und wenn man wiederum die Bewegungen je nach den Zeiträumen hinzufügt, und immer 360°, so oft sie überschritten werden, abzieht: so erhält man die Orte oder Wurzeln Alexanders, für die gleichmässige Bewegung 1° 2′ und für die einfache Anomalie 332° 52′. Bei Cäsar für die mittlere Bewegung 4° 55′ und für die einfache Anomalie 2° 2′. Bei Christus für den mittleren Ort 5° 32′ und für die Anomalie 6° 45′. Und so erhalten wir bei den Uebrigen für den Anfang jeder beliebigen Zeit die Wurzeln der Bewegungen.[144])

Capitel 12.

Ueber die Berechnung der Präcession der Frühlingsnachtgleiche und der Schiefe.

Sobald man also den Ort der Frühlingsnachtgleiche erhalten will, verwandelt man, wenn die zwischen dem zum Grunde gelegten Anfange und der gegebenen Zeit liegenden Jahre ungleiche sind, wie die römischen, deren man sich gewöhnlich bedient, dieselben in gleiche oder ägyptische Jahre. Denn man wendet bei der Berechnung der gleichmässigen Bewegungen, aus dem angegebenen[145]) Grunde, keine anderen als ägyptische Jahre an. Diese Anzahl Jahre theilt man, wenn sie grösser als sechzig ist, in je sechzig, und geht mit der Anzahl dieser je sechzigen in die Tafel der Bewegungen ein; indem man die erste Rubrik der Bewegung, gleichsam als überflüssig, übergeht, und von der zweiten Rubrik, als derjenigen der Grade, anfängt und, wenn sich hier eine Zahl findet, dieselbe mit sechzig multiplicirt, und mit den andern Graden, Minuten u. s. w. zusammennimmt. Hierauf geht man mit dem Reste der Jahre zum zweiten Male in die Tafel ein, und nimmt von der ersten Rubrik an, die Grade, Minuten u. s. w. wie sie dastehen. Hierbei können Theile der Tage, ja sogar ganze Tage, wegen der Langsamkeit dieser Bewegungen, füglich vernachlässigt werden, da es sich bei der täglichen Bewegung nur um Secunden und Tertien handelt. Nachdem man dies Alles zu seiner Wurzel addirt, die betreffenden Zeichen an ihre Stellen gesetzt, und immer die sechs bei je sechszig Graden, wenn sie sich ergeben, beseitigt hat: erhält man für die gegebene Zeit den mittleren Ort der Frühlingsnachtgleiche, um welchen sie dem ersten Sterne des Widders vorausgeht, oder um welchen derselbe Stern, der Nachtgleiche folgt. In derselben Weise sucht man auch die Anomalie. Mit dieser einfachen Anomalie aber findet man in der Tafel der Prosthaphäresen[146]) in der letzten Rubrik die verzeichneten Proportional-Minuten, welche man sich besonders notirt. Hierauf sucht man mit der verdoppelten Anomalie, in der dritten Rubrik derselben Tafel, die Prosthaphärese in Graden und Minuten, um welche die wahre Bewegung von der mittleren unterschieden ist. Und diese Prosthaphärese zieht man ab, wenn die doppelte Anomalie kleiner als der Halbkreis ist; wenn Letztere aber grösser als der Halbkreis ist, also mehr als 180 Grade enthält: so addirt man diese Prosthaphärese zu der mittleren Bewegung, und die Summe oder Differenz ergiebt die wahre erscheinende Bewegung der Präcession der Frühlingsnachtgleiche, oder: um wie viel sich dann der erste Stern des Widders von der Frühlingsnachtgleiche entfernt hat, welcher Abstand bei der Ermittelung des Ortes irgend eines anderen Sternes, zu der im Sternverzeichnisse stehenden Länge desselben addirt wird. Weil aber das Schwerverständliche durch Beispiele anschaulicher zu werden pflegt: so sei verlangt, für April 16 im Jahre Christi 1525 den wahren Ort der Frühlingsnachtgleiche, die Schiefe der Ekliptik und den Abstand der

Aehre in der Jungfrau von derselben Nachtgleiche zu finden. Es ist nun klar, dass in den 1524 römischen Jahren und 106 Tagen von dem Beginne der Jahre Christi an bis zu dieser Zeit 381 Tage eingeschaltet sind; dies ergiebt in ägyptischen Jahren 1525 Jahre 122 Tage, und das sind 25 mal sechzig und 25 Jahre, nebst 2 mal sechzig und 2 Tage. Den 25 mal sechzig Jahren entspricht aber in der Tafel der mittleren Bewegung 20° 55′ 2″, den 25 Jahren 20′ 55″, den 2 mal sechzig Tagen 16″, für die übrigen beiden Tage liegt sie in den Tertien. Dies Alles zu der Wurzel, welche 5° 32′ [147]) betrug, addirt, giebt als mittlere Präcession der Frühlingsnachtgleiche 26° 48′ [148]). Ebenso beträgt die Bewegung der einfachen Anomalie für 25 mal sechzig Jahre, 2 mal sechzig Grad und 37° 15′ 3″; für 25 Jahre 2° 37′ 15″; für 2 mal sechzig Tage 2′ 4″ und für ebensoviel Tage 2″. Dies zu der Wurzel, welche 6° 45′ [147]) betrug, addirt, giebt als einfache Anomalie 2 mal sechzig Grad und 46° 40′ [149]). Nach der Letzteren notirt man sich, behufs der Untersuchung der Schiefe, aus der Tafel der Prosthaphäresen [146]) die in der letzten Rubrik enthaltenen Proportional-Minuten, und findet da eine einzige. Hierauf findet man mitteltst der verdoppelten Anomalie, welche 5 mal sechzig Grad und 33° 20′ [150]) beträgt, die Prosthaphärese 32′ [151]), welche zu addiren ist, weil die Anomalie grösser als der Halbkreis ist; wird diese nun zu der mittleren Bewegung addirt: so kommt als wahre und erscheinende Präcession der Frühlingsnachtgleiche heraus 27° 21′ [152]). Wenn man endlich hierzu 170° addirt, um welche die Aehre der Jungfrau vom ersten Sterne des Widders absteht: so erhält man ihren Abstand von der Frühlingsnachtgleiche [153]), und in Folge davon 17° 21′ von der Wage, wo sie ungefähr zur Zeit unserer Beobachtung [154]) stand.

Die Schiefe der Ekliptik aber und die Declinationen werden so berechnet, dass für den Fall, wo die Proportional-Minuten 60 betragen, die in dem Verzeichnisse der Declinationen [155]) beigesetzten Ueberschüsse, nämlich die Differenzen zwischen der grössten und kleinsten Schiefe, ihrem ganzen Werthe nach, zu den Declinationen addirt werden. Hier aber fügt die Einheit jener Proportional-Minuten nur 24″ [156]) der Schiefe hinzu. Deshalb bleiben die Declinationen der Theile der Ekliptik, wie sie in dem Verzeichnisse stehen, in dieser Zeit unverändert, wegen der uns schon nahen kleinsten Schiefe, während sie sich sonst merklicher ändern. Wie z. B. wenn die einfache Anomalie 90° beträgt, wie dies 880 ägyptische Jahre nach Christus der Fall war, dieser Anomalie entsprechend 25 Proportional-Minuten sich ergeben. Es verhält sich aber 60′ : 24′, der Differenz zwischen der grössten und kleinsten Schiefe, wie 25′ : 10′, welche letzteren zu 28′ addirt, die wirkliche Schiefe für jene Zeit zu 23° 38′ ergeben. Wenn man dann auch die Declination für irgend einen Punkt der Ekliptik, z B. für 3° ♉, welcher um 33° von der Nachtgleiche absteht, wissen will: so findet man in dem Verzeichnisse [155]) 12° 32′, mit einer Differenz von 12′. Es verhält sich aber 60 : 25 = 12′ : 5′, welche letzteren, zu der Declination addirt, 12° 37′ für 33° der Ekliptik ergeben. In derselben Weise, wie bei den Schnitt-winkeln der Ekliptik und des Aequators, kann man auch bei den Rectascensionen verfahren, nur dass man bei diesen das abziehen muss, was bei jenen immer zu addiren ist, wenn man nicht die Berechnung der sphärischen Dreiecke vorzieht, um für die gegebenen Zeiten Alles genauer zu erhalten.

Capitel 13.

Ueber die Grösse und Verschiedenheit des Sonnenjahres.

Dass aber die Präcession der Nachtgleichen und der Sonnenwenden, von welcher wir gesagt haben, dass sie von der Neigung der Erdaxe herrührt, so verläuft, wird auch die jährliche Bewegung des Mittelpunktes der Erde bestätigen, welche um die Sonne vor sich geht, und von welcher wir nunmehr zu handeln haben. Es muss nämlich aus derselben ohne Zweifel hervorgehen, dass die Grösse des Jahres, wenn sie von einer Nachtgleiche oder Sonnenwende bis zur nächsten gerechnet wird, wegen der ungleichen Aenderung dieser Punkte, ungleich ausfällt, da beide von einander abhängen. Man muss daher das bürgerliche (temporalis) Jahr von dem Sternjahre (sidereus) trennen und unterscheiden. Wir nennen nämlich das Jahr das natürliche oder bürgerliche, welches uns die vier Jahreszeiten bestimmt; das Sternjahr aber dasjenige, welches auf irgend einen Fixstern zurückführt. Dass nun das natürliche Jahr, welches man auch das tropische (vertens) nennt, ungleich ist, beweisen die Beobachtungen der Alten vielfach. Denn Callippus, Aristarch von Samos und Archimedes von Syracus bestimmen, dass dasselbe ausser 365 ganzen Tagen noch einen Vierteltag enthalte; indem sie, nach der Sitte der Athenienser, den Anfang des Jahres von der Sonnenwende rechnen. Cl. Ptolemäus aber, welcher bemerkte, dass die Feststellung der Sonnenwenden schwierig und zweifelhaft sei, traute den Beobachtungen jener nicht ganz, und stützte sich lieber auf den Hipparch, welcher nicht sowohl die Sonnenwenden, als vielmehr die Nachtgleichen in Rhodos aufgezeichnet und bemerkt hatte, dass an dem vierten Theile des Tages etwas fehle. Dieses Fehlende bestimmte Ptolemäus später auf $^1/_{300}$ Tag durch folgende Methode. Er legte die von Jenem zu Alexandria im Jahre 177 [157]) nach dem Tode Alexanders des Grossen, nach ägyptischer Zeitrechnung am dritten Schalttage um Mitternacht, auf welche der vierte Schalttag folgte, sehr genau beobachtete Herbstnachtgleiche zu Grunde. Hiermit verband Ptolemäus eine von ihm selbst zu Alexandria im 3ten Jahre des Antoninus, welches das 463ste nach Alexander's Tode war, am 9ten Tage des 3ten ägyptischen Monats Athyr, ungefähr eine Stunde nach Sonnenaufgang, angestellte Beobachtung derselben Nachtgleiche. Zwischen dieser Beobachtung und derjenigen des Hipparch lagen 285 ägyptische Jahre 70 Tage $7^1/_5$ Stunden, während es 71 Tage 6 Stunden hätten sein müssen, wenn das tropische Jahr ausser den ganzen Tagen noch $^1/_4$ Tag enthielte. Es war also in 285 Jahren ein Tag weniger $^1/_{20}$ Tag verloren gegangen. [158])

Daraus folgt, dass in 300 Jahren ein ganzer Tag verloren geht. Ebenso führte er auch die Ableitung von der Frühlingsnachtgleiche aus. Er gedenkt nämlich einer Notiz des Hipparch vom Jahre 178 Alexander's den 27sten Mechir, des sechsten ägyptischen Monats, beim Aufgange der Sonne. Er selbst findet dieselbe im Jahre 463 am 7ten Pachon, des neunten ägyptischen Monats, 1 Uhr Mittags und etwas darüber; also dass in 285 Jahren ebenfalls 1 Tag weniger $^1/_{20}$ Tag fehle.[159]) Auf Grund dieser Thatsachen bestimmte Ptolemäus das tropische Jahr zu 365^d 14 sechzigstel und 48 dreitausendsechshundertstel[160]). Hierauf hat Albategnius[161]) in Rakka[162]) in Syrien mit nicht geringerer Sorgfalt im Jahre 1206 nach dem Tode Alexanders die Herbstnachtgleiche beobachtet und gefunden, dass dieselbe in der auf den 7ten Pachon folgenden Nacht $7^2/_5$ Uhr, d. i. $4^3/_5$ Stunden vor Anbruch des 8ten Tages stattgefunden hat. Um diese seine Beobachtung mit derjenigen des Ptolemäus im 3ten Jahre des Antoninus, eine Stunde nach Sonnenaufgang zu Alexandria, welche Stadt 10^0 westlich von Rakka liegt[163]), angestellten zu vergleichen: reducirte er die letztere auf seinen Meridian von Rakka, für welchen dieselbe $1^2/_3$ Stunden nach Sonnenaufgang stattgefunden haben musste. Folglich waren in einem Zeitraume von 743 ägyptischen Jahren 178 Tage und $17^3/_5$ Stunden überschüssig[164]); während die Vierteltage sich zu $185^3/_4$ Tagen ansammeln. Da also 7 Tage und $^2/_5$ Stunden fehlen: so scheint an dem $^1/_4$ noch $^1/_{106}$ zu fehlen[165]). Er dividirte also die 7 Tage und $^2/_5$ Stunden mit der Anzahl der Jahre 743, erhielt 13^m und 36^s und zog diese von $^1/_4$ Tag ab. Danach gab er an, dass das natürliche Jahr $365^d\ 5^h\ 46^m\ 24^s$ enthalte[161]). Auch wir haben die Herbstnachtgleiche in Frauenburg beobachtet, und zwar im Jahre 1515 nach Christi Geburt am 14. September, das war nach Alexander's Tode im 1840sten ägyptischen Jahre am 6ten Phaophi, eine halbe Stunde nach Sonnenaufgang[166]). Weil aber Rakka ungefähr 25^0[167]) östlich von unserer Gegend liegt, was 2^h weniger $^1/_3{}^h$ ausmacht: so lagen zwischen unserer und des Albategnius Nachtgleiche 633 ägyptische Jahre und $153^d\ 6^3/_4{}^h$ anstatt $158^d\ 6^h$[168]). Von jener alexandrinischen Beobachtung des Ptolemäus aber bis auf den Ort und die Zeit unserer Beobachtung sind es 1376 ägyptische Jahre 332^d und $^1/_2{}^h$, denn wir stehen von Alexandria ungefähr eine Stunde[169]) ab. Es fielen also seit Albategnius bis auf uns, in 633 Jahren, 5 Tage weniger $1^1/_4$ Stunde weg, also in 128 Jahren ein Tag; von Ptolemäus aber, in 1376 Jahren, ungefähr 12 Tage, also in 115 Jahren ein Tag; das Jahr hat sich also in beiden Zeiträumen ungleich ergeben. Wir haben auch die Frühlingsnachtgleiche beobachtet, welche im folgenden Jahre 1516 nach Christi Geburt $4^1/_3$ Stunden nach Mitternacht auf den 11ten März eintrat, und es beträgt der Zeitunterschied von jener Frühlingsnachtgleiche des Ptolemäus, wenn man dieselbe vom Meridiane Alexandria's auf den unsrigen reducirt, 1376 ägyptische Jahre $332^d\ 16^1/_3{}^h$, wobei sich zugleich ergiebt, dass auch die Abstände der Frühlings- und Herbst-Nachtgleichen ungleich sind. Es ist aber gar viel daran gelegen, dass das auf diese Weise erhaltene Sonnenjahr sich gleich bleibe. Dass bei den Herbstnachtgleichen zwischen Ptolemäus und uns, wie nachgewiesen, nach einer gleichmässigen Eintheilung in Jahre $^1/_{115}$ an $^1/_4$ Tage fehlt, stimmt mit der von Albategnius in Rakka beobachteten Nachtgleiche um $^1/_2$ Tag nicht. Auch stimmt der Unterschied von Albategnius und uns, nach welchem $^1/_{128}$ an $^1/_4$ Tag fehlen muss, nicht mit dem Ptolemäus, sondern die Berechnung ergiebt gegen die Beobachtung der Nachtgleiche Jenes mehr als einen ganzen Tag zu viel, gegen diejenige des Hipparch sogar mehr als zwei Tage zu viel. Wenn man ebenso den Abstand von Ptolemäus bis Albategnius zum Grunde legt: so überschreitet die berechnete die von Hipparch beobachtete Nachtgleiche um zwei Tage. Deshalb entnimmt man richtiger die Gleichheit des Sonnenjahres den Fixsternen, was Thebites, der Sohn Chora's,[170]) zuerst entdeckt und dessen Grösse zu $365^d + {}^{15}/_{60} + {}^{23}/_{3600}$ oder $6^h\ 9^m\ 12^s$ festgestellt hat; indem er wahrscheinlich zunächst davon ausging, dass bei einem langsameren Zurückgehen der Nachtgleichen und Sonnenwenden das Jahr länger erscheint, als bei einem geschwinderen, und zwar dies in einem bestimmten Verhältnisse; was nur dann stattfinden konnte, wenn die Gleichheit in Beziehung auf die Fixsternsphäre bestand. Man hat daher in dieser Beziehung den Ptolemäus nicht zu beachten, welcher widersinnig und ungehörig glaubte, die jährliche Gleichheit der Sonne werde durch ihre Rückkehr zu irgend einem der Fixsterne gemessen, und stimme nicht besser, als wenn man dieselbe auf den Jupiter oder Saturn bezöge. Hieraus ergiebt sich nun auch die Ursache, warum vor Ptolemäus das bürgerliche Jahr länger war, weil es nach ihm durch die vergrösserte Präcession kürzer geworden ist. Es kann zwar auch beim Sternzeichen- (asteroterida) oder siderischen Jahre ein Fehler eintreten, jedoch nur ein geringer und viel kleinerer als derjenige, den wir bereits nachgewiesen haben. Und zwar dies deshalb, weil die erscheinende Bewegung des Mittelpunktes der Erde um die Sonne durch eine andere doppelte Verschiedenheit ungleich ist. Von diesen Verschiedenheiten hat die erste und einfache eine jährliche Periode, die andere, welche in dem Verändern der ersten besteht, wird nicht sogleich, sondern erst nach einem grossen Zeitraume wahrgenommen. Deshalb ist die Berechnung der jährlichen Gleichheit weder einfach noch leicht einzusehen. Denn wenn man dieselbe einfach nach dem bekannten bestimmten Abstande von einem beliebigen Fixsterne entnehmen wollte, — was mit Hülfe des Astrolabiums und des Mondes geschehen kann, wie wir das beim Basiliskus des Löwen (Buch II Cap. 14) entwickelt haben, — so würde man einen Fehler nicht ganz vermeiden, ausser wenn grade dann die Sonne, wegen der Bewegung der Erde, entweder keine Prosthaphärese, oder zufällig eine gleichnamige und gleiche für beide Zeitpunkte hätte. Wenn dies nicht zutrifft, und ein Unterschied in der Ungleichheit derselben stattfindet, so wird sich in gleichen Zeiten schlechterdings kein gleicher Umlauf ergeben. Wenn aber für beide Zeitpunkte die ganze abgeleitete Ungleichheit in der Rechnung berücksichtigt wird, so wird das Resultat genau werden. Die Bestimmung der Ungleichheit selbst verlangt eine vorläufige Kenntniss der mittleren Bewegung, welche wir deshalb aufsuchen wollen. Um aber endlich zu der Lösung dieses Knotens zu kommen, haben wir überhaupt vier Ursachen der erscheinenden Ungleichheit gefunden. Die erste ist die Ungleichheit des Vorrückens der Nachtgleichen, welche wir entwickelt haben. Die zweite ist diejenige, wonach die Sonne in gleichen Zeiten ungleiche Bogen der Ekliptik zu durchlaufen scheint, und diese hat fast eine jährliche Periode. Die dritte, welche auch diese verändert, und welche wir die zweite Ungleichheit nennen werden. Die vierte endlich, welche die Sonnennähe und Sonnenferne des Mittelpunktes der Erde ändert, wie weiter unten deutlich werden wird. Von allen diesen war nur die zweite dem Ptolemäus bekannt, welche allein nicht die jährliche Ungleichheit hervorbringen konnte, sondern dieselbe vielmehr in Verbinduug mit den übrigen verursacht. Um aber den Unterschied zwischen dem gleichen und dem erscheinenden Sonnenjahre zu zeigen, ist keine ganz genaue Berechnung des Jahres nothwendig, sondern es genügt, wenn wir als Grösse des Jahres $365\frac{1}{4}$ Tage in Rechnung bringen, in welcher Zeit die Bewegung der ersten Ungleichheit vollendet wird, da ja das, was beim ganzen Kreise so wenig beträgt, auf eine kleinere Grösse bezogen, völlig verschwindet. Aber behufs einer besseren und leichteren Anordnung des Vortrages wollen wir die gleichen Bewegungen des jährlichen Umlaufes des Mittelpunktes der Erde hier voranschicken, denen wir dann die Unterschiede der gleichen und der erscheinenden Bewegung in ihrer erforderlichen Darlegung hinzufügen.

Capitel 14.

Ueber die gleichmässigen, mittleren Bewegungen bei dem Kreislaufe des Mittelpunkts der Erde.

Wir haben gefunden, dass die Grösse des gleichmässigen Jahres nur um 1^{II} und 10^{III} grösser ist, als Thebit Ben Chora sie angegeben hat; so dass es $365^d\ 15^I\ 24^{II}\ 10^{III}$ oder $6^h\ 9^m\ 40^s$ [171]) enthält, und dass die zuverlässige Gleichmässigkeit desselben aus der Fixsternsphäre sich ergiebt. Wenn wir daher 360^0 eines Kreises mit 365^d multipliciren, und das Product durch $365^d\ 15^I\ 24^{II}\ 10^{III}$ dividiren: so erhalten wir die Bewegung in einem ägyptischen Jahre als $5 \times 60^0 + 59^0\ 44'\ 49''\ 7'''\ 4''''$ [172]). Und die Bewegung von 60 solchen Jahren mit Weglassung der ganzen Kreise als $5 \times 60^0 + 44^0\ 49'\ 7''\ 4'''$ [173]). Dividiren wir wiederum die jährliche Bewegung durch 365^d: so erhalten wir die tägliche Bewegung als $59'\ 8''\ 11'''\ 22''''$. Wenn wir hierzu die mittlere gleichmässige Präcession der Nachtgleichen addiren [174]): so erhalten wir die gleichmässige jährliche Bewegung in den bürgerlichen (temporariis) Jahren zu $5 \times 60^0 + 59^0\ 45'\ 39''\ 19'''\ 9''''$ [175]) und die tägliche zu 59′ 8″ 19‴ 37⁗ [176]. In dieser Beziehung können wir jene Bewegung der Sonne, um einen gewöhnlichen Ausdruck zu gebrauchen, die einfache gleichmässige, diese aber die zusammengesetzte gleichmässige nennen. Wir werden dieselben in der Weise in Tafeln bringen, wie wir es bei der Präcession der Nachtgleichen gethan haben. Diesen fügen wir die gleichmässige Bewegung der Anomalie der Sonne hinzu, über welche später.

TAFEL DER EINFACHEN GLEICHMÄSSIGEN BEWEGUNG DER SONNE VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG JAHREN ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	5	59	44	49	7		31	5	52	9	22	39
2	5	59	29	38	14		32	5	51	54	11	46
3	5	59	14	27	21		33	5	51	39	0	53
4	5	58	59	16	28		34	5	51	23	50	0
5	5	58	44	5	35		35	5	51	8	39	7
6	5	58	28	54	42		36	5	50	53	28	14
7	5	58	13	43	49	Ort Christi 272° 31′ Buch III. Cap. 19.	37	5	50	38	17	21
8	5	57	58	32	56		38	5	50	23	6	28
9	5	57	43	22	3		39	5	50	7	55	35
10	5	57	28	11	10		40	5	49	52	44	42
11	5	57	13	0	17		41	5	49	37	33	49
12	5	56	57	49	24		42	5	49	22	22	56
13	5	56	42	38	31		43	5	49	7	12	3
14	5	56	27	27	38		44	5	48	52	1	10
15	5	56	12	16	46		45	5	48	36	50	18
16	5	55	57	5	53		46	5	48	21	39	25
17	5	55	41	55	0		47	5	48	6	28	32
18	5	55	26	44	7		48	5	47	51	17	39
19	5	55	11	33	14		49	5	47	36	6	46
20	5	54	56	22	21		50	5	47	20	55	53
21	5	54	41	11	28		51	5	47	5	45	0
22	5	54	26	0	35		52	5	46	50	34	7
23	5	54	10	49	42		53	5	46	35	23	14
24	5	53	55	38	49		54	5	46	20	12	21
25	5	53	40	27	56		55	5	46	5	1	28
26	5	53	25	17	3		56	5	45	49	50	35
27	5	53	10	6	10		57	5	45	34	39	42
28	5	52	54	55	17		58	5	45	19	28	49
29	5	52	39	44	24		59	5	45	4	17	56
30	5	52	24	33	32		60	5	44	49	7	4

TAFEL DER EINFACHEN GLEICHMÄSSIGEN BEWEGUNG DER SONNE VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG TAGEN ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad.	Min.	Secund.	Tertien
1	0	0	59	8	11	31	0	30	33	13	52
2	0	1	58	16	22	32	0	31	32	22	3
3	0	2	57	24	34	33	0	32	31	30	15
4	0	3	56	32	45	34	0	33	30	38	26
5	0	4	55	40	56	35	0	34	29	46	37
6	0	5	54	49	8	36	0	35	28	54	49
7	0	6	53	57	19	37	0	36	28	3	0
8	0	7	53	5	30	38	0	37	27	11	11
9	0	8	52	13	42	39	0	38	26	19	23
10	0	9	51	21	53	40	0	39	25	27	34
11	0	10	50	30	5	41	0	40	24	35	45
12	0	11	49	38	16	42	0	41	23	43	57
13	0	12	48	46	27	43	0	42	22	52	8
14	0	13	47	54	39	44	0	43	22	0	20
15	0	14	47	2	50	45	0	44	21	8	31
16	0	15	46	11	1	46	0	45	20	16	42
17	0	16	45	19	13	47	0	46	19	24	54
18	0	17	44	27	24	48	0	47	18	33	5
19	0	18	43	35	35	49	0	48	17	41	16
20	0	19	42	43	47	50	0	49	16	49	28
21	0	20	41	51	58	51	0	50	15	57	39
22	0	21	41	0	9	52	0	51	15	5	50
23	0	22	40	8	21	53	0	52	14	14	2
24	0	23	39	16	32	54	0	53	13	22	13
25	0	24	38	24	44	55	0	54	12	30	25
26	0	25	37	32	55	56	0	55	11	38	36
27	0	26	36	41	6	57	0	56	10	46	47
28	0	27	35	49	18	58	0	57	9	54	59
29	0	28	34	57	29	59	0	58	9	3	10
30	0	29	34	5	41	60	0	59	8	11	22

TAFEL DER ZUSAMMENGESETZTEN GLEICHMÄSSIGEN BEWEGUNG DER SONNE VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG JAHREN ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	5	59	45	39	19	31	5	52	35	18	53
2	5	59	31	18	38	32	5	52	21	58	12
3	5	59	16	57	57	33	5	52	6	37	31
4	5	59	2	37	16	34	5	51	52	16	51
5	5	58	48	16	35	35	5	51	38	56	10
6	5	58	33	55	54	36	5	51	23	35	29
7	5	58	19	35	14	37	5	51	9	14	48
8	5	58	5	14	33	38	5	50	55	54	7
9	5	57	50	53	52	39	5	50	40	33	26
10	5	57	36	33	11	40	5	50	26	12	46
11	5	57	22	12	30	41	5	50	11	52	5
12	5	57	7	51	49	42	5	49	57	31	24
13	5	56	53	31	8	43	5	49	43	10	43
14	5	56	39	10	28	44	5	49	28	50	2
15	5	56	24	49	47	45	5	49	14	29	21
16	5	56	10	29	6	46	5	49	0	8	40
17	5	55	56	8	25	47	5	48	45	48	0
18	5	55	41	47	44	48	5	48	31	27	19
19	5	55	27	27	3	49	5	48	17	6	38
20	5	55	13	6	23	50	5	48	2	45	57
21	5	54	58	45	42	51	5	47	48	25	16
22	5	54	44	25	1	52	5	47	34	4	35
23	5	54	30	4	20	53	5	47	19	43	54
24	5	54	15	43	39	54	5	47	5	23	14
25	5	54	1	22	58	55	5	46	51	2	33
26	5	53	47	2	17	56	5	46	36	41	52
27	5	53	32	41	37	57	5	46	22	21	11
28	5	53	18	20	56	58	5	46	8	0	30
29	5	53	4	0	15	59	5	45	53	39	49
30	5	52	48	39	34	60	5	45	39	19	9

TAFEL DER ZUSAMMENGESETZTEN GLEICHMÄSSIGEN BEWEGUNG DER SONNE VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG TAGEN ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	0	59	8	19	31	0	30	33	18	8
2	0	1	58	16	39	32	0	31	32	26	27
3	0	2	57	24	58	33	0	32	31	34	47
4	0	3	56	33	18	34	0	33	30	43	6
5	0	4	55	41	38	35	0	34	29	51	26
6	0	5	54	49	57	36	0	35	28	59	46
7	0	6	53	58	17	37	0	36	28	8	5
8	0	7	53	6	36	38	0	37	27	16	25
9	0	8	52	14	56	39	0	38	26	24	45
10	0	9	51	23	16	40	0	39	25	33	4
11	0	10	50	31	35	41	0	40	24	41	24
12	0	11	49	39	55	42	0	41	23	49	43
13	0	12	48	48	15	43	0	42	22	58	3
14	0	13	47	56	34	44	0	43	22	6	23
15	0	14	47	4	54	45	0	44	21	14	42
16	0	15	46	13	13	46	0	45	20	23	2
17	0	16	45	21	33	47	0	46	19	31	21
18	0	17	44	29	53	48	0	47	18	39	41
19	0	18	43	38	12	49	0	48	17	48	1
20	0	19	42	46	32	50	0	49	16	56	20
21	0	20	41	54	51	51	0	50	16	4	40
22	0	21	41	3	11	52	0	51	15	13	0
23	0	22	40	11	31	53	0	52	14	21	19
24	0	23	39	19	50	54	0	53	13	29	39
25	0	24	38	28	10	55	0	54	12	37	58
26	0	25	37	36	30	56	0	55	11	46	18
27	0	26	36	44	49	57	0	56	10	54	38
28	0	27	35	53	9	58	0	57	10	2	57
29	0	28	35	1	28	59	0	58	9	11	17
30	0	29	34	9	48	60	0	59	8	19	37

TAFEL DER GLEICHMÄSSIGEN BEWEGUNG DER ANOMALIE DER SONNE VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG JAHREN ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	5	59	44	24	46		31	5	51	56	48	11
2	5	59	28	49	33		32	5	51	41	12	58
3	5	59	13	14	20		33	5	51	25	37	45
4	5	58	57	39	7		34	5	51	10	2	32
5	5	58	42	3	54		35	5	50	54	27	19
6	5	58	26	28	41		36	5	50	38	52	6
7	5	58	10	53	27	Ort Christi 211° 19′	37	5	50	23	16	52
8	5	57	55	18	14		38	5	50	7	41	39
9	5	57	39	43	1		39	5	49	52	6	26
10	5	57	24	7	48		40	5	49	36	31	13
11	5	57	8	32	35		41	5	49	20	56	0
12	5	56	52	57	22		42	5	49	5	20	47
13	5	56	37	22	8		43	5	48	49	45	33
14	5	56	21	46	55		44	5	48	34	10	20
15	5	56	6	11	42		45	5	48	18	35	7
16	5	55	50	36	29		46	5	48	2	59	54
17	5	55	35	1	16		47	5	47	47	24	41
18	5	55	19	26	3		48	5	47	31	49	28
19	5	55	3	50	49		49	5	47	16	14	14
20	5	54	48	15	36		50	5	47	0	39	1
21	5	54	32	40	23		51	5	46	45	3	48
22	5	54	17	5	10		52	5	46	29	28	35
23	5	54	1	29	57		53	5	46	13	53	22
24	5	53	45	54	44		54	5	45	58	18	9
25	5	53	30	19	30		55	5	45	42	42	55
26	5	53	14	44	17		56	5	45	26	7	42
27	5	52	59	9	4		57	5	45	11	32	29
28	5	52	43	33	51		58	5	44	55	57	16
29	5	52	27	58	38		59	5	44	40	22	3
30	5	52	12	23	25		60	5	44	24	46	50

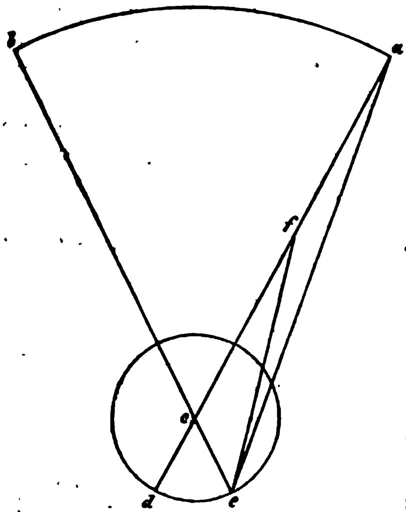
TAFEL DER GLEICHMÄSSIGEN BEWEGUNG DER ANOMALIE DER SONNE VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG TAGEN ZU SEHCZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	0	59	8	7	31	0	30	33	11	48
2	0	1	58	16	14	32	0	31	32	19	55
3	0	2	57	24	22	33	0	32	31	28	3
4	0	3	56	32	29	34	0	33	30	36	10
5	0	4	55	40	36	35	0	34	29	44	17
6	0	5	54	48	44	36	0	35	28	52	25
7	0	6	53	56	51	37	0	36	28	0	32
8	0	7	53	4	58	38	0	37	27	8	39
9	0	8	52	13	6	39	0	38	26	16	47
10	0	9	51	21	13	40	0	39	25	24	54
11	0	10	50	29	21	41	0	40	24	33	2
12	0	11	49	37	28	42	0	41	23	41	8
13	0	12	48	45	35	43	0	42	22	49	16
14	0	13	47	53	43	44	0	43	21	57	24
15	0	14	47	1	50	45	0	44	21	5	31
16	0	15	46	9	57	46	0	45	20	13	38
17	0	16	45	18	5	47	0	46	19	21	46
18	0	17	44	26	12	48	0	47	18	29	53
19	0	18	43	34	19	49	0	48	17	38	0
20	0	19	42	42	27	50	0	49	16	46	8
21	0	20	41	50	34	51	0	50	15	54	15
22	0	21	40	58	42	52	0	51	15	2	23
23	0	22	40	6	49	53	0	52	14	10	30
24	0	23	39	14	56	54	0	53	13	18	37
25	0	24	38	23	4	55	0	54	12	26	45
26	0	25	37	31	11	56	0	55	11	34	52
27	0	26	36	39	18	57	0	56	10	42	59
28	0	27	35	47	26	58	0	57	9	51	7
29	0	28	34	55	33	59	0	58	8	59	14
30	0	29	34	3	41	60	0	59	8	7	22

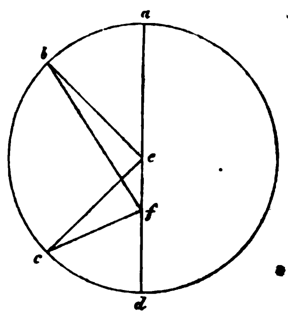
Capitel 15.

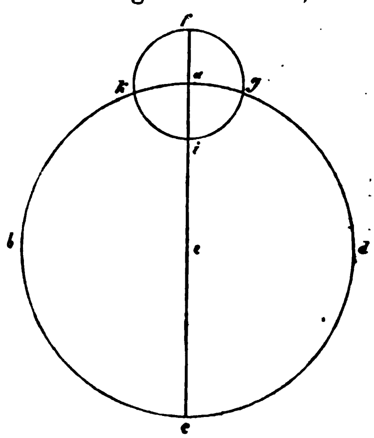
Voruntersuchungen zur Entwicklung der Ungleichmässigkeit in der erscheinenden Bewegung der Sonne.

Um in die erscheinende Ungleichmässigkeit der Sonne mehr einzudringen, wollen wir noch deutlicher nachweisen, dass, — während die Erde die in der Mitte der Welt stehende Sonne, wie einen Mittelpunkt umkreist und die Entfernung zwischen Sonne und Erde, wie gesagt, im Vergleich zur Unermesslichkeit der Fixsternsphäre, verschwindend klein ist: — die Sonne in Bezug auf irgend einen Punkt oder auf einen Stern derselben Sphäre in der Ekliptik sich ebenso zu bewegen scheint. Es sei nämlich *ab* ein grösster Kreis in der Ebene der Ekliptik, sein Mittelpunkt *c*, und in diesem stehe die Sonne. Mit der Entfernung der Sonne von der Erde *cd*, in Vergleich zu welcher die Ausdehnung der Welt unermesslich ist, werde der Kreis *de* in derselben Ebene der Ekliptik beschrieben, in welchem die jährliche Bewegung des Mittelpunktes der Erde vor sich gehen soll. Ich behaupte, dass in Bezug auf irgend einen in dem Kreise *ab* angenommenen Punkt oder auf einen Stern der Ekliptik, die Sonne sich ebenso zu bewegen scheine. Angenommen, die Sonne werde von der Erde, die sich in *d* befinde, in der Richtung *acd* in *a* gesehen. Die Erde bewege sich irgend wie durch den Bogen *de* und von dem Punkte *e* werden *ae* und *be* gezogen. Die Sonne erscheint nun von *e* aus gesehen in dem Punkte *b*. Weil aber *ac* gegen *cd* unendlich gross ist: so ist, da *ce* gleich *cd*, *ae* auch gegen *ce* unendlich gross. Wir nehmen in *ac* irgend einen Punkt *f* an, und ziehen *ef*. Da nun die von den Endpunkten der Basis *ce* nach dem Punkte *a* gezogenen beiden graden Linien ausserhalb des Dreiecks *efc* fallen: so ist nach der Umkehrung des 21sten Satzes des ersten Buches von Euklid's Elementen, der Winkel *fae* kleiner als der Winkel *efc*. Deshalb schliessen die in's Unendliche ausgedehnten Linien endlich einen so spitzen Winkel *cae* ein, dass er nicht mehr wahrgenommen werden kann; und um diesen Winkel ist der Winkel *bca* grösser als der Winkel *aec*. Wegen dieses so unbedeutenden Unterschiedes erscheinen diese Winkel als gleich, und die Linie *ac* und *ae* als parallel; folglich scheint die Sonne in Beziehung auf einen beliebigen Punkt der Fixsternsphäre sich ebenso zu bewegen, als wenn sie um den Mittelpunkt *c* kreiste, was zu beweisen war. Ihre Ungleichmässigkeit aber wird daraus nachgewiesen, dass die Bewegung des Mittelpunktes der Erde und sein jährlicher Kreislauf nicht genau um den Mittel-

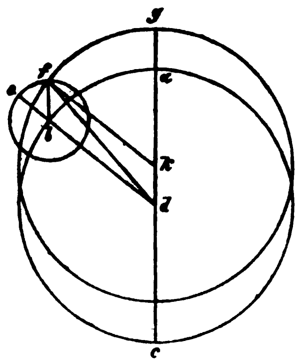


punkt der Sonne vor sich geht. Dies kann sehr wohl auf zwei Weisen vorgestellt werden, entweder durch einen excentrischen Kreis, d. h dessen Mittelpunkt nicht derjenige der Sonne ist, oder durch einen Epicykel, bei welchem die Sonne im Mittelpunkte des Hauptkreises selber steht. Aus dem excentrischen Kreise erklärt sich dies folgendermassen. Sei ***abcd*** ein excentrischer Kreis in der Ebene der Ekliptik, sein Mittelpunkt ***e*** liege um einen nicht sehr kleinen Abstand ausserhalb des Mittelpunkts der Sonne und der Welt, welcher *f* sei, der Durchmesser durch beide Mittelpunkte sei ***aefd***, das Apogeum, welches von den Lateinern summa absis genannt wird, liege in ***a***, als in dem vom Mittelpunkte der Welt entferntesten Orte; ***d*** dagegen sei das Perigeum, welches infima absis heisst und der dem Mittelpunkte der Welt nächste Ort ist. Wenn sich nun die Erde in ihrer Bahn *abcd* gleichmässig um den Mittelpunkt *e* bewegt, so erscheint, wie gesagt, die Bewegung um *f* ungleichmässig. Macht man die Bogen ***ab*** und ***cd*** gleich und zieht die graden Linien ***be***, ***ce***, ***bf***, ***cf***: so sind die Winkel ***aeb*** und ***ced***, denen gleiche Bogen um den Mittelpunkt ***e*** zugehören, gleich. Der Aussenwinkel ***cfd*** ist aber grösser als der innere Winkel ***ced***, und also auch grösser als der Winkel *aeb*, der gleich ***ced*** ist. Der Aussenwinkel ***aeb*** ist aber auch grösser, als der innere Winkel *afb*, um so mehr ist der Winkel *cfd* grösser als *afb*. Jeder von beiden wird aber in gleichen Zeiten durchlaufen, weil die Bogen *ab* und ***cd*** einander gleich sind. Die gleichmässige Bewegung um *e* erscheint also ungleichmässig um *f*. Dasselbe lässt sich noch einfacher daraus einsehen, dass der Bogen *ab* von *f* entfernter liegt als *cd*. Denn, nach dem 7ten Satze des 3ten Buches von Euklid's Elementen, sind die Linien *af* und *bf* grösser als *cf* und *df*, und wie in der Optik bewiesen wird, erscheinen gleiche Grössen in der Nähe grösser als in der Ferne. Daher ist nun klar, was über den excentrischen Kreis behauptet ist. [Der Beweis wäre ganz derselbe, wenn die Erde in *f* stillstände, und die Sonne in dem Kreise *abc* sich bewegte, wie beim Ptolemäus und Andern.] Dasselbe lässt sich auch durch den Epicykel erklären, bei welchem die Sonne in dem Mittelpunkt ihres Hauptkreises steht. Es sei nämlich ***bcd*** der Hauptkreis, ***e*** der Mittelpunkt der Welt, in welchem zugleich die Sonne steht, ***a*** den Mittelpunkt des Epicykels *fg* in derselben Ebene, und durch beide Mittelpunkte die Linie ***ceaf*** gezogen. Das Apogeum des Epicykels sei *f*, das Perigeum ***i***. So ist offenbar, dass eine Gleichmässigkeit in *a*, eine

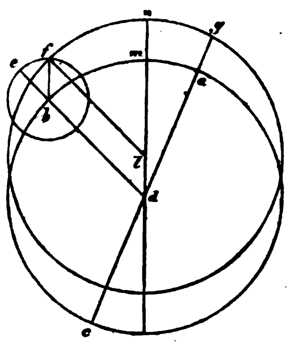


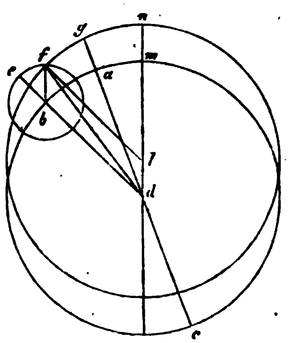


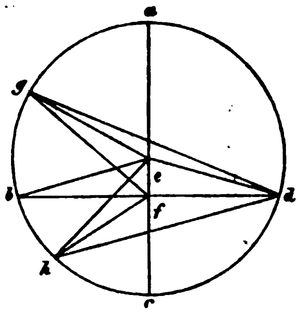
Ungleichmässigkeit der Erscheinung in dem Epicykel *fg* hervorbringt. Denn, wenn *a* sich nach der Seite von *b*, d. h. rechtläufig, der Mittelpunkt der Erde aber vom Apogeum *f* aus rückläufig sich bewegt, so scheint sich *e* im Perigeum *i* mehr zu bewegen, weil beide Bewegungen sowohl von *a* als auch von *i* nach derselben Seite hin liegen. Im Apogeum *f* aber scheint der Punkt *e* langsamer zu sein, weil er sich nämlich nur mit der Differenz der beiden entgegengesetzten Bewegungen bewegt, und, wenn die Erde in *g* angenommen wird, der gleichmässigen Bewegung vorauseilt, in *k* aber hinter ihr zurückbleibt, und zwar in jedem von beiden Fällen um die Bogen *ag* und *ak*, wodurch also auch die Sonne sich ungleichmässig zu bewegen scheint. Alles, was durch den Epicykel geschieht, kann auf dieselbe Weise durch den excentrischen Kreis bedingt sein, welchen die Bewegung des Gestirns im Epicykel in Bezug auf den eigentlichen Mittelpunkt und in derselben Ebene gleichmässig beschreibt, und dessen excentrischer Mittelpunkt vom eigentlichen Mittelpunkte um die Grösse des Halbmessers des Epicykels absteht, und dies kann in dreierlei Weise geschehen. Wenn nämlich der Epicykel auf dem Hauptkreise, und das Gestirn in dem Epicykel gleiche Umläufe vollenden, aber die Bewegungen einander entgegengesetzt sind: so stellt ein fester excentrischer Kreis, dessen Apogeum und Perigeum unveränderliche Orte einnehmen, die Bewegungen des Gestirnes dar. Es



sei *abc* der Hauptkreis, der Mittelpunkt der Welt *d*, der Durchmesser *adc;* wir nehmen an, dass, während der Epicykel in *a* wäre, das Gestirn in dem Apogeum des Epicykels, also in *g* stände, und der Halbmesser desselben in die grade Linie *dag* fiele; nehmen vom Mittelpunkte *b* den Bogen *ab* des Hauptkreises, und lassen in gleicher Drehung *ag* in dem Epicykel den Bogen *ef* beschreiben, legen *de* und *eb* in eine grade Linie, nehmen den Bogen *ef* nach der entgegengesetzten Seite und ähnlich dem Bogen *ab*. Das Gestirn oder die Erde stehe in *f*, wir verbinden *b* mit *f*, und nehmen auf der Linie *ad* den Abschnitt *dk* gleich *bf*. Weil nun die Winkel *ebf* und *bda* gleich: so sind *bf* und *dk* parallel und gleich. Wenn aber grade Linien durch gleiche und parallele grade Linien verbunden werden: so sind sie selber parallel und gleich, nach dem 33sten Satze des ersten Buches von Euklid's Elementen. Und weil *dk* und *ag* gleich gemacht sind, so erhält man, wenn man zu beiden *ak* addirt, *gak* gleich *akd*, und also auch gleich *kf*. Der um den Mittelpunkt *k* mit dem Radius *kag* beschriebene Kreis geht also durch *f*, und diesen Kreis beschreibt der Punkt *f* durch die aus *ab* und *ef* zusammengesetzte Bewegung, als einen excentrischen, dem Hauptkreise gleichen, Kreis, der deshalb auch fest liegt. Denn wenn der Epicykel gleiche Umläufe mit dem Hauptkreise macht: so ist nothwendig, dass die Absiden des so beschriebenen excentrischen Kreises an demselben Orte liegen bleiben. Wenn aber der Mittelpunkt des Epicykels und seine Peripherie ungleiche Umläufe machen, so wird die Bewegung des Gestirns keinen festen excentrischen Kreis mehr beschreiben, sondern einen solchen, dessen Mittelpunkt und Absiden sich rückläufig oder rechtläufig bewegen, je nachdem die Bewegung des Gestirns geschwinder oder langsamer ist, als der Mittelpunkt seines Epicykels. Es sei *ebf* grösser als der Winkel *bda*, aber gleich *bdm*: so wird ebenso bewiesen, dass wenn auf der Linie *dm*, *dl* gleich *bf* abgetragen wird, der um den Mittelpunkt *l* mit dem Radius *lmn* gleich *ad* beschriebene Kreis durch das Gestirn *f* geht, wodurch ersichtlich wird, dass durch die zusammengesetzte Bewegung des Gestirns der Bogen *nf* eines excentrischen Kreises beschrieben wird, dessen Apogeum unterdessen vom Punkte *g* rückläufig den Bogen *gn* durchlaufen hat. Umgekehrt hätte sich, wenn die Bewegung des Gestirns auf dem Epicykel langsamer gewesen wäre, der Mittelpunkt des excentrischen Kreises rechtläufig bewegt und zwar um so viel, als sich der Mittelpunkt des Epicykels geschwinder bewegt hätte, wie z. B. wenn der Winkel *ebf* kleiner wäre als *bda* aber gleich *bdm*, offenbar das eintreten würde, was ich behauptet habe. Aus allem Diesen geht hervor, dass immer dieselbe Ungleichmässigkeit der Erscheinung hervorgebracht wird, sei es durch den Epicykel auf dem Hauptkreise, sei es durch einen dem Hauptkreise gleichen excentrischen Kreis, und dass sich beide nicht von einander unterscheiden, wenn nur die Entfernung der Mittelpunkte gleich dem Radius des Epicykels ist. Welches von Beiden am Himmel vorgehe, ist daher nicht leicht zu ermitteln. Ptolemäus war der Meinung, dass da, wo eine einfache Ungleichmässigkeit und feste unveränderliche Orte der Absiden (wie er sie bei der Sonne vermuthete) wahrgenommen werden, die Begründung durch die Excentricität ausreiche; dem Monde aber und den übrigen fünf Planeten, welche mit doppelten oder mehrfachen Ungleichheiten sich bewegen, schrieb er excentrische Epicykeln zu. Nach der Methode des excentrischen Kreises lässt sich ferner auch leicht zeigen, dass der grösste Unterschied zwischen der gleichmässigen Bewegung und der erscheinenden dann eintritt, wenn das Gestirn in dem mittleren Orte zwischen dem Apogeum und dem Perigeum erscheint; nach der Methode des Epicykels ist dies der Fall, wenn das Gestirn den Hauptkreis schneidet, wie beim Ptolemäus bewiesen ist. Durch den excentrischen Kreis wird dies folgendermassen bewiesen: Es sei *abcd* ein Kreis um den Mittelpunkt *e*, sein Durchmesser *aec* gehe durch die Sonne in *f* ausserhalb des Mittelpunkts. Die Linie *bfd* werde rechtwinklig durch *f*, und noch *be* und *ed* gezogen,





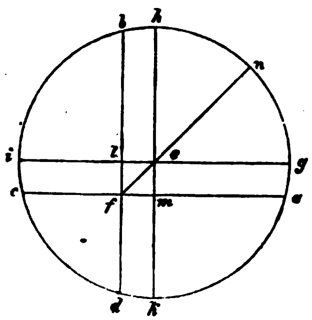


Das Apogeum sei *a*, das Perigeum *c*, — *b* und *d* mögen die mittleren erscheinenden Orte sein. Es ist offenbar, dass der Aussenwinkel *aeb* die gleichmässige, der innere Winkel *efb* die erscheinende Bewegung bezeichnet, und der Unterschied beider der Winkel *ebf* ist. Ich behaupte, dass kein grösserer Peripheriewinkel als die beiden bei *b* und *d*, über der Linie *ef* construirt werden kann. Man nehme vor und hinter *b* die Punkte *g* und *h* an, ziehe *gd*, *ge*, *gf* und *hc*, *hf*, *hd*. Da nun *fg* dem Mittelpunkte näher und also grösser ist als *df*, so ist Winkel *gdf* grösser als *dgf*. Gleich sind aber die Winkel *edg* und *egd*, weil *eg* und *ed* gleiche Schenkel sind. Deshalb ist auch der Winkel *edb*, welcher gleich *ebf* ist, grösser als der Winkel *egf*. Ebenso ist auch *df* grösser als *fh*. Der Winkel *fhd* ist grösser als *fdh*, der ganze *ehd* ist aber gleich dem ganzen *edh*, weil *eh* und *ed* gleich sind, der Rest also *edf*, welcher gleich *cbf*, muss also auch grösser sein, als *ehf*. Es kann daher nirgend über der Linie *ef* ein grösserer Winkel als in den Punkten *b* und *d* construirt werden. Folglich findet die grösste Differenz der gleichmässigen und erscheinenden Bewegung in dem mittleren Orte zwischen dem Apogeum und Perigeum statt.

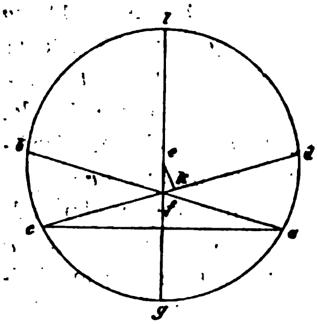
Capitel 16.

Ueber die erscheinende Ungleichmässigkeit der Sonne.

Dies ist allgemein bewiesen, und es kann nicht nur den Erscheinungen der Sonne, sondern auch den Ungleichmässigkeiten anderer Gestirne angepasst werden. Jetzt wollen wir das behandeln, was der Sonne und der Erde eigenthümlich ist; und zwar zuerst das, was wir von Ptolemäus und anderen Früheren überliefert erhalten haben, darauf das, was uns die neuere Zeit und die Erfahrung gelehrt hat. Ptolemäus[177]) fand, dass zwischen der Frühlingsnachtgleiche und der Sonnenwende $94\frac{1}{2}$, zwischen der Sonnenwende und der Herbstnachtgleiche $92\frac{1}{2}$ Tage lagen. Es war also nach Verhältniss der Zeit in dem ersten Zeitraume die mittlere gleichmässige Bewegung $93^{0}\ 9'$, im zweiten $91^{0}\ 10'$ [178]). Der auf diese Weise eingetheilte Jahreskreis sei *abcd*, dessen Mittelpunkt *e*. Für den ersten Zeitraum werde *ab* gleich $93^{0}\ 9'$, für den zweiten *bc* gleich $91^{0}\ 10'$ genommen. Von *a* aus erscheint die Sonne im Frühlingsnachtgleichenpunkte, von *b* aus in der Sommersonnenwende, von *c* aus im Herbstnachtgleichenpunkte, und endlich von *d* aus in der Wintersonnenwende. Man ziehe *ac* und *bd*, diese mögen sich gegenseitig rechtwinklig in *f* schneiden, wohin wir die Sonne versetzen. Weil nun der Bogen *abc* grösser ist



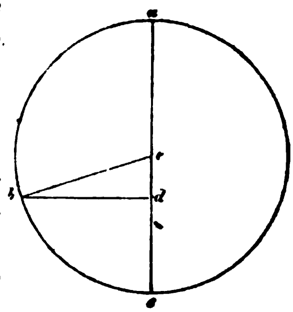
als der Halbkreis, und *ab* grösser als *bc*: so erkannte Ptolemäus hieraus, dass der Mittelpunkt *e* des Kreises, zwischen den Linien *bf* und *fa*, und das Apogeum zwischen der Frühlingsnachtgleiche und der Sommersonnenwende liege. Man ziehe nun durch den Mittelpunkt *e* parallel mit *afc* die grade Linie *ieg*, welche *bfd* in *l* schneidet; und parallel mit *bfd* die grade Linie *hek*, welche *af* in *m* schneidet. Auf diese Weise entsteht das rechtwinklige Parallelogramm *lemf*, dessen Diagonale *fe* in ihrer Verlängerung *fen* die grösste Entfernung der Erde von der Sonne, und den Punkt *n* als Ort des Apogeums bezeichnet. Da nun der Bogen *abc* 184° 19′ beträgt, so enthält *ah* 92° 9½′, wenn dies von *agb* abgezogen wird, so bleibt der Rest *hb* zu 59′. Zieht man wieder von *ah* den Quadranten *hg* ab: so bleibt *ag* gleich 2° 10′. Die halbe Sehne des doppelten Bogens *ag* hat 377 solcher Theile, von denen 10000 auf den Halbmesser gehen und ist gleich *lf* Die halbe Sehne des doppelten Bogens *bh*, nämlich *el*, enthält 172 solcher Theile. Aus den beiden gegebenen Seiten des Dreiecks *elf* ergiebt sich die Hypothenuse *ef* zu 414, ungefähr den 24sten Theil von dem Radius *ne*. Wie sich aber *ef* zu *el* verhält, so verhält sich auch der Radius *ne* zu der halben Sehne des doppelten Bogens *nh*. Folglich ergiebt sich der Bogen *hn* zu 24½°, und so viel beträgt auch der Winkel *neh*, dem wieder der erscheinende Winkel *lfe* gleich ist Um diesen Abstand war also vor Ptolemäus das Apogeum der Sommersonnenwende voraus. Da aber *ik* ein Kreisquadrant ist, so bleibt, wenn man davon *ic* und *dk*, welche gleich *ag* und *hb* sind, abzieht, *cd* gleich 86° 51′; und der Rest von *cda*, nämlich *da* gleich 88° 49′. Aber den 86° 51′ entsprechen 88⅛ Tage, und den 88° 49′ entsprechen 90⅛ Tage, oder 3 Stunden, in welchen Zeiten die Sonne bei gleichmässiger Bewegung der Erde von der Herbstnachtgleiche zu der Wintersonnenwende, und von der Wintersonnenwende zur Frühlingsnachtgleiche überzugehen schien. Ptolemäus bezeugt, dass er dies nicht anders gefunden habe, als es vor ihm von Hipparch überliefert sei. Deshalb schloss er, dass auch für alle nachfolgende Zeit ewig das Apogeum 24½° vor der Sommersonnenwende vorausbleiben, und die Excentricität den 24sten Theil des Radius, wie angegeben, betragen werde. Beides zeigt sich aber jetzt um eine beträchtliche Differenz geändert. Albategnius giebt von der Frühlingsnachtgleiche bis zur Sommersonnenwende 93 Tage 35[I] und bis zur Herbstnachtgleiche 186 Tage 37[I] an[179]), woraus er nach des Ptolemäus' Vorschrift die Excentricität zu nicht mehr als zu 347 solcher Theile, von denen 10000 auf den Halbmesser gehen, ermittelt Mit ihm stimmt in Bezug auf die Excentricität der Spanier Arzachel überein, doch giebt Letzterer das Apogeum zu 12° 10′ vor der Sonnenwende an, während Albategnius dasselbe 7° 43′[180]) vor der Sonnenwende fand. Hieraus ist wohl abzunehmen, dass es noch eine andere Ungleichheit in der Bewegung des Mittelpunktes der Erde giebt, was auch durch die Beobachtungen unserer Zeit bestätigt wird. Denn seit mehr als 10 Jahren, in denen wir uns auf die Untersuchung dieser Dinge gelegt haben, und namentlich im Jahre Christi 1515 haben wir gefunden, dass von der Frühlings- bis zur Herbstnachtgleiche 186 Tage $5\frac{1}{2}^{I}$ verstreichen, und damit wir in der Beobachtung der Sonnenwenden uns nicht täuschen möchten, was Manche in Bezug auf die Früheren vermuthen, haben wir zu diesem Zwecke gewisse andere Sonnenörter gewählt, welche auch ausserhalb der Nachtgleichen liegen und keineswegs schwierig zu beobachten sind, wie z. B. die Mitten des Sternzeichens des Stieres, des Löwen, des Scorpions und des Wassermanns. Nun haben wir von der Herbstnachtgleiche bis zur Mitte des Scorpions 45 16^{I} und bis zur Frühlingsnachtgleiche 178 $53\frac{1}{2}^{I}$ Tage gefunden. Die gleichmässige Bewegung in dem ersten Zeitraume beträgt 44^{0} $37'$, im zweiten 176^{0} $19'$. Nach diesen vorläufigen Angaben nehmen wir den Kreis *abcd*. Es sei *a* der Punkt, von wo die Sonne im Frühlings-, und *b* von wo sie im Herbst-Nachtgleichenpunkte gesehen wird. *c* sei die Mitte des Scorpions. Wir ziehen *ab* und *cd*; welche sich im Mittelpunkte der Sonne *f* schneiden, und noch *ac*. Nun ist der Bogen *cb* gleich 44^{0} $37'$, und ebenso gross ist der Winkel *bac*, wenn man 360^{0} gleich zweien Rechten nimmt. Weiter ist der Winkel *bfc*, als der Winkel der erscheinenden Bewegung, gleich 45^{0}, wenn 360^{0} gleich vier Rechten; wenn aber 360^{0} gleich zweien Rechten, so ist *bfc* gleich 90^{0}. Die Differenz Beider, *acd*, welche dem Bogen *ad* entspricht, beträgt 45^{0} $23'$. Der ganze Abschnitt *acb* umfasst 176^{0} $19'$, zieht man *bc* ab: so bleibt *ac* gleich 131^{0} $42'$, addirt man dazu *ad*: so erhält man den Bogen *cad* gleich 177^{0} $5'$. Da also jeder von den beiden Abschnitten *acb* und *cad* kleiner als der Halbkreis ist, so ist klar, dass in dem Reste *bd* der Mittelpunkt des Kreises enthalten ist. Dieser sei *e*, es werde durch *f* der Durchmesser *lefg* gezogen, *l* sei das Apogeum, *g* das Perigeum, es stehe *ek* senkrecht auf *cfd*. Die Sehnen der gegebenen Bogen sind nach dem Verzeichnisse auch gegeben, nämlich *ac* gleich 182494, *cfd* gleich 199934, wenn der Durchmesser gleich 200000 ist. Da in dem Dreiecke *acf* die Winkel gegeben sind: so ergiebt sich das Verhältniss der Seiten nach dem ersten Satze über ebene Dreiecke, nämlich *cf* gleich 97967, während *ac* gleich 182494, und wegen des halben Ueberschusses von *fd* ist auch *fk* gleich 2000 solcher Theile. Dem Abschnitte *cad* fehlen 2^{0} $55'$ am Halbkreise, davon ist die halbe Sehne *ek* gleich 2534. Da in dem Dreiecke *efk* die beiden den rechten Winkel einschliessenden Seiten *fk* und *ke* gegeben sind: so enthält *ef* ungefähr 323 solcher Theile, von denen auf *el* 10000 kommen; der Winkel *efk* ist aber $51\frac{2}{3}^{0}$, wenn 360^{0} 4 Rechte betragen, also ist der ganze Winkel *afl* gleich $96\frac{2}{3}^{0}$, und der Rest *bfl* gleich $83\frac{1}{3}^{0}$. Wenn aber *el* in 60 Theile getheilt wird: so enthält *ef* ungefähr 1 56^{I} solcher Theile. Dies war der Abstand der Sonne von dem Mittelpunkte des Kreises, der nun fast $\frac{1}{31}$ geworden ist, während er dem Ptolemäus gleich $\frac{1}{24}$ zu sein schien. Und das Apogeum, welches damals um $24\frac{1}{2}^{0}$ der Sommersonnenwende voraus war, ist jetzt hinter derselben um $6\frac{2}{3}^{0}$ zurück.



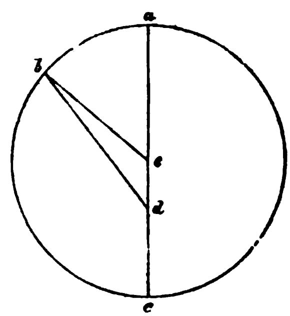
Capitel 17.

Darstellung der ersten, jährlichen Ungleichmässigkeit der Sonne nebst ihren besonderen Unterschieden.

Da also mehrere verschiedene Ungleichmässigkeiten der Sonne gefunden werden: so glauben wir, diejenige zuerst ableiten zu müssen, welche einen jährlichen Verlauf hat und bekannter als die übrigen ist. Zu diesem Zwecke nehmen wir wieder den Kreis *abc* um den Mittelpunkt *e*, mit dem Durchmesser *aec*; das Apogeum sei *a*, das Perigeum *c*, und die Sonne in *d*. Nun ist bewiesen, dass der Unterschied zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung in dem scheinbaren mittleren Orte zwischen beiden Absiden am grössten ist. Errichten wir in *d* gegen *aec* die Senkrechte *bd*, welche die Peripherie im Punkte *b* schneidet, und ziehen *be*. Da nun in dem rechtwinkligen Dreieck *bde*, zwei Seiten gegeben sind, nämlich *be* als Radius des Kreises. und *de* als Abstand der Sonne vom Mittelpunkte: so ist auch der Winkel *dbe* gegeben, um welchen der Winkel der Gleichmässigkeit *bea* von dem erscheinenden rechten Winkel *edb* sich unterscheidet. Insofern aber *de* grösser oder kleiner wird, insofern ändert sich auch die ganze Form des Dreiecks. So war vor Ptolemäus der Winkel *b* gleich 2° 23′, zur Zeit des Albategnius und Arzachel's 1° 59′, jetzt dagegen 1° 51′; und Ptolemäus erhielt den Bogen *ab*. welchen der Winkel *aeb* einschliesst zu 92° 23′ und *bc* gleich 87° 37′. Albategnius *ab* zu 91° 59′, *bc* gleich 88° 1′, jetzt ist *ab* gleich 91° 51′ und *bc* gleich 88° 9′. Hieraus ergeben sich auch die übrigen Verschiedenheiten.



Nimmt man nämlich irgendwie einen andern Bogen *ab*, wie in der zweiten Figur und ist der Winkel *aeb*, also auch der innere Winkel *bed*, und die beiden Seiten *be* und *ed* gegeben: so ergiebt sich, nach der Lehre von den ebenen Dreiecken, der Winkel *ebd* als Prosthaphärese oder als Unterschied zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung; und diese Unterschiede müssen sich, wie schon bemerkt, ändern, wenn die Seite *ed* sich ändert.

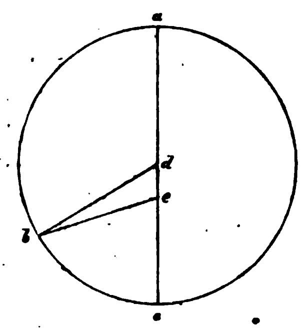


Capitel 18.

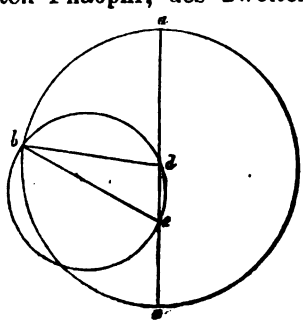
Prüfung der gleichmässigen Bewegung an der Länge der Zeit.

Dies ist nun über die jährliche Ungleichmässigkeit der Sonne dargethan; aber dieselbe besteht nicht in einer einfachen Ungleichheit. wie es den Anschein hat, sondern in einer zusammengesetzten, wie dies eine längere

Zeitdauer erweist. Diese Ungleichheiten wollen wir demnächst von einander unterscheiden. Vorher aber mag die mittlere gleichmässige Bewegung des Erdmittelpunktes, durch um so genauere Zahlen festgestellt werden, je mehr dieselbe von der Verschiedenheit der Ungleichmässigkeit getrennt wird, und sich über einen je grösseren Zeitraum erstreckt. Dies wird aber auf folgende Weise erreicht werden. Es ist uns jene Herbstnachtgleiche überliefert, welche von Hipparch zu Alexandrien, im 32sten Jahre der dritten Callippi'schen Periode, welches, wie oben[157]) angegeben, das 177ste Jahr nach dem Tode Alexanders ist, nach dem dritten von den fünf Schalttagen um Mitternacht, auf welche der vierte Schalttag folgte, beobachtet worden ist. Danach aber, dass Alexandrien ungefähr eine Stunde[181]) östlicher als Krakau liegt, fand dieselbe ungefähr eine Stunde vor Mitternacht[182]) statt. Folglich war nach den oben[183]) mitgetheilten Berechnungen der Ort der Herbstnachtgleiche an der Fixsternsphäre vom Kopfe des Widders 176° 10′[184]) entfernt; und dies war der erscheinende Ort der Sonne, derselbe stand aber von dem Apogeum um 114½°[185]) ab. Für diesen Fall werde der Kreis



abc, welchen der Erdmittelpunkt beschreibt, um den Mittelpunkt *d* construirt, dessen Durchmesser sei *adc*, und innerhalb desselben stehe die Sonne in *e*, das Apogeum sei in *a*, das Perigeum in *c*, *b* sei der Punkt, in welchem die herbstliche Sonne in der Nachtgleiche erscheint. Man ziehe die graden Linien *bd* und *be*. Da nun der Winkel *deb*, um welchen die Sonne vom Apogeum abzustehen scheint, 114½° beträgt, und damals *de* 414 solcher Theile betrug, von denen *bd* 10000 enthält: so sind die Winkel des Dreiecks *bde* nach dem fünften Satze der ebenen Dreiecke gegeben und der Winkel *dbe* wird 2° 10′, um welchen Winkel der Winkel *bed* von *bda* unterschieden ist. Der Winkel *bed* beträgt aber 114° 30′, folglich ist *bda* gleich 116° 40′, und aus demselben Grunde weicht der mittlere oder gleichmässige Ort der Sonne vom Kopfe des Widders an der Fixsternsphäre um 178° 20′ ab. Hiermit haben wir die von uns zu Frauenburg, unter demselben Meridian wie Krakau[186]) im Jahre Christi 1515 am 14. September, im 1840sten ägyptischen Jahre nach Alexanders Tode am 6ten Phaophi, des zweiten Monats der Aegypter, eine halbe Stunde nach



Sonnenaufgang[187]) beobachtete Herbstnachtgleiche verglichen. Um diese Zeit war der Ort der Herbstnachtgleiche an der Fixsternsphäre nach der Rechnung[188]) und nach den Beobachtungen 152° 45′, sein Abstand vom Apogeum nach der früheren[189]) Ableitung 83° 20′. Der Winkel *bea* werde gleich 83° 20′, von denen 180° zwei Rechte betragen, gemacht; die Dreiecksseite *bd* ist als 10000 und *de* als 323 gegeben. Nach dem vierten Satze über ebene Dreiecke, wird der Winkel *dbe* zu ungefähr 1° 50′ gefunden. Wenn nämlich ein Kreis das Dreieck *edb* umschriebe, so würde der Peripheriewinkel *bed* gleich 166° 40′, wo 360° zwei Rechte betragen, und die Sehne *bd* würde 19864, wenn der Durchmesser 20000 beträgt; und nach dem gegebenen Verhältnisse von *bd* zu *de* erhielte man *de* in eben solchen Längeneinheiten gleich 642. Dies ist aber die Sehne des Winkels *dbe*, der als Peripheriewinkel 3° 40′, als Centriwinkel aber 1° 50′ beträgt. Und dies war die Prosthaphärese oder der Unterschied zwischen der gleichmässigen und erscheinenden Bewegung; und wenn diese zu dem Winkel *bed*, welcher 83° 20′ betrug, hinzuaddirt wird: so erhalten wir den Winkel *bda*, und den Bogen *ab* gleich 85° 10′, als gleichmässigen Abstand vom Apogeum, und so den mittleren Ort der Sonne an der Fixsternsphäre gleich 154° 35′ [190]). Zwischen beiden Beobachtungen liegen nun 1662 ägyptische Jahre 37ᵈ 18ˡ 45ˡˡ [191]) und die mittlere gleichmässige Bewegung beträgt ausser den ganzen Umläufen, deren 1660 sind, 336° und ungefähr 15′ [192]), übereinstimmend mit der Zahl, welche wir in den Tafeln der gleichmässigen Bewegungen dargestellt haben. [193])

Capitel 19.

Ueber die Oerter oder Ausgangspunkte, welche der gleichmässigen Bewegung der Sonne zum Grunde zu legen sind.

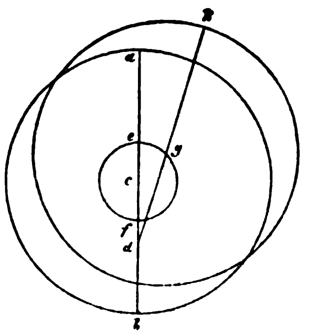
Der Zeitraum von Alexander's des Grossen Tode bis zur Beobachtung des Hipparch beträgt 176^a 362^d $27\frac{1}{2}^{\,l}$ [194]), in welcher Zeit die mittlere Bewegung nach der Berechnung [195]) 312° 43′ beträgt. Wenn man diese von den 178° 20′ der Hipparchischen Beobachtung [196]), nachdem man dieselbe um 360° des ganzen Kreises vermehrt hat, abzieht: so bleibt für den Anfang der Jahre nach Alexander's des Grossen Tode, am Mittage des ersten Tages des Monats Thoth der Aegypter, als Ort 225° 37′ [197]). Und dies gilt auch für den Meridian von Krakau und Frauenburg, also für unsern Beobachtungspunkt. Von hier bis zum Anfange der römischen Jahre des Julius Cäsar, also in 278^a $118\frac{1}{2}^d$ [198]) beträgt die mittlere Bewegung ausser den ganzen Umläufen 46° 28′. [199]). Addirt man dies zu der Zahlenangabe des Ortes Alexanders: so erhält man den Ort Cäsar's um Mitternacht des ersten Januar, von wo die Römer ihre Jahre und Tage zu zählen anfangen, 272° 4′. Von hier in 45^a 12^d [200]), oder von Alexander dem Grossen in 323^a $130\frac{1}{2}^d$, ergiebt sich der Ort Christi zu 272° 30′ [201]). Und da Christus im 3ten Jahre der 194sten Olympiade geboren ist, und diese Zeit vom Anfange der Olympiaden bis Mitternacht am ersten Januar 775^a $12\frac{1}{2}^d$ [202]) beträgt: so erhält man ebenso den Ort der ersten Olympiade am Mittage des ersten Hekatombäon, welcher Tag jetzt nach den römischen Jahren am 1sten Juli jährlich wiederkehrt, zu 96° 16′ [203]). Auf diese Weise sind die Ausgangspunkte der einfachen Bewegung der Sonne in Bezug auf die Fixsternsphäre aufgestellt. Die zusammengesetzten Oerter entstehen aus jenen durch Hinzufügen der Präcessionen der Nachtgleichen; nämlich der Ort der Olympiaden 90° 59′, Alexanders 226° 38′, Cäsars 276° 59′, Christi 278° 2′[204]. Alles dies, wie gesagt, auf den Meridian von Krakau bezogen.

Capitel 20.

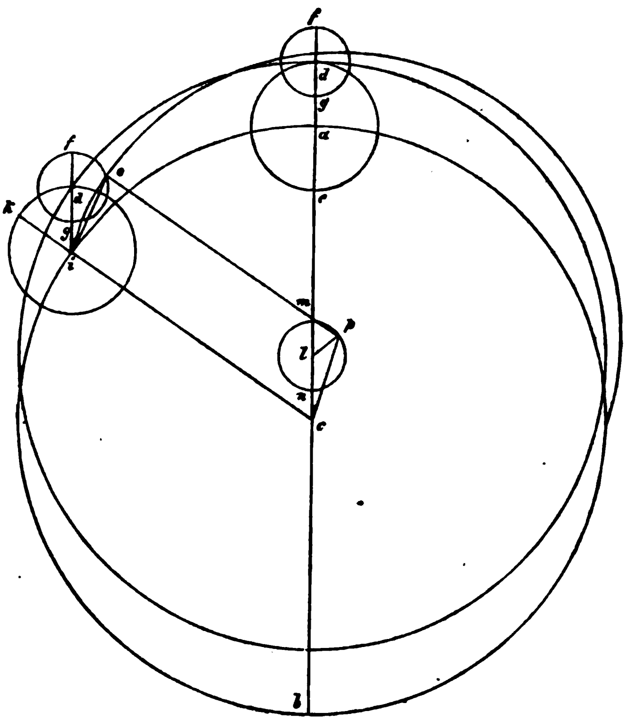
Ueber die zweite und doppelte Ungleichheit der Sonne, welche wegen der Veränderung der Absiden eintritt.

Eine grössere Schwierigkeit liegt in der Unbeständigkeit der Absiden der Sonne. Ptolemäus sah dieselben für feststehend an; Andere glaubten, dass ihre Veränderung aus der Bewegung der Fixsternsphäre folge, weshalb sie denn annahmen, dass auch die Fixsterne sich bewegten. Arzachel war der Meinung, dass auch diese Bewegung ungleichmässig sei, so dass sie auch rückläufig werden könne; indem er dies daraus schloss, dass Albategnius wie gesagt[205], das Apogeum um 7° 43′ der Sonnenwende vorausgehend gefunden hatte, dasselbe also vor ihm von Ptolemäus an, in 740 Jahren ungefähr 17°[206]) vorgerückt war; nach Jenem im Verlaufe von 200 weniger 7 Jahren ungefähr $4\frac{1}{2}$° zurückgegangen zu sein schien. Und deshalb meinte er, es gäbe noch eine andere, in einem kleinen Kreise verlaufende Bewegung des Mittelpunkts der Jahresbahn, wodurch das Apogeum vor- und zurückrücke, und zugleich die Abstände des Mittelpunktes jener Bahn vom Weltmittelpunkte sich veränderten. In der That schön erfunden, aber deswegen nicht annehmbar, weil es im Vergleich zum Ganzen mit dem Uebrigen nicht in Zusammenhang gebracht werden kann. Wenn nämlich der Verlauf dieser Bewegung der Reihe nach betrachtet wird, dass sie eine Zeit lang vor Ptolemäus still gestanden hat, dann in 740 Jahren ungefähr 17° vorgerückt und darauf in 200 Jahren 4 oder 5° zurückgegangen, in der übrigen Zeit bis auf uns aber vorgerückt ist, während in der ganzen Zeit kein Zurückrücken weiter, noch weitere Stillstände bemerkt sind, welche letzteren doch nothwendig bei entgegengesetzten Bewegungen vorkommen müssen: — so kann dies auf keine Weise aus einer regelmässigen und kreisförmigen Bewegung abgeleitet werden. Deshalb wird von Vielen vermuthet, dass bei jenen Beobachtungen der Absiden irgend ein Irrthum stattgefunden habe. Beide Mathematiker sind an Eifer und Sorgfalt gleich, so dass es zweifelhaft ist, wem wir lieber folgen sollen. Ich bekenne, dass nirgend eine grössere Schwierigkeit liegt, als beim Beobachten des Apogeums der Sonne, bei welchem aus den kleinsten und kaum wahrnehmbaren Grössen, grosse Grössen berechnet werden müssen. Da in der Gegend des Perigeums und des Apogeums ein ganzer Grad in der Prosthaphärese nur eine Aenderung von 2 Minuten hervorbringt; in der Gegend der mittleren Entfernungen aber auf eine Minute, 5 bis 6 Grade kommen: so kann sich ein kleiner Fehler in's Ungeheure steigern. Deshalb haben wir, als wir das Apogeum zu $6\frac{2}{3}$° des

Kreises bestimmten, uns nur dann damit begnügt, uns auf das Horoscop zu verlassen, wenn auch noch die Sonnen- und Mondfinsternisse uns eine Bestätigung gewährten. Weil, wenn in jenem ein Fehler versteckt lag, diese denselben ohne Zweifel offenbaren mussten. Aus dem Zusammenfassen der Bewegung im Ganzen, können wir als das Wahrscheinlichste nur erkennen, dass sie rechtläufig sei, und zwar ungleichmässig. Mit Ausnahme des Fehlers, welcher, wie man annehmen muss, zwischen Albategnius und Arzachel stattgefunden hat, ist, da alles Uebrige damit in Uebereinstimmung ist, nach jenem Stillstande von Hipparch bis Ptolemäus, das Apogeum bis heute im ununterbrochenen, regelmässigen und beschleunigten Vorschreiten begriffen gewesen. Da nämlich auch die Prosthaphärese der Sonne ebenfalls noch nicht aufgehört hat, abzunehmen, so scheint es, dass beide Ungleichmässigkeiten jener ersten einfachen Anomalie der Schiefe der Ekliptik wenigstens ähnlich seien. Damit dies klarer werde, sei *ab* ein Kreis in der Ebene der Ekliptik, um den Mittelpunkt *c*, der Durchmesser sei *acb*, in demselben stehe die Sonnenkugel in *d*, als im Mittelpunkte der Welt, und um den Mittelpunkt *c* werde ein anderer ganz kleiner Kreis *ef* beschrieben, der die Sonne nicht einschliesst; in diesem kleinen Kreise möge der Mittelpunkt des jährlichen Umlaufs des Mittelpunkts der Erde, als im langsamen Fortschreiten begriffen, gedacht werden.



Wenn sich nun der kleine Kreis *ef* zugleich mit der Linie *ad* rechtläufig, der Mittelpunkt des jährlichen Umlaufs aber, in der Peripherie des kleinen Kreises *ef* rückläufig; und zwar beide sehr langsam bewegen: so befindet sich irgend einmal der Mittelpunkt der Jahresbahn in der grössten Entfernung *de*, einmal in der kleinsten *df*, und zwar dort in der langsameren, hier in der geschwinderen Bewegung; und in den dazwischen liegenden Bogen des kleinen Kreises bewirkt das Wachsen und Abnehmen, dass jene Entfernung der Mittelpunkte mit der Zeit abwechselnd bald der grössten Abside vorausgeht, bald ihr folgt, oder das Apogeum, welches in der Linie *acd*, ungefähr in der Mitte liegt, erreicht. Wie z. B. wenn man, den Bogen *eg* annehmend, *g* zum Mittelpunkte macht, und um denselben einen, dem Kreise *ab* gleichen Kreis beschreibt: sich die grösste Abside alsdann in der Linie *dgk* findet, und der Abstand *dg* kleiner ist, als *de*, nach dem 8ten Satze des 3ten Buches Euklid's. So nämlich wird dies durch den excentrischen Kreis eines excentrischen Kreises erklärt, durch den Epicykel eines Epicykels aber folgendermaassen, *ab* sei ein Kreis um den Mittelpunkt *c* der Welt und der Sonne, *acb* sein Durchmesser, in welchem die grösste Abside liegt. Man beschreibe um den Mittelpunkt *a* den Epicykel *de* und wieder um den Mittelpunkt *d* den Epicykel *fg*; in diesem soll sich die Erde bewegen, und alle Kreise sollen in der Ebene der Ekliptik liegen. Die Bewegung des ersten Epicykels sei rechtläufig und ungefähr von Jahresdauer,



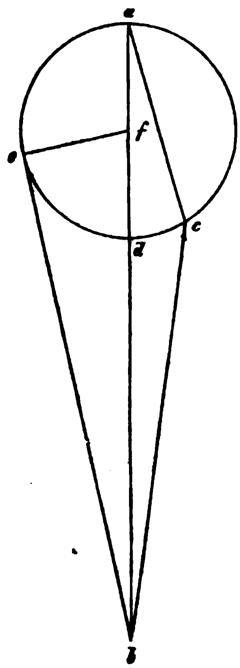
die des zweiten oder von *d* sei ebenso eine jährliche, aber rückläufig, die Umläufe beider sollen auf der Linie *ac* zusammenfallen. Die Bewegung des Mittelpunkts der Erde, von *f* aus rückläufig, vermehre auf einige Zeit diejenige von *d*. Hieraus ist nun offenbar, dass die Erde, wenn sie in *f* ist, das grösste Apogeum der Sonne hervorbringt, in *g* das kleinste; in den dazwischen liegenden Bogen des Epicykels bewirkt sie, dass das Apogeum mehr oder weniger beschleunigt oder verzögert vorschreitet oder nachfolgt, und dass die ungleichmässige Bewegung so zur Erscheinung kommt, wie früher über den Epicykel und den excentrischen Kreis nachgewiesen ist. Man nehme den Bogen *ai*, construire um *i*, als Mittelpunkt, einen Epicykel und verlängere die Verbindungslinie *ci* gradlinig *cik:* so ist Winkel *kid* gleich dem Winkel *aci*, wegen des gleichen Umlaufs. Wie wir früher nachgewiesen haben, beschreibt nun der Punkt *d* einen dem Hauptkreise *ab* gleichen excentrischen Kreis um den Mittelpunkt *l*, wobei der Abstand *cl* gleich *di* ist; und *f* ebenfalls seinen excentrischen Kreis, mit dem Abstande *clm* gleich *idf*, und *g* in ähnlicher Weise mit dem Abstande *ig* gleich *cn*. Wenn inzwischen der Mittelpunkt der Erde schon irgendwie einen Bogen *fo* des zweiten also seines eigenen Epicykels zurückgelegt hätte: so würde *o* nicht mehr den excentrischen Kreis beschreiben, dessen Mittelpunkt in der Linie *ac*, sondern einen solchen, dessen Mittelpunkt in der mit *do* parallelen Linie *lp* liegt, weil, wenn *oi* und *cp* gezogen werden, diese einander gleich aber kleiner sind, als *if* und *cm*, und der Winkel *dio* gleich dem Winkel *lcp* ist, nach dem 8ten Satze des ersten Buches Euklid's; und um so viel scheint das Apogeum der Sonne in der Linie *cp* dem in *a* vorauszugehen. Hieraus ergiebt sich, dass dasselbe auch aus einem excentrischen Epicykel sich ableiten lässt. Es bewege sich nämlich der Mittelpunkt der Erde nur in dem vorhin angenommenen excentrischen Kreise, welchen der Epicykel *d* um den Mittelpunkt *l* beschreibt, und zwar unter der vorhin gemachten Voraussetzung um den Bogen *fo*, d. h.

etwas schneller als der jährliche Umlauf. Man construire einen andern excentrischen Kreis um den Mittelpunkt *p* und es wird sofort dasselbe eintreten. Da nun so viele Wege zu demselben Resultate führen: so ist nicht leicht zu entscheiden, welcher wirklich stattfindet, ausser wenn eine fortwährende Uebereinstimmung der Resultate mit den Erscheinungen zwingt, einen davon anzunehmen.

Capitel 21.

Wie gross die zweite Ungleichheit der Ungleichmässigkeit der Sonne sei.

Da, wie schon bemerkt worden ist, diese zweite Ungleichmässigkeit sich nach jener ersten und einfachen Anomalie der Schiefe der Ekliptik richtet, oder ihr ähnlich ist: so werden wir ihre einzelnen Ungleichheiten berechnen können, so weit kein Fehler der früheren Beobachtungen hinderlich ist. Wir erhalten nämlich die einfache Anomalie im Jahre Chrisfi 1515 nach der Berechnung ungefähr zu 165° 39′[207]) und ihren Anfang durch Zurückrechnen ungefähr 64 Jahre vor Christi Geburt[208]), von welcher Zeit bis auf uns 1580 Jahre sich ergeben. Für jenen Anfang haben wir die grösste Excentricität zu 414[209]) gefunden, wenn der Halbmesser 10000 ist; unsere Excentricität ist, wie gezeigt[209]), 323. Es sei *ab* eine grade Linie, in welcher *b* die Sonne und den Mittelpunkt der Welt bedeutet. Die grösste Excentricität sei *ab*, die kleinste *bd*. Auf dem kleinen Kreise, dessen Durchmesser *ad* sei, werde der Bogen *ac* entsprechend der ersten einfachen Anomalie, welche 165° 39′ war, abgetragen. Da nun *ab* gleich 414 gegeben ist, welche sich für den Anfang der einfachen Anomalie, d. h. für *a*, ergeben hat, jetzt aber *bc* gleich 323 ist: so haben wir ein Dreieck *abc*, dessen Seiten *ab* und *bc*, und dessen Winkel *cad*, durch den Bogen *cd*, der als Rest vom Halbkreise gleich 14° 21′ ist, gegeben sind. Daraus ergiebt sich also nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke die Seite *ac* und der Winkel *abc*, als die Differenz zwischen der mittleren und der ungleichmässigen Bewegung des Apogeums. Durch *ac*, die Sehne eines gegebenen Bogens, ist auch der Durchmesser *ad* des Kreises *acd* gegeben. Aus dem Winkel *cad*, gleich 24° 21′, erhalten wir *cb* gleich 2496, wenn der Halbmesser des das Dreieck umschreibenden Kreises 100000 ist; und nach dem Verhältnisse von *bc* zu *ab* ergiebt sich *ab* selbst als 3225, und der zu dieser Sehne zugehörige Winkel *acb* gleich 341° 26′, und daraus auch der Rest, wenn 360° zwei Rechte sind, *cbd* zu 4° 13′[210]), und die dazu gehörige Sehne *ac*



gleich 735. Da nun *ab* gleich 414 gefunden ist, so ist *ac* ungefähr 95, und diese verhält sich dem gemäss, dass sie eine Sehne zu einem gegebenen Bogen ist, zu *ad*, wie zum Durchmesser. Es ergiebt sich also *ad* gleich 96, wenn *adb* 414 ist, und der Rest *db* ist 318 als die kleinste Excentricität. Der Winkel *cbd* ist aber gleich 4° 13′[210]) als Peripheriewinkel gefunden, als Centriwinkel ist er aber 2° 6½′, und dies ist die von der gleichmässigen Bewegung der Linie *ab* um den Mittelpunkt *b* abzuziehende Prosthaphärese. Es werde nun die den Kreis im Punkte *e* berührende grade Linie *be* gezogen, und *e* mit dem Mittelpunkte *f* verbunden. Da nun in dem rechtwinkligen Dreiecke *bef* die Seite *ef* gleich 48 und *bdf* gleich 366[211]) gegeben ist: so ist, wenn *fdb* als Radius gleich 10000 genommen wird, *ef* gleich 1300, und da dies die Hälfte der Sehne des doppelten Winkels *ebf* ist, so enthält derselbe 7° 28′, wenn 360° vier Rechte ausmachen, und dieser Winkel ist die grösste Prosthaphärese zwischen der gleichmässigen Bewegung *f* und der erscheinenden *e*. Hiernach kann man auch die übrigen, einzelnen Ungleichheiten berechnen. So, wenn wir den Winkel *afe* zu 6° nehmen: haben wir ein Dreieck mit den gegebenen Seiten *ef* und *fb* und dem Winkel *efb*, woraus sich die Prosthaphärese *ebf* zu 41′ ergiebt. Wenn dagegen der Winkel *afe* 12° wäre, so hätten wir die Prosthaphärese gleich 1° 23′, wenn 18° so 2° 4′[212]) und so weiter in derselben Weise, wie das früher von den jährlichen Prosthaphäresen gesagt ist.

Capitel 22.

Wie die gleichmässige Bewegung des Sonnen-Apogeums zugleich mit der ungleichmässigen gefunden wird.

Da nun die Zeit, in welcher die grösste Excentricität stattfand, mit dem Anfange der ersten und einfachen Anomalie zusammenfiel, nämlich im 3ten Jahre der 178sten Olympiade[213]) im 259sten ägyptischen Jahre nach Alexanders des Grossen Tode[214]); und weil der wahre und zugleich der mittlere Ort des Apogeums in 5½° der Zwillinge lag, d. h. 65½° vom Frühlingsnachtgleichenpunkte entfernt war[215]); da ferner die wahre Präcession dieser Nachtgleiche damals ebenfalls mit der mittleren übereinstimmte und also 4° 38½′[216]) betrug: so erhält man, wenn man diese von jenen 65½° abzieht, für den Ort des Apogeums vom Kopfe des Widders an der Fixsternsphäre 60° 52′[217]). Ferner ist im 2ten Jahre der 573sten Olympiade[218]), oder im Jahre Christi 1515 der Ort des Apogeums zu 6⅔° des Krebses gefunden[219]). Da aber die Präcession der Frühlingsnachtgleiche nach der Berechnung[220]) 27¼° war: so bleiben, wenn man dies von 96⅔°[221]) abzieht, 69° 25′. Es ist aber gezeigt[222]), dass bei der damals stattfindenden Anomalie von 165° 39′ die Prosthaphärese, um welche der wahre Ort vor dem mittleren voraus war 2° 7′ betrug. Also ergiebt sich der mittlere Ort des Sonnen-Apogeums zu 71° 32′. Es betrug also in 1580 mittleren ägyptischen

Jahren. die mittlere gleichmässige Bewegung des Apogeums 10° 41′[223]). Wenn wir dies mit der Anzahl der Jahre dividiren: so erhalten wir den jährlichen Antheil zu 24″ 20‴ 14⁗[224]).

Capitel 23.

Von der Verbesserung der Anomalie der Sonne und von ihren Oertern.

Wenn man dies von der einfachen jährlichen Bewegung abzieht, welche 359° 44′ 49″ 7‴ 4⁗[225]) betrug: so bleibt die jährliche Anomalie gleich 359° 44′ 24″ 46‴ 50⁗. Dies wieder durch 365 dividirt giebt den täglichen Antheil zu 59′ 8″ 7‴ 22⁗. Uebereinstimmend mit dem, was in den Tafeln[225]) früher entwickelt ist. Hieraus erhalten wir auch die Oerter der festgesetzten Anfangspunkte; indem wir von der ersten Olympiade anfangen. Es ist gezeigt[226]), dass am 14. September des zweiten Jahres der 573sten Olympiade[227]), eine halbe Stunde nach dem Aufgange der Sonne, das mittlere Apogeum der Sonne 71° 32′ war, woraus sich der mittlere Abstand der Sonne zu 83° 3′[228]) ergiebt. Es sind aber vom Anfange der Olympiaden 2290 ägyptische Jahre 281 Tage 46′[229]), und in dieser Zeit beträgt die Bewegung der Anomalie mit Hinweglassung der ganzen Kreise, 42° 49′. Zieht man diese von den 83° 3′ ab: so bleiben 40° 14′ als Ort der Anomalie für den Anfang der Olympiaden[230]), und in derselben Weise wie oben, als Ort der Jahre Alexanders 166° 38′[231]), Cäsar's 211° 11′ und Christi 211° 18′.

Capitel 24.

Tafel der Unterschiede zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung.

Damit aber dasjenige, was über die Unterschiede der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung der Sonne abgeleitet ist, für die Anwendung bequemer werde, wollen wir auch für diese eine Tafel von 60 Zeilen und 6 Rubriken aufstellen. Die beiden ersten Rubriken enthalten die Zahlen beider Halbkreise, nämlich aufsteigend und absteigend, von drei zu drei Graden, neben einander geschrieben, wie wir das früher bei der Bewegung der Nachtgleichen gethan haben. In der dritten Rubrik sind die Grade und Minuten der Unterschiede der Bewegung des Sonnen-Apogeums oder der Anomalie verzeichnet, wie sie jeden drei Graden entsprechen, und diese Unterschiede steigen bis zur Höhe von $7\frac{1}{2}$°. Die vierte Rubrik ist den Proportionalminuten zugetheilt, welche bis sechzig steigen, und nach dem Ueberschusse der grösseren Prosthaphäresen der jährlichen Anomalie abgeschätzt werden. Da nämlich der grösste Ueberschuss derselben 32′ beträgt, so giebt der 60ste Theil 32″. Nach der Grösse dieses Ueberschusses (welchen wir nach der früher mitgetheilten Methode aus der Excentricität berechnet haben) setzen wir die Anzahl der Sechzigstel neben die einzelnen

Zahlen der je 3 Grade. In der fünften Rubrik stehen die einzelnen jährlichen Prosthaphäresen oder ersten Differenzen, nach dem kleinsten Abstande der Sonne vom Mittelpunkte. In der sechsten und letzten Rubrik finden sich die Ueberschüsse derselben, welche bei der grössten Excentricität entstehen. Hier folgt die Tafel:

TAFEL DER PROSTHAPHÄRESEN DER SONNE.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des Mittelpunktes		Proportional-Minuten	Prosthaphärese der Bahn		Ueberschuss	Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des Mittelpunktes		Proportional-Minuten	Prosthaphärese der Bahn		Ueberschuss
Grad	Grad	Grad	Min.		Grad	Min.	Min	Grad	Grad	Grad	Min.		Grad	Min.	Min.
3	357	0	21	60	0	6	1	93	267	7	24	30	1	50	32
6	354	0	41	60	0	11	3	96	264	7	24	29	1	50	33
9	351	1	2	60	0	17	4	99	261	7	24	27	1	50	32
12	348	1	23	60	0	22	6	102	258	7	23	26	1	49	32
15	345	1	44	60	0	27	7	105	255	7	21	24	1	48	31
18	342	2	3	59	0	33	9	108	252	7	18	23	1	47	31
21	339	2	24	59	0	38	11	111	249	7	13	21	1	45	31
24	336	2	44	59	0	43	13	114	246	7	6	20	1	43	30
27	333	3	4	58	0	48	14	117	243	6	58	18	1	40	30
30	330	3	23	57	0	53	16	120	240	6	49	16	1	38	29
33	327	3	41	57	0	58	17	123	237	6	37	15	1	35	28
36	324	4	0	56	1	3	18	126	234	6	25	14	1	32	27
39	321	4	18	55	1	7	20	129	231	6	14	12	1	29	25
42	318	4	35	54	1	12	21	132	228	6	50	11	1	25	24
45	315	4	51	53	1	16	22	135	225	5	44	10	1	21	23
48	312	5	6	51	1	20	23	138	222	5	28	9	1	17	22
51	309	5	20	50	1	24	24	141	219	5	19	7	1	12	21
54	306	5	34	49	1	28	25	144	216	4	51	6	1	7	20
57	303	5	47	47	1	31	27	147	213	4	30	5	1	3	18
60	300	6	3	46	1	34	28	150	210	4	9	4	0	58	17
63	297	6	12	44	1	37	29	153	207	3	46	3	0	53	14
66	294	6	27	42	1	39	29	156	204	3	23	3	0	47	13
69	291	6	33	41	1	42	30	159	201	3	1	2	0	42	12
72	288	6	42	40	1	44	30	162	198	2	37	1	0	36	10
75	285	6	51	39	1	46	30	165	195	2	12	1	0	30	9
78	282	6	58	38	1	48	31	168	192	1	47	1	0	24	7
81	279	7	5	36	1	49	31	171	189	1	21	0	0	18	5
84	276	7	11	35	1	49	31	174	186	0	54	0	0	12	4
87	273	7	16	33	1	50	31	177	183	0	27	0	0	6	2
90	270	7	21	32	1	51	32	180	180	0	0	0	0	0	0

Capitel 25.

Ueber die Berechnung der erscheinenden Bewegung der Sonne.

Hieraus, glaube ich, ist es nun hinreichend deutlich, auf welche Weise der erscheinende Ort der Sonne für jede beliebige gegebene Zeit berechnet wird. Man muss nämlich für diese Zeit den wahren Ort der Frühlingsnachtgleiche, oder dessen Vorrücken nebst seiner ersten einfachen Anomalie suchen, wie wir das früher[232]) auseinandergesetzt haben; demnächst die einfache mittlere Bewegung des Mittelpunkts der Erde, welche man, wenn man will, auch die Bewegung der Sonne nennen kann; und die jährliche Anomalie aus den Tafeln der gleichmässigen Bewegungen, welche dann zu ihren festgestellten Anfangspunkten addirt werden. Mit der ersten einfachen Anomalie, nachdem man ihre Zahl, oder deren nächstliegende in der ersten oder zweiten Rubrik der vorstehenden Tafel aufgesucht hat, findet man die ihr entsprechende Prosthaphärese der jährlichen Anomalie in der dritten Rubrik, und notirt sich die folgenden Proportional-Minuten Diese Prosthaphärese wird, wenn die erste Anomalie kleiner als der Halbkreis ist, oder ihre Zahl sich in der ersten Rubrik findet, zur jährlichen Anomalie addirt, sonst von derselben abgezogen. Diese Summe oder Differenz ist die ausgeglichene Anomalie der Sonne, durch welche man wiederum die Prosthaphärese der Jahresbahn in der fünften Rubrik, nebst dem folgenden Ueberschusse findet. Wenn dieser Ueberschuss durch die vorhin notirten Proportional-Minuten dividirt, einen merklichen Quotienten giebt: so wird dieser Quotient zur letzten Prosthaphärese addirt; hierdurch wird diese Prosthaphärese corrigirt, und diese wird dann vom mittleren Orte der Sonne abgezogen, wenn die Zahl der jährlichen Anomalie in der ersten Rubrik sich findet, oder kleiner als der Halbkreis ist; dagegen zu demselben addirt, wenn Letztere grösser ist oder in der zweiten Rubrik steht. Die auf diese Weise erhaltene Differenz oder Summe, bestimmt den wahren Ort der Sonne vom ersten Stern des Widders gerechnet. Wenn endlich zu diesem die wahre Präcession der Frühlingsnachtgleiche hinzugefügt wird: so erhält man sofort den Ort von diesem Nachtgleichenpunkte in einem der zwölf Zeichen und in Graden der Zeichen des Kreises. Will man anders verfahren: so nimmt man anstatt der einfachen Bewegung die gleichmässige zusammengesetzte, und macht das Uebrige wie angegeben ist, ausser dass man anstatt der Präcession der Nachtgleichen, nur ihre Prosthaphärese addirt oder subtrahirt, je nachdem es die Umstände erfordern. So stellt sich die Berechnung des erscheinenden Orts der Sonne aus der Bewegung der Erde, übereinstimmend mit den alten und neueren Beobachtungen; um so mehr ist anzunehmen, dass man denselben dadurch für die Zukunft vorausberechnen kann. Aber auch das wollen wir nicht unerwähnt lassen, dass wenn Jemand meinen sollte, der Mittelpunkt des jährlichen Umlaufs stehe als Mittelpunkt der Welt fest, die Sonne aber sei beweglich und zwar folge sie zweien Bewegungen, welche ähnlich und gleich wären denen, welche wir von dem Mittelpunkte des excentrischen Kreises nachgewiesen haben, — dass dann allerdings Alles dieselben Zahlen und dieselbe Rechnung, wie vorher sich ergeben würde, während nichts weiter darin verändert würde, als die Stellung selbst; nämlich in Bezug auf die Sonne. Die Bewegung des Mittelpunkts der Erde fände dann abgetrennt für sich, und einfach um den Mittelpunkt der Welt statt, während die übrigen beiden Bewegungen auf die Sonne übertragen wären. Es bleibt deshalb noch ein Zweifel über den Mittelpunkt der Welt, weswegen wir uns darüber von Anfang an schwankend ausgedrückt haben, ob er nämlich in oder ausserhalb der Sonne liege. Ueber diese Frage werden wir bei der Entwickelung über die fünf Planeten, welche wir nach unsern Kräften ebenfalls durchführen wollen, noch mehr sagen, während wir es für genügend erachten, sichere und untrügliche Zahlen über den erscheinenden Ort der Sonne erlangt zu haben[233].

Capitel 26.

Ueber das Nychthemeron, d. h. über die Ungleichmässigkeit des natürlichen Tages.

Es bleibt in Bezug auf die Sonne noch übrig, Einiges über die Ungleichmässigkeit des natürlichen Tages zu sagen, unter welcher Zeit man die Dauer von 24 gleichen Stunden versteht, und die wir bisher als das gemeinsame und zuverlässige Maass der Himmelsbewegungen angewendet haben. Einen solchen Tag bestimmen Einige als die Zeit, welche zwischen zweien Aufgängen der Sonne liegt, wie die Chaldäer und das jüdische Alterthum, Andere als die Zeit zwischen zweien Untergängen, wie die Athenienser, Andere als die Zeit von Mitternacht zu Mitternacht, wie die Römer, Andere als die Zeit von Mittag zu Mittag, wie die Aegypter. Es ist aber klar, dass in dieser Zeit die eigentliche Umdrehung der Erdkugel vollendet wird, einschliesslich dessen, was inzwischen durch die jährliche Bewegung in Bezug auf die scheinbare Bewegung der Sonne hinzukommt. Dass aber dieser Zuwachs ungleichmässig ist, beweist hauptsächlich der ungleichmässige scheinbare Lauf der Sonne, und ausserdem der Umstand, dass jener natürliche Tag von der Umdrehung um die Pole des Aequators abhängt, die jährliche Bewegung aber in der Ekliptik vor sich geht. Deshalb kann diese erscheinende Zeit kein gemeinsames und zuverlässiges Maass der Bewegung sein da weder die Tage, noch ihre Theile unverändert sich gleich bleiben; und darum war es zweckmässig einen mittleren gleichmässigen Tag aus jenem abzuleiten, durch welchen ohne Zweifel die Gleichmässigkeit der Bewegung gemessen werden kann. Da nun in dem Laufe eines ganzen Jahres 365 Umwälzungen um die Pole der Erde stattfinden, und zu diesen durch den täglichen Zuwachs wegen des scheinbaren Fortrückens der Sonne, fast eine ganze überzählige Umwälzung hinzukommt: so folgt, dass der 365ste Theil derselben Dasjenige sei, was den natürlichen Tag ausmacht. Deshalb haben wir den gleichmässigen Tag von dem ungleichmässigen erscheinenden zu trennen und zu unterscheiden. Wir nennen also denjenigen Tag den gleichmässigen, welcher eine ganze Umdrehung des Aequators enthält, und ausserdem noch so viel, als die Sonne während derselben Zeit in gleichmässiger Bewegung zu durchlaufen scheint. Den ungleichmässigen aber und den erscheinenden Tag nennen wir denjenigen, welcher eine ganze Umdrehung von 360 Zeitgraden des Aequators umfasst, und ausserdem dasjenige, was durch das scheinbare Fortschreiten der Sonne im Horizonte oder Meridiane noch hinzukommt. Der Unterschied dieser Tage, obgleich gering, wird zwar nicht sofort bemerkt, wächst aber durch seine Vermehrung während einiger Tage zur Merklichkeit. Es giebt zwei Ursachen dieses Unterschiedes: theils die Ungleichmässigkeit der scheinbaren Bewegung der Sonne, theils auch die ungleiche Aufsteigung der Schiefe der Ekliptik. Ueber die Erste, welche wegen der ungleichmässigen scheinbaren Bewegung der Sonne stattfindet, hat sich schon ergeben, dass in dem einen Halbkreise, in welchem die grösste Abside liegt, an den Graden der Ekliptik nach Ptolemäus $4\frac{3}{4}^{0}$ fehlten, und im andern Halbkreise, in welchem die kleinste Abside liegt, ebenso viel zu viel war.[234]) Deshalb betrug der ganze Ueberschuss des einen Halbkreises über den andern $9\frac{1}{2}^{0}$. Bei der andern Ursache aber, welche von dem Auf- und Untergange abhängt, tritt der grösste Unterschied zwischen den Halbkreisen der beiden Sonnenwenden ein, und dieser Unterschied herrscht auch zwischen dem kürzesten und längsten Tage, ist sehr verschieden, und jeder einzelnen Gegend eigenthümlich. Der Unterschied aber, welcher vom Mittage oder von der Mitternacht abhängt, wird immer durch vier Grenzen bestimmt. Nämlich zwischen dem 16ten Grade des Stiers und dem 14ten Grade des Löwen liegen 88° und diese gehen durch den Meridian, während ungefähr 93° des Aequators passiren; und zwischen dem 14ten Grade des Löwen und dem 16ten Grade des Skorpions liegen 92°, und diese gehen durch den Meridian, während 87° des Aequators[235]) passiren, so dass hier 5° des Aequators fehlen, dort ebensoviel zu viel sind. Die im ersten Abschnitte enthaltenen Tage übertreffen diejenigen des zweiten Abschnittes um 10° des Aequators, das macht $\frac{2}{3}$ Stunden. Und das trifft in dem andern Halbkreise in den Gegenden zwischen den jenen diametral entgegengesetzten Grenzen ebenso zu. Es hat aber den Mathematikern gefallen, den Anfang des natürlichen Tages nicht vom Auf- oder Untergang, sondern vom Mittag oder der Mitternacht zu nehmen, weil der vom Horizonte herrührende Unterschied grösser ist, sogar einige Stunden beträgt und ausserdem nicht überall derselbe ist, sondern nach der Schiefe des Horizontes vielfältig sich ändert. Der sich auf den Meridian beziehende Unterschied ist aber überall derselbe, und einfacher. Der ganze Unterschied, welcher aus beiden schon angegebenen Ursachen, sowohl von dem ungleichmässigen scheinbaren Fortschreiten der Sonne, als auch von dem ungleichen Durchgange durch den Meridian, herrührt, betrug vor Ptolemäus[236]), wo er von der Mitte des Wassermannes anfing abzunehmen, und vom Anfange des

Skorpions wuchs, $8^1/_3$ Zeitgrade des Aequators. Und dieser Unterschied hat sich jetzt durch das Abnehmen von dem 20sten Grade des Wassermannes bis zum 10ten Grade des Skorpions, und durch das Wachsen vom 10ten Grade des Skorpions bis zum 20sten Grade des Wassermannes auf 7° 48′ Aequator-Theile verringert. Es verändert sich nämlich selbst dieser Unterschied mit der Zeit, wegen der Unbeständigkeit des Perigeums und der Excentricität. Wenn man endlich hiermit auch noch den grössten Unterschied in dem Vorrücken der Nachtgleichen vereinigt, so kann in einer gewissen Anzahl von Jahren der ganze Unterschied der natürlichen Tage über 10 Zeitgrade betragen. Und hierin lag bis jetzt die dritte Ursache der Ungleichheit der Tage verborgen, weil die Umwälzung des Aequators in Bezug auf die mittlere gleichmässige Nachtgleiche als gleichmässig befunden wird, nicht aber in Bezug auf die erscheinenden Nachtgleichen, welche, wie hinreichend klar geworden ist, ganz und gar nicht gleichmässig sind. Zehn Zeitgrade verdoppelt geben $1^1/_3$ Stunden, und um diese können einstmals die längsten Tage die kürzesten übertreffen. Dies hätte gegen das jährliche Fortrücken der Sonne und gegen die langsamere Bewegung der übrigen Planeten ohne merklichen Fehler vielleicht vernachlässigt werden können: aber wegen der Geschwindigkeit des Mondes, wegen deren ein Fehler von fünf sechstel Graden begangen werden könnte, ist es durchaus nicht zu vernachlässigen. Die Methode, die gleichmässige Zeit aus der ungleichmässigen erscheinenden abzuleiten, so dass alle Ungleichheiten berücksichtigt werden, ist folgende. Wenn irgend eine Zeit gegeben ist, so muss für jeden der beiden Grenzpunkte dieser Zeit, nämlich für den Anfang und das Ende, der mittlere Ort der Sonne von der Frühlingsnachtgleiche aus ihrer mittleren gleichmässigen Bewegung, welche wir die zusammengesetzte genannt haben, gesucht werden; und auch der wahre erscheinende Ort von der wahren Nachtgleiche; ferner muss beachtet werden, wie viel Zeitgrade wegen der graden Aufsteigung um Mittag oder Mitternacht passirt sind, und wie viel zwischen dem ersten und zweiten wahren Orte liegen. Wenn nämlich gleich viel Grade zwischen den beiden mittleren Oertern liegen, so ist die gegebene scheinbare Zeit gleich der mittleren. Wenn aber die Anzahl der Zeitgrade grösser ist, so addirt man den Ueberschuss zu der gegebenen Zeit; ist sie kleiner, so zieht man die Differenz von der scheinbaren Zeit ab. Wenn wir dies thun, so erhalten wir in der Summe oder Differenz die in gleichmässige verwandelte Zeit, wobei wir für jeden Zeitgrad $^4/_{60}$ einer Stunde oder $^{10}/_{60}$ eines sechzigstel Tages nehmen. Wenn aber eine mittlere Zeit gegeben wäre, und man wissen wollte, wie viel scheinbare Zeit derselben entspräche: so müsste man umgekehrt verfahren. Wir haben aber als mittleren Ort der Sonne vom mittleren Frühlingsnachtgleichenpunkte für die erste Olympiade um Mittag des ersten Tages des ersten atheniensischen Monats Hekatombäon 90° 59′ erhalten, und vom scheinbaren Nachtgleichenpunkte 0° 36′ des Krebses. Für die Jahre Christi aber ist die mittlere Bewegung der Sonne $8^{\circ}\ 2'$ des Steinbocks, die wahre Bewegung $8^{\circ}\ 48'$ des Steinbocks. Es passiren aber an der graden Kugel von $0^{\circ}\ 36'$ des Krebses bis $8^{\circ}\ 48'$ des Steinbocks $188^{\circ}\ 54'$ des Aequators. Diese übertreffen die Differenz der mittleren Oerter um $1^{\circ}\ 53'$ des Aequators. Dies beträgt $7\,{}^1/_2{}^{u}$[238]). Und so weiter, wodurch der Lauf des Mondes auf das Genaueste untersucht werden kann; hiervon soll in dem folgenden Buche gehandelt werden.

Nicolaus Copernicus' Kreisbewegungen.

Viertes Buch.

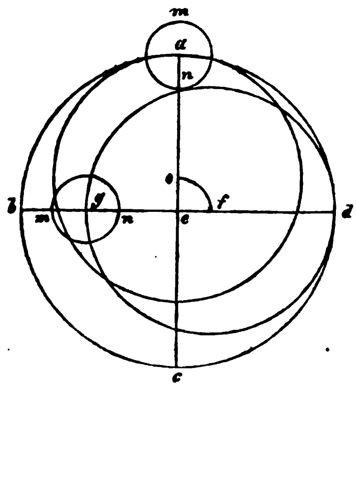
Nachdem wir in dem vorigen Buche, soviel unsere schwache Kraft vermochte, die Erscheinungen auseinander gesetzt haben, welche wegen der Bewegung der Erde um die Sonne stattfinden; und da es nun unsere Aufgabe ist, die Bewegungen aller Wandelsterne aus derselben Ursache herzuleiten: so mag jetzt der Lauf des Mondes zur Sprache kommen, und zwar deswegen, weil durch ihn, der am Tage und an der Nacht betheiligt ist, die Oerter der Sterne vorzüglich gemessen und untersucht werden; ferner weil von Allen er allein seine, freilich gleichfalls ungleichmässigen, Bewegungen im Ganzen auf den Mittelpunkt der Erde bezieht, und der Erde am verwandtesten ist, und daher an ihm, nichts von der Bewegung der Erde, ausser etwa der täglichen, bemerkt wird; so dass man aus diesem Grunde um so mehr geglaubt hat, die Erde sei der Mittelpunkt der Welt, und der gemeinsame Mittelpunkt aller Bewegungen. Wir werden zwar bei der Ableitung des Mondlaufes, insofern er um die Erde vor sich geht, von den Meinungen der Alten uns nicht entfernen, müssen aber noch einiges Andere anführen, was wir von den Alten nicht empfangen haben, was mehr im Einklange steht, und wodurch wir die Mondbewegung, so viel als möglich sicherer feststellen.

Capitel 1.

Die Hypothesen der Mondkreise nach der Ansicht der Alten.

Der Mondlauf hat das Eigenthümliche, dass er nicht den mittleren Kreis der Zeichen beschreibt, sondern einen eignen geneigten Kreis, welcher jenen in zwei gleiche Hälften theilt, und von jenem wiederum selbst geschnitten wird, wodurch er in beide Breiten übergeht. Dies verhält sich fast so, wie die Sonnenwenden bei der jährlichen Bewegung, so dass das, was für die Sonne das Jahr, für den Mond der Monat ist. Die mittleren Schnittpunkte der Ekliptik werden von Einigen Knoten genannt, und die Conjunctionen und Oppositionen von Sonne und Mond, wenn sie mit diesen zusammentreffen, heissen ekliptische; es sind beiden Kreisen keine andern

Punkte als diese gemeinsam, und in diesen können Sonnen- und Mond-Finsternisse eintreten. In den andern Punkten bewirkt die Abweichung des Mondes, dass sie sich gegenseitig nicht verfinstern, noch im Vorbeigehn sich verdecken. Diese schiefe Mondbahn bewegt sich mit ihren vier Hauptpunkten gleichmässig um den Mittelpunkt der Erde, täglich um ungefähr 3′, und vollendet in 19 Jahren ihren Umlauf. In dieser Bahn und in dieser Ebene sieht man den Mond sich immer rechtläufig bewegen, aber bald sehr langsam, bald sehr geschwind. Nämlich um so langsamer, je entfernter, und um so geschwinder, je näher er der Erde ist, was an ihm leichter, als an irgend einem andern Gestirne, eben wegen seiner Nähe, erkannt werden konnte. Man nahm daher an, dass dies durch einen Epicykel entstände, indem der Mond, beim Durchlaufen desselben, in dem obern Bogen in seiner gleichförmigen Bewegung verzögert, in dem untern aber beschleunigt würde. Dass nun dasjenige, was durch den Epicykel geschieht, auch durch einen excentrischen Kreis geschehen kann, ist nachgewiesen[238]); man zog den Epicykel deswegen vor, weil der Mond eine doppelte Ungleichmässigkeit zu haben schien. Wenn er nämlich in der grössten oder kleinsten Abside des Epicykels stand: so trat eine Abweichung von der gleichmässigen Bewegung gar nicht, an den Schnittpunkten des Epicykels dagegen nicht in gleicher Weise hervor, dieselbe war nämlich weit grösser bei den Vierteln des zunehmenden oder abnehmenden Mondes, als wenn er voll oder neu war, und dies in einer bestimmten und regelmässigen Aufeinanderfolge. Deshalb nahm man an, der Kreis, in welchem der Epicykel sich bewege, habe mit der Erde nicht denselben Mittelpunkt; sondern der Mond bewege sich in einem excentrischen Epicykel nach dem Gesetze, dass bei allen mittleren Oppositionen und Conjunctionen der Sonne und des Mondes der Epicykel im Apogeum des excentrischen Kreises, bei den dazwischenliegenden Quadraturen aber in dessen Perigeum stehe. Man stellte sich also vor, dass zwei einander entgegengesetzte und gleichmässige Bewegungen um den Mittelpunkt der Erde stattfänden, nämlich dass der Epicykel rechtläufig und der Mittelpunkt des excentrischen Kreises oder seine Absiden rückläufig sich bewegten, während die Linie des mittleren Ortes der Sonne immer zwischen beiden in der Mitte läge. Auf diese Weise durchliefe also der Epicykel den excentrischen Kreis in jedem Monate zweimal. Um dies dem Auge darzustellen, sei der schiefe Kreis *abcd* des Mondes mit dem Erdmittelpunkte homocentrisch und durch die Durchmesser *aec* und *bed* in vier Quadranten getheilt, *e* sei der Mittelpunkt der Erde. Es liege aber in der Linie *ac* die mittlere Conjunction der Sonne und des Mondes, und in demselben Orte und zu derselben Zeit das Apogeum des excentrischen Kreises, dessen Mittelpunkt *f* sei, und zugleich der

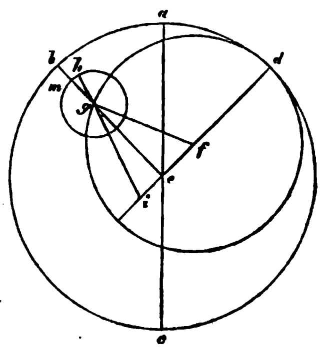


Mittelpunkt des Epicykels *mn*. Nun bewege sich das Apogeum des excentrischen Kreises rückläufig, der Epicykel aber rechtläufig, beide gleicherweise um *e* in gleichmässigen und monatlichen Umläufen in Bezug auf die mittleren Conjunctionen oder Oppositionen, und die Linie *aec* des mittleren Ortes der Sonne bleibe immer in der Mitte zwischen Beiden. Der Mond aber gehe wieder rückläufig von dem Apogeum des Epicykels. Wenn dies so festgesetzt wäre, meinen sie, stimme die Erscheinung damit überein. Wenn nämlich der Epicykel in einem halben Jahre zwar von der Sonne einen Halbkreis, vom Apogeum aber einen ganzen Umlauf vollendet: so folgt, dass in der Mitte dieser Zeit, d. h um die Zeit der Quadratur, beide in dem Durchmesser *bd* sich einander gegenüberstehen, und der Epicykel im excentrischen Kreise perigeisch wird, wie im Punkte *g*, wo er, der Erde näher gekommen, grössere Unterschiede der Ungleichmässigkeit hervorbringt. Denn wenn gleiche Grössen in ungleichen Entfernungen sich befinden, so erscheinen die dem Auge näheren, grösser. Sie waren also, als der Epicykel in *a* stand, am kleinsten, in *g* dagegen am grössten, weil das Verhältniss des Durchmessers des Epicykels *mn* zur Linie *ae* am kleinsten, zu *ge* am grössten von allen Uebrigen an andern Oertern ist, indem *ge* die kürzeste, *ae* gleich *de* die längste von allen Linien ist, welche vom Mittelpunkte der Erde nach dem excentrischen Kreise gezogen werden können.

Capitel 2.

Ueber die Schwäche dieser Annahmen.

Eine solche Zusammensetzung von Kreisen nehmen, als den Erscheinungen des Mondes entsprechend, die Alten wirklich an[230]. Aber wenn wir diesen Gegenstand sorgfältiger erwägen: so werden wir die Hypothese weder angemessen noch ausreichend finden, was wir durch Berechnung und Anschauung erweisen können. Während man nämlich anerkennt, dass die Bewegung des Mittelpunkts des Epicykels um den Mittelpunkt der Erde gleichmässig sei, muss man zugleich zugeben, dass dieselbe in dem Kreise, welchen sie wirklich beschreibt, ungleichmässig sei. Wenn man nämlich z. B. den Winkel *aeb* zu 45° oder zu einem halben Rechten, und *aed* dem gleich annimmt, so dass der ganze *bed* ein Rechter ist, den Mittelpunkt des Epicykels in *g* setzt, und *gf* zieht: so ist klar, dass der Aussenwinkel *gfd* grösser ist, als der innere gegenüberliegende *gef*. Deshalb werden die ungleichen Bogen *dab* und *dg* beide in derselben Zeit beschrieben; und da *dab* ein Quadrant ist, so wäre *dg*, welchen inzwischen der Mittelpunkt des Epicykels beschrieben hat, grösser als ein Quadrant. Es stand aber

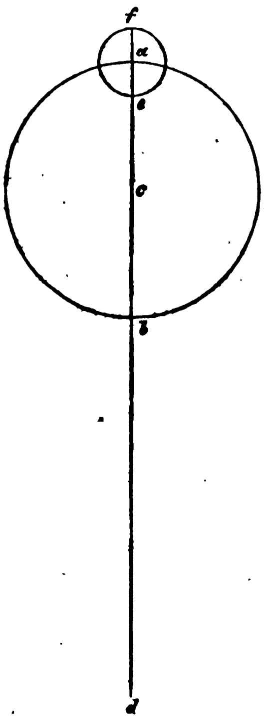


fest, dass bei der Quadratur des Mondes jeder von beiden Bogen, *dab* und *dg*, ein Halbkreis ist: folglich ist die Bewegung des Epicykels auf seinem excentrischen Kreise, welchen er beschreibt, ungleichmässig. Wenn dies aber so wäre, was sollten wir dann zu dem Grundsatze sagen, dass die Bewegung der himmlischen Körper gleichmässig ist, auch wenn sie ungleichmässig erscheint? Wenn nun die Bewegung des Epicykels gleichmässig erschiene, so müsste sie in der That ungleichmässig sein; es würde also das grade Gegentheil von dem zu Grunde gelegten und angenommenen Principe stattfinden. Wenn man aber einwenden wollte, dass sich der Mittelpunkt des Epicykels um den Mittelpunkt der Erde gleichmässig bewege, und dies hinreiche, um die Gleichmässigkeit zu wahren: so fragen wir, wie kommt jene Gleichmässigkeit in einen andern Kreis, da doch in diesem seine Bewegung nicht stattfindet, sondern in dem excentrischen? Ebenso setzt uns auch das mit Recht in Verwunderung, dass man die Gleichmässigkeit des Mondes selbst in dessen Epicykel, nicht in Beziehung auf den Mittelpunkt der Erde, also durch die Linie *egm*, auf welche doch die Gleichmässigkeit eigentlich bezogen werden müsste, indem dieselbe mit dem Mittelpunkte des Epicykels zusammenstimmt, erkannt wissen will; sondern in Bezug auf einen beliebigen andern Punkt, und dass man behauptet, zwischen diesem und dem Mittelpunkte des excentrischen Kreises stehe die Erde in der Mitte, und die Linie *igh* sei gleichsam ein Index der Gleichmässigkeit des Mondes im Epicykel, was ebenfalls in der That hinreicht, diese Bewegung als ungleichmässig zu erweisen. Die Erscheinungen, welche zum Theil aus dieser Hypothese folgen, nöthigen zu diesem Eingeständniss. Ebenso gut könnten wir auch untersuchen, wie die Beweisführung ausfallen würde, wenn wir, indem der Mond seinen Epicykel ungleichmässig durchliefe, die ungleichmässige Erscheinung aus der ungleichmässigen Bewegung erklären wollten. Was würden wir Anderes thun, als Denen eine Handhabe darbieten, welche unsere Wissenschaft herabsetzen? Ferner belehren uns die Erfahrung und selbst die Anschauung, dass die Parallaxen des Mondes, welche die Berechnung jener Kreise ergiebt, nicht damit im Einklange stehen. Es entstehen nämlich die Parallaxen, welche man Commutationen nennt, aus der im Vergleich zur Entfernung des Mondes sehr bemerkbaren Grösse der Erde. Wenn man nämlich von der Oberfläche und vom Mittelpunkte der Erde nach dem Monde grade Linien zieht, so werden dieselben nicht parallel erscheinen, sondern sich unter einem merklichen Winkel im Mondkörper schneiden. Dies muss nothwendig eine Verschiedenheit in der Erscheinung des Mondes bewirken, so dass derselbe denen, die ihn von der Oberfläche der Erde in schräger Richtung beobachten, an einer andern Stelle erscheint, als Denen, welche ihn vom Mittelpunkte aus, also in ihrem Scheitel erblicken. Diese Commutationen sind nach Verhältniss der Entfernung des Mondes von der Erde verschieden. Nach Uebereinstimmung aller Mathematiker ist die grösste Entfernung $64\frac{1}{6}$ Erdhalbmesser; nach dem Maasse Jener aber müsste die kleinste $33\frac{11}{20}$ betragen, so dass der Mond fast auf die halbe Entfernung sich uns näherte, und nach folgerichtigem Schlusse müssten sich die Parallaxen in der kleinsten und grössten Entfernung um ungefähr das Doppelte von einander unterscheiden. Wir sehen aber, dass die Parallaxen, welche den Quadraturen des zunehmenden und abnehmenden Mondes entsprechen, selbst im Perigeum des Epicykels, sich sehr wenig oder gar nicht unterscheiden, von denen, welche bei Sonnen- und Mond-Finsternissen eintreten, wie wir an seiner Stelle hinlänglich erweisen werden. Am meisten beweist den Irrthum der Körper des Mondes selbst, welcher aus gleichem Grunde, seinem Durchmesser nach doppelt so gross oder doppelt so klein gesehen werden müsste. Da sich aber die Kreise wie die Quadrate ihrer Durchmesser verhalten, so müsste der Mond, wenn er in den Quadraturen der Erde am nächsten stände, viermal so gross erscheinen, als wenn er in seiner Opposition mit der Sonne voll wäre; und wenn er mit seiner Hälfte schiene, müsste er nichts desto weniger zweimal so hell scheinen, als wenn er voll wäre. Wenn Jemand, obgleich das Gegentheil hiervon für sich klar ist, dennoch mit dem blossen Augenscheine sich nicht begnügen, sondern dies durch das Hipparchische Diopter, oder durch andere Instrumente, mittelst welcher der Durchmesser des Mondes gemessen wird, untersuchen wollte, der würde finden, dass sich derselbe nur um so viel unterscheidet, als es der Epicykel, ohne jenen excentrischen Kreis verlangt. Deshalb nahmen Menelaus und Timochares bei ihren Untersuchungen der Fixsterne durch den Ort des Mondes keinen Anstand, immer denselben Durchmesser des Mondes anzuwenden, nämlich die Hälfte eines Grades, indem der Mond meist so viel einzunehmen scheint.

Capitel 3.

Eine andre Ansicht von der Bewegung des Mondes.

So scheint denn in der That der Kreis, durch welchen der Epicykel grösser oder kleiner erscheint, kein excentrischer zu sein, sondern einer andern Art von Kreisen anzugehören. Es sei nämlich ab ein Epicykel, welchen wir den ersten und grössern nennen wollen, sein Mittelpunkt c; von dem Mittelpunkte der Erde, welcher in d liegt, werde die grade Linie dc bis zur grössten Abside a des Epicykels verlängert; um diesen Punkt a werde ein anderer kleinerer Epicykel ef beschrieben; und Alles dies liege in derselben Ebene der schiefen Mondbahn. Es bewege sich c rechtläufig, a dagegen rückläufig, und der Mond von f aus im oberen Theile von ef wieder rechtläufig; und zwar nach der Regel, dass, während die Linie dc mit dem mittleren Orte der Sonne zusammenfällt, der Mond immer dem Mittelpunkte c am nächsten, d. h in e sich befindet, in den Quadraturen dagegen am entferntesten, also in f. Wenn man dies zum Grunde legt, so behaupte ich, stehen die Mondererscheinungen damit im Einklange. Es ergiebt sich nämlich, dass der Mond den kleinen Epicykel ef zweimal in einem Monate durchläuft, in welcher Zeit c einmal zur Sonne zurückkehrt; und der Neu-



und Vollmond scheinen den kleinsten Kreis, dessen Halbmesser *ce* ist, zu beschreiben, das erste und letzte Viertel aber den grössten Kreis, mit dem Halbmesser *cf*. So bringt der Mond durch die ähnlichen aber ungleichen Bogen um den Mittelpunkt *c*, dort die kleinsten, hier die grössten Unterschiede zwischen der Gleichmässigkeit und der Erscheinung hervor. Da nun der Mittelpunkt *c* des Epicykels immer in dem mit der Erde homocentrischen Kreise bleibt, so bewirkt er nicht so sehr verschiedene, sondern lediglich dem Epicykel entsprechende Parallaxen; und es ergiebt sich auch sogleich der Grund, warum der Körper des Mondes gewissermassen sich ähnlich zu bleiben scheint, nebst allem Uebrigen, was beim Mondlauf beobachtet wird; dies wollen wir der Reihe nach aus dieser unserer Annahme nachweisen: gleichwohl kann dasselbe auch wieder durch excentrische Kreise ausgeführt werden, wenn man die erforderlichen Verhältnisse beachtet, wie wir das bei der Sonne ausgeführt haben. Wir wollen aber mit den gleichmässigen Bewegungen anfangen, wie wir es früher machten; denn ohne diese kann die ungleichmässige nicht begriffen werden. Hier tritt nun, wegen der vorhin erwähnten Parallaxe eine grosse Schwierigkeit auf, denn wegen derselben ist der Ort des Mondes durch Astrolabien oder andere Instrumente nicht zu beobachten. Aber die Güte der Natur ist auch in diesem Punkte dem menschlichen Wunsche zuvorgekommen, so dass der Ort des Mondes sicherer, als durch die Anwendung von Instrumenten, und frei vom Verdachte eines Fehlers, durch die Verfinsterungen desselben gefunden werden kann. Während nämlich die ganze übrige Welt hell ist und erfüllt vom Tageslichte, besteht die Nacht in nichts Anderem, als in dem Schatten der Erde, welcher in kegelförmiger Figur aufsteigt und in einer Spitze endigt; so dass der Mond, wenn er in denselben eintritt, verdunkelt wird; und wenn er in der Mitte des Schattens angekommen ist: so ist klar, dass er in dem, der Sonne entgegengesetzten Orte steht. Die Sonnenfinsternisse aber, welche durch das Dazwischentreten des Mondes entstehen, gewähren keinen sichern Nachweis des Ortes des Mondes. Denn dabei ereignet es sich, dass von uns zwar eine Conjunction der Sonne und des Mondes gesehen wird, welche aber in Bezug auf den Mittelpunkt der Erde entweder schon vorüber, oder noch nicht eingetreten ist, eben wegen der besprochenen Parallaxe. Deshalb sehen wir dieselbe Sonnenfinsterniss nicht in allen Ländern gleich an Grösse und Dauer, noch ähnlich in ihren Phasen. Bei den Mondfinsternissen tritt aber kein solches Hinderniss ein, sondern sie sind überall sich gleich, weil die Axe des verdunkelnden Schattens der Erde in der Richtung von der Sonne durch den Mittelpunkt der Erde liegt. Deswegen sind die Mondfinsternisse am geeignetsten, um durch sie auf die sicherste Weise den Lauf des Mondes zu bestimmen.

Capitel 4.

Ueber die Kreisläufe des Mondes und dessen besondere Bewegungen.

Unter den Aeltesten, denen es am Herzen lag, der Nachwelt über diesen Gegenstand Zahlenangaben zu überliefern, findet sich der Athenienser Meton, welcher um die sieben und dreissigste Olympiade blühete. Dieser gab an, dass in 19 Sonnenjahren 235 Monate ablaufen, deswegen wird dieses grosse Jahr die Meton'sche Enneadekateris, d. h. neunzehnjährige Periode, genannt. Die Zahl fand so grossen Beifall, dass sie zu Athen und in andern ausgezeichneten Städten auf dem Markte angeschlagen wurde, wie dieselbe denn auch bis auf die Gegenwart im gewöhnlichen Leben angenommen wird, weil man glaubt, dass durch sie der Anfang und das Ende der Monate nach einer sichern Regel festständen. Es ist auch das Sonnenjahr von 365¼ Tagen dieser Anzahl von Monaten commensurabel. Hiervon rührt jene Callippische Periode von 76 Jahren her, in welcher neunzehnmal ein Tag eingeschaltet wird, und welche man das Callippische Jahr genannt hat. Aber das Genie Hipparch's fand, dass in 304 Jahren ein ganzer Tag zu viel entstände, und dass dies nur dadurch corrigirt würde, wenn man das Sonnenjahr um den 300sten Theil eines Tages verkleinerte Daher ist dieser Zeitraum von Einigen[240]) das grosse Jahr des Hipparch genannt worden, in welchem 3760 Monate ablaufen Dies ist aber oberflächlich und ohne Genauigkeit gesagt, deshalb hat derselbe Hipparch über die Zeit, in welcher die Anomalie mit der Breite zugleich wiederkehrt, eine nähere Untersuchung angestellt, und, — nach Vergleichung seiner Aufzeichnungen über die von ihm sehr sorgfältig angestellten Beobachtungen der Mondfinsternisse, mit denen der Chaldäer, — die Zeit, in welcher die monatlichen Bewegungen mit denen der Anomalie zugleich wiederkehren, zu 345 ägyptischen Jahren 82 Tagen und 1 Stunde bestimmt, und in dieser Zeit sollten 4267 Monate, aber 4573 Umläufe der Anomalie vollendet werden. Wenn daher durch die Zahl der Monate, die Anzahl der Tage, welche 126007 Tage und 1 Stunde beträgt, dividirt wird: so erhält man einen Monat gleich 29 Tage 31^{I} 50^{II} 8^{III} 9^{IV} 20^{V}[241]). Hiernach ergab sich die Bewegung für jede beliebige Zeit. Denn dividirt man die 360° eines monatlichen Umlaufs durch die Dauer eines Monats, so ergiebt sich der tägliche Lauf des Mondes gegen die Sonne zu 12° 11′ 26″ 41‴ 20^{IV} 18^{V}[242]). Dies 365 mal genommen, ergiebt die jährliche Bewegung zu 12 ganzen Umläufen 129° 37′ 21″ 28‴ 29⁗[243]). Da ferner 4267 Monate und 4573 Umläufe der Anomalie den gemeinsamen Factor 17 enthalten: so ist ihr Verhältniss in den kleinsten Zahlen ausgedrückt 251 zu 269, in welchem Verhältnisse wir also, nach dem 15ten Satze des 5ten Buches von Euklid, dasjenige des Mondlaufs zur Bewegung der Anomalie haben. So dass, wenn wir die Bewegung des Mondes mit 269 multipliciren und das Produkt mit 251 dividiren, die jährliche Bewegung der Anomalie sich ergiebt zu: 13 ganzen Umläufen 88° 43′ 8″ 40‴ 20⁗[244]) und daraus die tägliche zu 13° 3′ 53″ 56‴ 29⁗[244]). Der Umlauf der Breite hat aber ein anderes Verhältniss und trifft nicht mit der Zeit zusammen, in welcher die Anomalie wiederkehrt, sondern nur dann sieht man die Breite des Mondes wiederkehren, wenn eine spätere Mondfinsterniss einer früheren in Allem ähnlich und gleich ist, wenn also bei beiden von derselben Seite her, sowohl der Grösse als auch der Dauer nach, gleiche Verfinsterungen stattfinden; was der Fall ist, wenn der Mond von der grössten oder von der kleinsten Abside gleiche Abstände hat. Denn alsdann ist klar, dass der Mond gleiche Schatten in gleicher Zeit durchläuft. Eine solche Wiederkehr ereignet sich nach Hipparch in 5458 Monaten, denen 5923 Umläufe der Breite entsprechen. Nach diesem Verhältnisse sind die besondern Bewegungen für Jahre und Tage, wie früher berechnet. Wenn wir nämlich die Bewegung des Mondes von der Sonne mit 5923 multipliciren und das Produkt durch 5458 dividiren: so erhalten wir als Bewegung der Breite des Mondes für ein Jahr: 13 Umläufe 148° 42′ 46″ 49‴ 3⁗[245]) und für einen Tag: 13° 13′ 45″ 39‴ 40⁗[245]). Auf diese Weise ermittelte Hipparch die gleichmässigen Bewegungen des Mondes, und Niemand kam denselben näher, als er. Dass man jedoch bei allen diesen Zahlen noch etwas übersehen hatte, haben die spätern Jahrhunderte erwiesen. Ptolemäus nämlich fand zwar dieselbe mittlere Bewegung des Mondes von der Sonne, wie Hipparch, aber die jährliche Bewegung der Anomalie fand er um 1″ 11‴ 39⁗[246]) kleiner, die jährliche Bewegung der Breite aber um 53‴ 41⁗ grösser. Wir aber haben, nach dem Verlaufe einer sehr grossen Zeit, die mittlere jährliche Bewegung des Hipparch um 1″ 2‴ 49⁗ zu klein gefunden, der Bewegung der Anomalie Hipparchs aber fehlen nur 24‴ 49⁗. Die Bewegung der Breite Hipparchs ist aber zu gross um 1″ 1‴ 44⁗. Dadurch wird dasjenige, um was die jährliche gleichmässige Bewegung des Mondes sich von der jährlichen Bewegung der Erde unterscheidet 129° 37′ 22″ 32‴ 40⁗, die Bewegung der Anomalie 88° 43′ 9″ 5‴ 9⁗, die Bewegung der Breite 148° 42′ 45″ 17‴ 21⁗[247]).

BEWEGUNG DES MONDES VON JAHR ZU JAHR, UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Manuscript Sec.	Tert.		Aegyptische Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Manuscript Sec.	Tert.
1	2	9	37	22	36	22	32		31	0	58	18	40	48	38	52
2	4	19	14	45	12	45	5		32	3	7	56	3	25	1	25
3	0	28	52	7	49	7	38		33	5	17	33	26	1	23	58
4	2	38	29	30	25	30	10		34	1	27	10	48	38	46	30
5	4	48	6	53	2	53	43		35	3	36	48	11	14	9	3
6	0	57	44	15	38	15	16		36	5	46	25	33	51	31	36
7	3	7	21	38	14	37	48	Ort Christi 3 S. 29° 58′ Cap. 7.	37	1	56	2	56	27	54	8
8	5	16	59	0	51	0	21		38	4	5	40	19	3	16	41
9	1	26	36	23	27	22	54		39	0	15	17	41	40	39	14
10	3	36	13	46	4	45	26		40	2	24	55	4	16	1	46
11	5	45	51	8	40	7	59		41	4	34	32	26	53	24	19
12	1	55	28	31	17	31	32		42	0	44	9	49	29	46	52
13	4	5	5	53	53	53	4		43	2	53	47	12	5	9	24
14	0	14	43	16	29	15	37		44	5	3	24	34	42	31	57
15	2	24	20	39	6	38	10		45	1	13	1	57	18	54	30
16	4	33	58	1	42	0	42		46	3	22	39	19	55	17	2
17	0	43	35	24	19	23	15		47	5	32	16	42	31	39	35
18	2	53	12	46	55	45	48		48	1	41	54	5	8	2	8
19	5	2	50	9	31	8	20		49	3	51	31	27	44	24	40
20	1	12	27	32	8	30	53		50	0	1	8	50	20	47	13
21	3	22	4	54	44	53	26		51	2	10	46	12	57	9	46
22	5	31	42	17	21	15	58		52	4	20	23	35	33	32	18
23	1	41	19	39	57	38	31		53	0	30	0	58	10	54	51
24	3	50	57	2	34	1	4		54	2	39	38	20	46	17	24
25	0	0	34	25	10	23	36		55	4	49	15	43	22	39	56
26	2	10	11	47	46	46	9		56	0	58	53	5	59	2	29
27	4	19	49	10	23	8	42		57	3	8	30	28	35	25	2
28	0	29	26	32	59	31	14		58	5	18	7	51	12	47	34
29	2	39	3	55	36	53	47		59	1	27	45	13	48	0	7
30	4	48	41	18	12	16	20		60	3	37	22	36	25	32	40

BEWEGUNG DES MONDES VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	12	11	26	41	31	6	17	54	47	26
2	0	24	22	53	23	32	6	30	6	14	8
3	0	36	34	20	4	33	6	42	17	40	49
4	0	48	45	46	46	34	6	54	29	7	31
5	1	0	57	13	27	35	7	6	40	34	12
6	1	13	8	40	9	36	7	18	52	0	54
7	1	25	20	6	50	37	7	31	3	27	35
8	1	37	31	33	32	38	7	43	14	54	17
9	1	49	43	0	13	39	7	55	26	20	58
10	2	1	54	26	55	40	8	7	37	47	40
11	2	14	5	53	36	41	8	19	49	14	21
12	2	26	17	20	18	42	8	32	0	41	3
13	2	38	28	47	0	43	8	44	12	7	44
14	2	50	40	13	41	44	8	56	23	34	26
15	3	2	51	40	22	45	9	8	35	1	7
16	3	15	3	7	4	46	9	20	46	27	49
17	3	27	14	33	45	47	9	32	57	54	30
18	3	39	26	0	27	48	9	45	9	21	12
19	3	51	37	27	8	49	9	57	20	47	53
20	4	3	48	53	50	50	10	9	32	14	35
21	4	16	0	20	31	51	10	21	43	41	16
22	4	28	11	47	13	52	10	33	55	7	58
23	4	40	23	13	54	53	10	46	6	34	40
24	4	52	34	40	36	54	10	58	18	1	21
25	5	4	46	7	17	55	11	10	29	28	2
26	5	16	57	33	59	56	11	22	40	54	43
27	5	29	9	0	40	57	11	34	52	21	25
28	5	41	20	27	22	58	11	47	3	48	7
29	5	53	31	54	3	59	11	59	15	14	48
30	6	5	43	20	45	60	12	11	26	41	31

BEWEGUNG DER ANOMALIE DES MONDES VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung: Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Manuscript: Sec.	Tert.		Aegyptische Jahre	Bewegung: Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Manuscript: Sec.	Tert.
1	1	28	43	9	7	9	5		31	3	50	17	42	44	41	39
2	2	57	26	18	14	18	10		32	5	19	0	51	52	50	44
3	4	26	9	27	21	27	15		33	0	47	43	0	59	59	49
4	5	54	52	36	29	36	20		34	2	16	27	10	6	8	55
5	1	23	35	45	36	45	25		35	3	45	10	19	13	18	0
6	2	52	18	54	43	54	30		36	5	13	53	28	21	27	5
7	4	21	2	3	50	3	36	Ort Christi 3 S. 27° 7′ Cap. 7.	37	0	42	36	37	28	36	10
8	5	49	45	12	58	12	41		38	2	11	19	46	35	45	15
9	1	18	28	22	5	21	46		39	3	40	2	55	42	54	20
10	2	47	11	31	12	30	51		40	5	8	46	4	50	3	26
11	4	15	54	40	19	39	56		41	0	37	29	13	57	12	31
12	5	44	37	49	27	49	1		42	2	6	12	23	4	21	36
13	1	13	20	58	34	58	6		43	3	34	55	32	11	30	41
14	2	42	4	7	41	7	12		44	5	3	38	41	19	39	46
15	4	10	47	16	48	16	17		45	0	32	21	50	26	48	51
16	5	39	30	25	56	25	22		46	2	1	4	59	33	57	56
17	1	8	13	35	3	34	27		47	3	29	48	8	40	7	2
18	2	36	56	44	10	43	32		48	4	58	31	17	48	16	7
19	4	5	39	53	17	52	37		49	0	27	14	26	55	25	12
20	5	34	23	2	25	1	43		50	1	55	57	36	2	34	17
21	1	3	6	11	32	10	48		51	3	24	40	45	9	43	22
22	2	31	49	20	39	19	53		52	4	53	23	54	17	52	27
23	4	0	32	29	46	28	58		53	0	22	7	3	24	1	32
24	5	29	15	38	54	38	3		54	1	50	50	12	31	10	38
25	0	57	58	48	1	47	8		55	3	19	33	21	38	19	43
26	2	26	41	57	8	56	13		56	4	48	16	30	46	28	48
27	3	55	25	6	15	5	19		57	0	16	59	39	53	37	53
28	5	24	8	15	23	14	24		58	1	45	42	49	0	46	58
29	0	52	51	24	30	23	29		59	3	14	25	58	7	56	3
30	2	21	34	33	37	32	34		60	4	43	9	7	15	5	9

BEWEGUNG DER ANOMALIE DES MONDES VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	13	3	53	56	31	6	45	0	52	11
2	0	26	7	47	53	32	6	58	4	46	8
3	0	39	11	41	49	33	7	11	8	40	4
4	0	52	15	35	46	34	7	24	12	34	1
5	1	5	19	29	42	35	7	37	16	27	57
6	1	18	23	23	39	36	7	50	20	21	54
7	1	31	27	17	35	37	8	3	24	15	50
8	1	44	31	11	32	38	8	16	28	9	47
9	1	57	35	5	28	39	8	29	32	3	43
10	2	10	38	59	25	40	8	42	35	57	40
11	2	23	42	53	21	41	8	55	39	51	36
12	2	36	46	47	18	42	9	8	43	45	33
13	2	49	50	41	14	43	9	21	47	39	29
14	3	2	54	35	11	44	9	34	51	33	26
15	3	15	58	29	7	45	9	47	55	27	22
16	3	29	2	23	4	46	10	0	59	21	19
17	3	42	6	17	0	47	10	14	3	15	15
18	3	55	10	10	57	48	10	27	7	9	12
19	4	8	14	4	53	49	10	40	11	3	8
20	4	21	17	58	50	50	10	53	14	57	5
21	4	34	21	52	46	51	11	6	18	51	1
22	4	47	25	46	43	52	11	19	22	44	58
23	5	0	29	40	39	53	11	32	26	38	54
24	5	13	33	34	36	54	11	45	30	32	51
25	5	26	37	28	32	55	11	58	34	26	47
26	5	39	41	22	29	56	12	11	38	20	44
27	5	52	45	16	25	57	12	24	42	14	40
28	6	5	49	10	22	58	12	37	46	8	37
29	6	18	53	4	18	59	12	50	50	2	33
30	6	31	56	58	15	60	13	3	53	56	30

BEWEGUNG DER BREITE DES MONDES VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung					Manuscript			Aegyptische Jahre	Bewegung					Manuscript	
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Sec.	Tert.			Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Sec.	Tert.
1	2	28	42	45	17	44	31		31	4	50	5	23	57	0	4
2	4	57	25	30	34	29	2		32	1	18	48	9	14	44	35
3	1	26	8	15	52	13	33		33	3	47	30	54	32	29	6
4	3	54	51	1	9	58	4		34	0	16	13	39	48	13	37
5	0	23	33	46	26	42	35		35	2	44	56	25	6	58	8
6	2	52	16	31	44	27	6		36	5	13	39	10	24	42	39
7	5	20	59	17	1	11	37	Ort Christi	37	1	42	21	55	41	27	10
8	1	49	42	2	18	56	8	2. S. 9° 45′	38	4	11	4	40	58	11	41
9	4	18	24	47	36	40	39	Cap. 14.	39	0	39	47	26	16	56	12
10	0	47	7	32	53	25	11		40	3	8	30	11	33	40	44
11	3	15	50	18	10	9	42		41	5	37	12	56	50	25	15
12	5	44	33	3	28	51	13		42	2	5	55	42	8	9	46
13	2	13	15	48	45	38	44		43	4	34	38	27	25	54	17
14	4	41	58	34	2	23	15		44	1	3	21	12	42	38	48
15	1	10	41	19	20	7	46		45	3	32	3	58	0	23	19
16	3	39	24	4	37	52	17		46	0	0	46	43	17	7	50
17	0	8	6	49	54	36	48		47	2	29	29	28	34	57	21
18	2	36	49	35	12	21	19		48	4	58	12	13	52	36	52
19	5	5	32	20	29	5	50		49	1	26	54	59	8	21	23
20	1	34	15	5	46	50	22		50	3	55	37	44	26	5	55
21	4	2	57	51	4	34	53		51	0	24	29	29	44	50	26
22	0	31	40	36	21	19	24		52	2	53	3	15	1	34	57
23	3	0	23	21	38	3	55		53	5	21	46	0	18	19	28
24	5	29	6	6	56	48	26		54	1	50	28	45	36	3	59
25	1	57	48	52	13	32	57		55	4	19	11	30	53	18	30
26	4	26	31	37	30	17	28		56	0	47	54	16	10	33	1
27	0	55	14	22	48	1	59		57	3	16	37	1	28	17	32
28	3	23	57	8	5	46	30		58	5	45	19	46	45	2	3
29	5	52	39	53	22	31	1		59	2	14	2	32	2	46	34
30	2	21	12	38	40	15	33		60	4	42	45	17	21	31	6

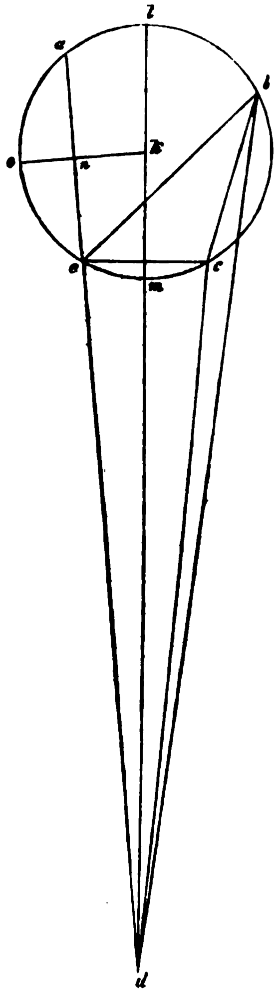
BEWEGUNG DER BREITE DES MONDES VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sech-zig	Grad	Min.	Secund	Tertien		Sech-zig	Grad.	Min.	Secund.	Tertien
1	0	13	13	45	39	31	6	50	6	35	20
2	0	26	27	31	18	32	7	3	20	20	59
3	0	39	41	16	58	33	7	16	34	6	39
4	0	52	55	2	37	34	7	29	47	52	18
5	1	6	8	48	16	35	7	43	1	37	58
6	1	19	22	33	56	36	7	56	15	23	37
7	1	32	36	19	35	37	8	9	29	9	16
8	1	45	50	5	14	38	8	22	42	54	56
9	1	59	3	50	54	39	8	35	56	40	35
10	2	12	17	36	33	40	8	49	10	26	14
11	2	25	31	22	13	41	9	2	24	11	54
12	2	38	45	7	52	42	9	15	37	57	33
13	2	51	58	53	31	43	9	28	51	43	13
14	3	5	12	39	11	44	9	42	5	28	52
15	3	18	26	24	50	45	9	55	19	14	31
16	3	31	40	10	29	46	10	8	33	0	11
17	3	44	53	56	9	47	10	21	46	45	50
18	3	58	7	41	48	48	10	35	0	31	29
19	4	11	21	27	28	49	10	48	14	17	9
20	4	24	35	13	7	50	11	1	28	2	48
21	4	37	48	58	46	51	11	14	41	48	28
22	4	51	2	44	26	52	11	27	55	34	7
23	5	4	16	30	5	53	11	41	9	19	46
24	5	17	30	15	44	54	11	54	23	5	26
25	5	30	44	1	24	55	12	7	36	51	5
26	5	43	57	47	3	56	12	20	50	36	44
27	5	57	11	32	43	57	12	34	4	22	24
28	6	10	25	18	22	58	12	47	18	8	3
29	6	23	39	4	1	59	13	0	31	53	43
30	6	36	25	49	41	60	13	13	45	39	22

Capitel 5.

Entwickelung der ersten Ungleichmässigkeit des Mondes, welche beim Neu- und Vollmonde eintritt.

Soweit die gleichmässigen Bewegungen des Mondes bis jetzt sich erkennen lassen konnten, haben wir dieselben dargelegt. Nun müssen wir die Ungleichmässigkeit entwickeln, was wir durch die Methode des Epicykels thun wollen; und zwar zuerst bei derjenigen, welche beim Neu- und Vollmonde eintritt, und in Bezug auf welche die alten Mathematiker bei Discussion dreier Mondfinsternisse einen bewunderungswürdigen Scharfsinn entwickelt haben. Wir wollen den so von Jenen uns geebneten Weg verfolgen, und mit den von Ptolemäus sorgfältig beobachteten Finsternissen, drei andere mit nicht geringerer Sorgfalt aufgezeichnete vergleichen, um zu prüfen, ob die schon dargelegten gleichmässigen Bewegungen sich richtig so verhalten. Wir bedienen uns aber bei der Darstellung derselben, nach dem Beispiele der Alten, der mittleren Bewegungen der Sonne und des Mondes vom Orte der Frühlingsnachtgleiche, als gleichmässiger; da die Ungleichmässigkeit, welche wegen der ungleichmässigen Präcession der Nachtgleichen eintritt, in so kurzer Zeit, und wenn sie selbst zehn Jahre betrüge, nicht bemerkt wird. Ptolemäus[248]) führt an, dass die erste Finsterniss nach ägyptischer Zeitrechnung im Jahre 17 des Kaisers Hadrian eintrat, nachdem der zwanzigste Payni verflossen war, das war das 133ste Jahr Christi den 6ten Mai[249]). Die Finsterniss war total, und die Zeit ihrer Mitte war drei viertel mittlere Stunden vor Mitternacht alexandrinischer Zeit; also nach der Zeit von Frauenburg oder Krakau[250]) $1^3/_4$ Stunden vor der Mitternacht, welcher der 7te Mai folgte. Die Sonne stand 12° 15' des Stiers[251]), nach der mittleren Bewegung aber 12° 21' des Stier's[252]). Die zweite soll stattgefunden haben im Jahre 19 Hadrians, nach Ablauf zweier Tage des Monats Chöak, des vierten ägyptischen Monats, das war im Jahre Christi 134 October 20[253]). Die Finsterniss betrug fünf Sechstel des Durchmessers des Mondes von Norden, und die Zeit ihrer Mitte war eine mittlere Stunde vor Mitternacht alexandriner Zeit; also nach der Zeit von Krakau zwei Stunden vor Mitternacht[254]). Die Sonne stand in 25° 10 der Waage, nach der mittleren Bewegung aber in 26° 43' der Waage[255]). Die dritte Finsterniss fand statt im Jahre 20 Hadrians nach Ablauf von 19 Tagen des Monats Pharmuthi, des achten ägyptischen Monats, oder nach Ablauf von 135 Jahren Christi und 6 Tagen des März[256]). Die Finsterniss betrug die Hälfte des Durchmessers wieder von Norden, und die Zeit ihrer Mitte war vier mittlere Stunden nach Mitternacht alexandriner Zeit; also nach der Zeit von Krakau 3 Stunden nach Mitternacht[257]), am Morgen des 7ten März. Die Sonne stand in 14° 5' der Fische, nach mittlerer Bewegung aber in 11° 44' der Fische[258]). Es ergiebt sich also, dass der Mond in dem Zeitraum zwischen der ersten und zweiten Finsterniss so viel durchlaufen hatte, als die Sonne in ihrer scheinbaren Bewegung, nämlich, wenn wir die ganzen Umläufe weglassen, 161° 55′[259]), und von der zweiten zur dritten 138° 55′[260]). Es lagen aber in dem ersten Zeitraume 1 Jahr 166 Tage $23^3/_4$ Stunden scheinbare Sonnenzeit[261]), also $23^5/_8$ Stunden mittlere Sonnen-Zeit[262]); im zweiten Zeitraum 1 Jahr 137 Tage 5 Stunden[263]), also $5^1/_2$ Stunden mittlere Sonnenzeit[264]). Es war die gemeinsame gleichmässige Bewegung von Sonne und Mond im ersten Zeitraume, wenn die ganzen Umläufe weggelassen werden, 169° 37′[265]) und die Anomalie 110° 21′[266]); im zweiten Zeitraume die gleichmässige Bewegung von Sonne und Mond 137° 33′[267]) und die Anomalie 81° 36′[268]). Es ergiebt sich also, dass in dem ersten Zeitraume 110° 21′ des Epicykels von der mittleren Bewegung des Mondes 7° 42′[269]) abziehen, im zweiten 81° 36′ des Epicykels zu der mittleren Bewegung des Mondes 1° 21′[270]) addiren. Dies so vorausgeschickt, werde der Mond-Epicykel *abc* construirt, in welchem die erste Finsterniss in *a*, die zweite in *b* und die dritte in *c* stattgefunden haben mag, in welcher Ordnung auch der obige rückläufige Gang des Mondes gedacht wird. Der Bogen *ab* von 110° 21′ bewirke eine Verzögerung, wie gesagt, von 7° 42′, der Bogen *bc* von 81° 36′ eine Beschleunigung von 1° 21′, dann wird der noch übrige Bogen *ac* von 168° 3′ eine Beschleunigung von 6° 21′ bewirken. Da aber die grösste Abside des Epicykels in den Bogen *bc* und *ca* nicht liegt, weil sie beide beschleunigen und dabei kleiner als ein Halbkreis sind: so muss sich dieselbe nothwendig in *ab* befinden. Nehmen wir *d* als den Mittelpunkt der Erde, um welchen der Epicykel sich gleichmässig bewegt, ziehen die Linien nach den Punkten der Finsternisse *da*, *db*, *dc* und verbinden *bc*, *be* und *ce*. Da nun der Bogen *ab* in der Ekliptik 7° 42′ beträgt, so ist der Winkel *adb* 7° 42′, von denen 180° zwei Rechte sind, aber 15° 24′, wenn 360° zwei Rechte bedeuten; und der Winkel *aeb* ist der Peripheriewinkel von 110° 21′, und der Aussenwinkel des Dreiecks *bde*. Es ergiebt sich also der Winkel *ebd* zu 94° 57′. Die Seiten aber eines Dreiecks von gegebenen Winkeln sind gegeben, und es ist *de* 147396, *be* 26798, wenn der Durchmesser des um das Dreieck beschriebenen Kreises 200000 beträgt. Da ferner der Bogen *aec* in der Ekliptik 6° 21′ umfasst: so beträgt der Winkel *edc* 6° 21′, von denen 180° gleich zweien Rechten, aber 12° 42′ wenn 360° zwei Rechte bedeuten; unter der letzteren Bedingung beträgt der Winkel *aec* 191° 57′,

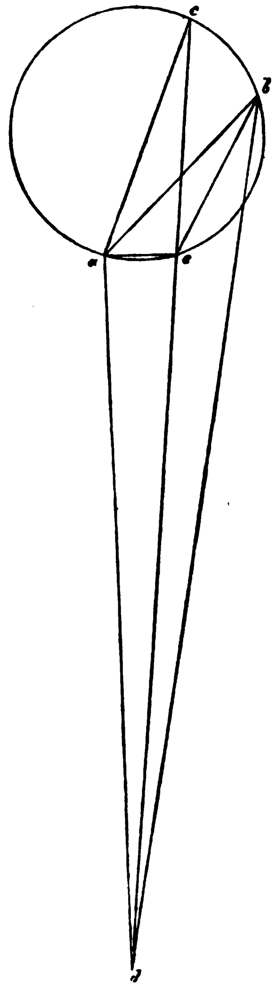


und da er Aussenwinkel zu dem Dreiecke *cde* ist: so erhält man nach Abzug des Winkels *d* den dritten *ecd* als Rest zu 179° 15′. Es ergeben sich daraus die Seite *de* gleich 199996, *ce* gleich 22120, wenn der Durchmesser des umschriebenen Kreises 200000 beträgt. Wenn aber *de* gleich 147396 und *be* gleich 26798: so ist *ce* gleich 16302. Da hierdurch wiederum in dem Dreiecke *bec* die beiden Seiten *be* und *ee* gegeben sind, und der Peripheriewinkel *e* dem Bogen *bc* von 81° 36′ angehört: so erhalten wir auch die dritte Seite *bc* nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke zu 17960 eben jener Theile. Wenn aber der Durchmesser des Epicykels 200000 Theile betrüge: so wäre *bc* als Sehne von 81° 36′ gleich 130684 und die Uebrigen nach dem gegebenen Verhältnisse *ed* = 1072684 und *ce* = 118637 und der Bogen *ce* selbst = 72° 46′ 10″. Der Bogen *cea* betrug aber nach der Berechnung 168° 3′ folglich der Rest *ea* = 95° 16′ 50″, und dessen Sehne 147786. Hiernach beträgt die ganze Linie *aed* 1220470 derselben Theile. Da aber der Abschnitt *ae* kleiner als der Halbkreis ist, so liegt in demselben nicht der Mittelpunkt des Epicykels, sondern in dem Reste *abce*. Derselbe möge nun *k* sein und durch beide Absiden möge die Linie *dmkl* gezogen werden, *l* sei die grösste, *m* die kleinste Abside. Nach dem 35sten Satze[211]) des 3ten Buches von Euklid ist das Rechteck *ad* . *de* = *ld* . *dm*. Da aber der Durchmesser *lm* des Kreises in *k* halbirt ist, und *dm* in seiner gradlinigen Verlängerung liegt: so ist das Quadrat von *dk* um das Quadrat von *km* grösser als das Rechteck *ld* . *dm*[212]). Daraus ergiebt sich *dk* zu 1148556, wenn *kl* 100000 beträgt, und daraus folgt, dass der Radius des Epicykels *lk* gleich 8706, wenn *dkl* gleich 100000. Nach diesen Feststellungen werde *kno* senkrecht gegen *ad* gezogen. Da nun das gegenseitige Verhältniss von *kd*, *de* und *ea* in solchen Theilen gegeben ist, von denen *lk* 100000 enthält, und *nc* die Hälfte von *ae* ist: so beträgt *ae* 73893, und die Ganze *den* 1146577. Nun sind aber in dem Dreiecke *dkn* die beiden Seiten *dk* und *nd* gegeben und der Winkel *n* ein Rechter. Es beträgt also der Centriwinkel *nkd* 86° 38½′, und so viel beträgt auch der Bogen *meo*, und als Rest vom Halbkreise der Bogen *lao* 93° 21½′, davon der Bogen *oa* als die Hälfte des Bogens *aoe* = 47° 38½′ abgezogen, giebt als Rest *la* = 45° 43′, und dies ist der Abstand des Mondes von der grössten Abside im Epicykel bei der ersten Finsterniss, oder die Anomalie. Der ganze Bogen *ab* betrug aber 110° 21′, folglich beträgt der Rest *lb*, als Anomalie bei der zweiten Finsterniss 64° 38′, und der ganze Bogen *lbc*. bei welchem die dritte Finsterniss eintrat, 146° 14′. Nun ist auch klar, dass, da der Winkel *dkm* = 86° 38½′ ist, wobei 360° = 4 Rechten, — der Winkel *kdn*, als Rest von einem Rechten, 3° 21½′ beträgt; und dies ist die Prosthaphärese, welche die Anomalie bei der ersten Finsterniss hinzuaddirt. Der ganze Winkel *adb* betrug aber 7° 42′, der Rest *ldb* also 4° 20½′, und diese werden bei der zweiten Finsterniss von der gleichmässigen Bewegung des Mondes auf dem Bogen *lb*, abgezogen. Und da der Winkel *bdc* 1° 21′ betrug: so bleibt als Rest *cdm* = 2° 59′ 30″, als die bei der dritten Finsterniss

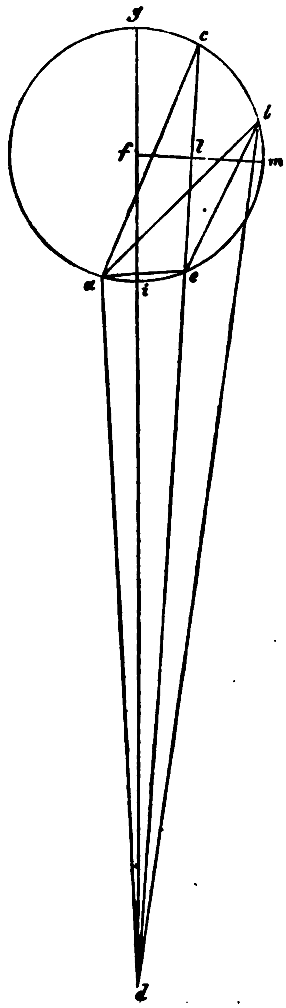
27

wegen des Bogens *lbc* abzuziehende Prohthaphäresе. Es war also der mittlere Ort des Mondes, d. h. der Mittelpunkt *k* bei der ersten Finsterniss in 9° 53′ des Skorpions, weil sein scheinbarer Ort in 13° 15′ des Skorpions lag, nämlich so viel als die Sonne in dem diametral gegenüberliegenden Punkte des Stiers einnahm. Und ebenso war der mittlere Ort des Mondes bei der zweiten Finsterniss in $29\frac{1}{2}^0$ des Widders. Bei der dritten in 17° 4′ der Jungfrau. Die mittleren Abstände des Mondes von der Sonne waren bei der ersten Finsterniss 177° 33′, bei der zweiten 182° 47′, bei der letzten 185° 20′[273]). In dieser Weise Ptolomäus. Seinem Beispiele folgend, gehen wir nun zu einer andern Dreizahl von Mondfinsternissen über, welche von uns ebenfalls sehr sorgfältig beobachtet worden sind. Die erste ereignete sich im Jahre Christi 1511 nach Ablauf von 6 Tagen des Monats October. Der Mond begann sich zu verfinstern $1\frac{1}{8}$ Stunden mittlere Zeit vor Mitternacht, und war wieder ganz hell $2\frac{1}{3}$ Stunden nach Mitternacht. Die Mitte der Verfinsterung war also $\frac{1}{2} + \frac{1}{12}$ Stunden nach Mitternacht, am Morgen des 7ten Octobers. Der Mond wurde total verfindert, während die Sonne in 22° 25′ der Waage stand, aber ihr mittlerer Ort war in 24° 13′ der Waage. Die zweite ebenfalls totale Finsterniss haben wir notirt im Jahre Christi 1522 im Monat September, nachdem 5 Tage desselben verstrichen waren; der Anfang war $\frac{2}{5}$ mittlere Stunden vor Mitternacht, ihre Mitte aber $1\frac{1}{3}$ Stunden nach Mitternacht, welcher der 6te September folgte. Die Sonne stand in $22\frac{1}{5}^0$ der Jungfrau, ihr mittlerer Ort war aber in 23° 59′ der Jungfrau. Die dritte war im Jahre Christi 1523 nach Ablauf von 25 Tagen des Monats August und begann $2\frac{4}{5}$ Stunden nach Mitternacht, und die Mitte dieser ebenfalls totalen Finsterniss war $4\frac{5}{12}$ Stunden nach Mitternacht, also schon am 26sten August, wo die Sonne in 11° 21′ der Jungfrau, nach mittlerer Bewegung aber in 13° 2′ der Jungfrau stand. Hieraus ist klar, dass der Unterschied der wahren Oerter der Sonne und des Mondes bei der ersten und zweiten Finsterniss 329° 47′, bei der zweiten und dritten aber 349° 9′ betrug. Die Zwischenzeit zwischen der ersten und zweiten Finsterniss war 10 ägyptische Jahre 337 Tage und 45 Minuten, nach scheinbarer Zeit, nach der genauen Gleichmässigkeit aber waren es 48 Minuten. Zwischen der zweiten und dritten lagen 354 Tage 3 Stunden 5 Minuten, aber nach gleichmässiger Zeit 3 Stunden 9 Minuten. Im ersten Zeitraume beträgt die mittlere Bewegung der Sonne und des Mondes zusammengenommen und mit Weglassung der ganzen Kreise 334° 47′[274]), die der Anomalie 250° 36′[275]), und das von der gleichmässigen Bewegung Abzuziehende ungefähr 5°[276]). Im zweiten Zeitraume beträgt die mittlere Bewegung der Sonne und des Mondes 346° 10′, die der Anomalie 306° 43′, und das zu der gleichmässigen Bewegung zu addirende 2° 59′. Nun sei *abc* der Epicykel, und *a* der Ort des Mondes bei der Mitte der ersten Finsterniss, *b* bei der zweiten, *c* bei der dritten. Die Bewegung des Epicykels gehe von *c* nach *b* und von *b* nach *a*, d. h. oben rückläufig, unten rechtläufig. Der Bogen *acb* betrage 250° 36′, durch welchen von der mittleren

Bewegung des Mondes, wie gesagt, in dem ersten Zeitraume 5° abgezogen werden. Der Bogen *bac* betrage aber 306° 43′, durch welchen der mittleren Bewegung des Mondes 2° 59′[217]) hinzugefügt werden und der Rest *ac* gleich 197° 19′[218]) bringe die übrigen 2° 1′ zum Abzug. Da aber der Bogen *ac* grösser als ein Halbkreis ist, und die mittlere Bewegung verkleinert, so muss er nothwendig die grösste Abside enthalten und dieselbe kann weder in dem Bogen *ba* noch in *cba* liegen, weil diese einen Wachsthum bedingen, und beide kleiner als ein Halbkreis sind. Dieser grössten Abside gegenüber werde *d* als Mittelpunkt der Erde genommen, und die Linien *ad*, *db*, *dec*, *ab*, *ae*, *eb* gezogen. Da nun der Aussenwinkel *ceb* des Dreiecks *bde* über dem Bogen *cb* als Rest, wenn *bac* vom Kreise abgezogen wird, mit 53° 17′ gegeben ist, und der Winkel *bde* als Centriwinkel 2° 59′, als Peripheriewinkel aber 5° 58′ beträgt: so ist der Rest *ebd* 47° 19′. Daher ist die Seite *be* = 1042 und die Seite *de* = 8024 solcher Theile, von denen auf den Radius des umschriebenen Kreises 10000 kommen. In gleicher Weise ergiebt sich der Winkel *aec* als der Peripheriewinkel des Bogens *agc* zu 197° 19′. Der Winkel *adc* ist als Centriwinkel 2° 1′, also als Peripheriewinkel 4° 2′. Folglich ist der andere Winkel *dae* in diesem Dreiecke 193° 17′, wenn 360° zwei Rechte ausmachen. Es sind also auch die Seiten in solchen Theilen gegeben, von denen auf den Radius des das Dreieck *ade* umschreibenden Kreises



10000 kommen, nämlich *ae* = 702, *de* = 19865. Solcher Theile aber, von denen *de* 8024 enthält, gehen auf *ae* 283, und von diesen kommen auf *be* 1042. Wir haben also wieder ein Dreieck *abe*, in welchem die beiden Seiten *ae* und *eb* gegeben sind, und der Winkel *aeb* = 250° 36′ ist, wenn 360° = zweien Rechten. Daher beträgt nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke, *ab* 1227 solcher Theile, von denen auf *eb* 1042 gehen. So haben wir also das Verhältniss der drei Linien *ab*, *eb* und *ed* erlangt, nach welchem sie auch in solchen Theilen, von denen 10000 auf den Radius des Epicykels gehen, ausgedrückt, enthalten: *ab* 16323, *ed* 106751 und *eb* 13853. Daraus ergiebt sich auch der Bogen *eb* zu 87° 41′ und dies zu *bc* addirt, ergiebt den ganzen Bogen *ebc* zu 140° 58′, dessen Sehne *ce* = 18851, also die ganze gerade Linie *ced* = 125602. Ferner ergiebt sich, dass der Mittelpunkt des Epicykels nothwendig in das Segment *eac* fallen muss, weil dasselbe grösser als der Halbkreis ist, derselbe sei *f*, man ziehe *difg* in ge-



rader Linie durch beide Absiden, deren kleinste *i* und deren grösste *g* ist. Es ist wieder klar, dass das Rechteck *cd* mal *de* gleich ist dem *gd* mal *di*, aber $gd \,.\, di + fi^2 = df^2$. Daraus ergiebt sich *dif* = 116226, wenn *fg* 10000 beträgt; aber *fg* beträgt 8604 solcher Theile, von denen 100000 auf *df* gehen. Wir haben gefunden, dass dies mit dem übereinstimmt, was mehrere Andere, welche seit Ptolomäus uns vorausgingen, überliefert haben. Nun werde vom Mittelpunkte *f* aus auf *ec* das Loth *fl* gefällt und bis *m* verlängert, dieses halbirt *ce* im Punkte *l*. Da nun die gerade Linie *ed* = 106751 und die Hälfte von *ce* d. h. *le* = 9426: so ist *del* = 116177 solcher Theile, von denen *fg* 10000 und *df* 116226 enthält. Von dem rechtwinkligen Dreiecke *dfl* sind also die beiden Seiten *df* und *dl* gegeben, daraus ergiebt sich der Winkel $dfl = 88^0\ 21'$ und der Rest $fdl = 1^0\ 39'$, also der Bogen *iem* ebenfalls zu 88^0 $21'$ und *mc* als die Hälfte des Bogens *ebc* zu 70^0 $29'$ also *imc* zu $158^0\ 50'$ und der Rest vom Halbkreise *gc* zu $21^0\ 10'$. Dies war der Abstand des Mondes vom Apogeum des Epicykels, oder der Ort der Anomalie bei der dritten Finsterniss, ebenso *gcb* bei der zweiten $= 74^0\ 27'$, und *gba* bei der ersten gleich $183^0\ 51'$. Bei der dritten Finsterniss ist der Winkel *ide* als Centriwinkel $1^0\ 39'$ die abzuziehende Prosthaphärese, und der ganze Winkel *idb* bei der zweiten $4^0\ 38'$ die abzuziehende Prosthaphärese, und da $gdc = 1^0\ 39'$ und $cdb = 2^0\ 59'$ sind: so ist der Rest von dem ganzen *adb*, welcher 5^0 beträgt, also $adi = 22'$, was zur gleichmässigen Bewegung bei der ersten Finsterniss hinzukommt. Also war der gleichmässige Ort des Mondes bei der ersten Finsterniss in $22^0\ 3'$ des Widders, der scheinbare aber in $22^0\ 25'$ des Widders, natürlich nahm die Sonne dem gegenüber ebensoviel in der Waage ein. Ebenso war auch bei der zweiten Finsterniss der mittlere Ort des Mondes in $26^0\ 50'$ der Fische, bei der dritten in 13^0 der Fische. Die mittlere Bewegung des Mondes unterscheidet sich von der jährlichen der Erde bei der ersten Finsterniss um $177^0\ 50'$, bei der zweiten um $182^0\ 51'$ und bei der dritten um $179^0\ 58'$.

Capitel 6.

Bestätigung dessen, was über die gleichmässigen Bewegungen der Länge und Anomalie des Mondes gesagt worden ist.

Aus dem, was an den Mondfinsternissen entwickelt ist, lässt sich auch beurtheilen, ob es mit den gleichmässigen Bewegungen des Mondes, welche wir früher entwickelt haben, seine Richtigkeit hat. Es ist nämlich gezeigt, dass bei der zweiten der ersten Finsternisse der Abstand des Mondes von der Sonne 182° 47′[279], die Anomalie 64° 38′ betrug. Bei der zweiten der späteren Finsternisse aus unserer Zeit war der Abstand des Mondes von der Sonne 182° 51′, und die Anomalie 74° 27′. Es liegen aber in der Zwischenzeit 17166 volle Monate und überdies 4′, und die Bewegung der Anomalie beträgt mit Weglassung der ganzen Kreise 9° 49′. Die Zeit aber, welche verstrich vom 19ten Jahre Hadrians, den zweiten Chöak 2 Stunden vor Mitternacht, welcher der 3te Tag desselben Monats folgte, bis zum Jahre Christi 1522 den 5ten September $1^1/_3$ Uhr wahre Zeit, beträgt, wenn Alles auf mittlere Zeit reducirt ist, 1388 ägyptische Jahre 302 Tage $3^1/_3$ Stunden, was auf mittlere Zeit reducirt 3^h 34^m nach Mitternacht giebt.[280] Und in dieser Zeit wäre die Bewegung des Mondes ausser 17165 voller Umläufe oder gleicher Monate, nach Hipparch und Ptolomäus gewesen 359° 38′[281]. Bei der Anomalie aber nach Hipparch 9° 37′, nach Ptolomäus dagegen 9° 11′[282]. Es fehlen also der Bewegung des Mondes seit jenen Beiden 26′[283], der Anomalie 38′[284], welche bei den unsrigen hinzukommen, und dies stimmt mit den Zahlen, welche wir entwickelt haben.

Capitel 7.

Ueber die Oerter der Länge und der Anomalie des Mondes.

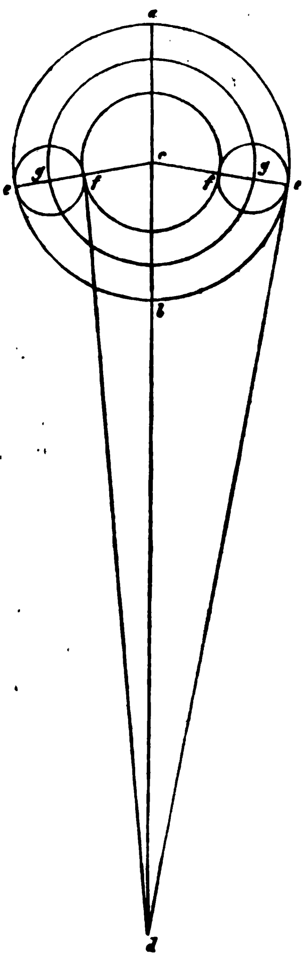
Nunmehr müssen auch hier, wie früher, die Oerter oder die bestimmten Anfangspunkte für die Jahre der Olympiaden, Alexanders, Cäsars, Christi und wenn sonst noch welche zu wünschen wären, festgestellt werden. Wenn wir zu dem Ende die zweite von den dreien alten Finsternissen berücksichtigen, welche im 19ten Jahre Hadrians, am 2ten Chöak der Aegypter eine Stunde vor Mitternacht zu Alexandrien, für uns aber unter dem Meridian von Krakau zwei Stunden vor Mitternacht sich zugetragen hat: so finden wir vom Anfange der Jahre Christi bis zu diesem Augenblicke 133 ägyptische Jahre 325 Tage 22 Stunden, genauer aber 21 Stunden 37 Minuten. In dieser Zeit ist die Bewegung des Mondes nach unserer Berechnung 332° 49′[285], die der Anomalie 217° 30′[286]. Wenn man diese Grössen beziehlich von denjenigen abzieht, welche bei der Finsterniss gefunden sind: so bleibt als mittlerer Ort des Mondes von der Sonne 209° 58′[287], und für die Anomalie 207° 7′[288] für den Anfang der Jahre Christi um Mitternacht den 1sten Januar. Nun sind es wieder bis zum Anfange der Jahre Christi 193

Olympiaden 2 Jahre und $184\frac{1}{2}$[289]) Tage, welche 775 ägyptische Jahre $12\frac{1}{2}$ Tage oder genauer 12 Stunden 11 Minuten ausmachen. Ebenso rechnet man vom Tode Alexanders bis Christi Geburt 323 Jahre ägyptisch $130\frac{1}{2}$ Tage[290]) wahre Zeit, genau aber $12^h\ 16^m$. Und von Cäsar bis Christus sind es 45 ägyptische Jahre und 12 Tage, bei welchen Beiden die mittlere mit den wahren Zeiten übereinstimmen Wenn wir also die Bewegungen, welche diesen Zeitdifferenzen entsprechen, von den Oertern Christi abziehen: so erhalten wir für den Mittag des ersten Hekatombäon der ersten Olympiade als mittleren Abstand des Mondes von der Sonne 39° 48′[291]) und als Anomalie 46° 20′[292]). Für den Mittag des ersten Thoth der Jahre Alexanders: Mond von der Sonne 310° 44′[293]), Anomalie 85° 41′[294]). Für Mitternacht des ersten Januars der Jahre Cäsars: Mond von der Sonne 350° 39′[295]), Anomalie 17° 58′[296]). Alles dieses gilt für den Meridian von Krakau, da Frauenburg, wo wir meistens unsere Beobachtungen gemacht haben, an der Mündung der Baude gelegen, diesem Meridiane angehört, wie uns die an beiden Orten zugleich beobachteten Sonnen- und Mondfinsternisse gelehrt haben; unter diesem Meridian liegt auch das macedonische Dyrrhachium, welches vor Alters Epidamnum hiess[297]).

Capitel 8.

Ueber die zweite Ungleichmässigkeit des Mondes, und welches Verhältniss der erste Epicykel zu dem zweiten hat.

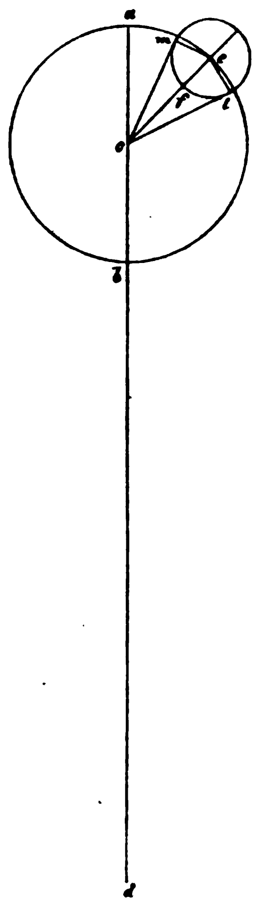
So ist also die gleichmässige Bewegung des Mondes, nebst ihrer ersten Ungleichmässigkeit entwickelt. Nunmehr haben wir zu untersuchen, in welchem Verhältniss der erste Epicykel zu dem zweiten und jeder von Beiden zu der Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde steht. Es findet sich aber, wie gesagt, die grösste Ungleichmässigkeit in den mittleren Quadraturen, wenn der zunehmende oder abnehmende Mond halb ist, und sie dehnt sich auf $7\frac{2}{3}$° aus, wie das auch die Alten angemerkt haben[298]). Sie beobachteten nämlich die Zeit, zu welcher das Mondviertel nahe mit der mittleren Entfernung des Epicykels zusammentraf, und zwar in der Gegend des Berührungspunktes mit der vom Mittelpunkte der Erde gezogenen geraden Linie. Diese Zeit konnte durch die oben entwickelte Berechnung leicht ermittelt werden. Da nun zu dieser Zeit der Mond in der Gegend des 90sten Grades der Ekliptik, von Osten nach Westen gerechnet, steht: so vermieden sie den Fehler, welchen die Parallaxe für die Länge herbeiführen konnte. Denn alsdann schneidet der Vertikalkreis die Ekliptik rechtwinklig, und lässt keine Aenderung der Länge zu, sondern die ganze Aenderung fällt auf die Breite. Nun massen sie mit Hülfe des Astrolabiums den Ort des Mondes bezogen auf die Sonne, und fanden bei angestellter Vergleichung, wie gesagt, den Mond um 7° 40′ anstatt um 5° abweichend von dem mittleren Orte. Man construire den Epicykel *ab*, sein Mittelpunkt sei *c*; von dem Mittelpunkte der Erde *d* werde die grade Linie *dbca* gezogen, das Apogeum des Epicykels sei *a*, das Perigeum *b*, *de* sei eine Tangente an den Epicykel, man verbinde *c* mit *e*. In der Tangente findet die grösste Prosthaphärese statt, und diese ist in dem vorliegenden Falle 7° 40′ = dem Winkel *bde*. Der Winkel *ced* aber ist wegen der Tangente ein Rechter. Deshalb ist *ce* = 1334 solcher Theile, von denen 10000 auf *cd* gehen. Dieser Abstand war aber beim vollen und neuen Monde weit kleiner, nämlich ungefähr 860[200]) derselben Theile. Schneidet man auf *ce* das Stück *cf* = 860 ab: so stellt *f* den Punkt dar, welchen der neue oder volle Mond bei seinem Umlaufe erreicht, und der Rest *fe* = 474 ist der Durchmesser des zweiten Epicykels. Halbirt man denselben in dem Mittelpunkte *g*: so ist *cfg* = 1097 der Radius desjenigen Kreises, welchen der Mittelpunkt des zweiten Epicykels beschreibt. Folglich ergiebt sich das Verhältniss von *cg* zu *ge* wie 1097 zu 237, wenn *cd* 10000 solcher Theile enthält.



Capitel 9.

Ueber eine andere Ungleichmässigkeit, mit welcher der Mond von der grössten Abside des Epicykels ungleichmässig sich zu bewegen scheint.

Aus dieser Ableitung lässt sich auch erkennen, wie der Mond in seinem ersten Epicykel sich ungleichmässig bewegt, wobei die grösste Differenz dann eintritt, wenn er sichelförmig oder höckerig oder auch halbvoll ist. Es sei wiederum *ab* jener erste Epicykel, welchen der Mittelpunkt des zweiten Epicykels beschreibt; sein Mittelpunkt *c*, die grösste Abside *a*, die kleinste *b*. Irgendwo in der Peripherie werde der Punkt *e* angenommen, und *ce* gezogen. Es verhalte sich aber *ce* zu *ef* wie 1097 zu 237. Um den Mittelpunkt *e* werde mit dem Radius *ef* der zweite Epicykel beschrieben, und die beiden Tangenten *cl* und *cm* gezogen. Die Bewegung des kleinen Epicykels gehe von *a* nach *e* vor sich, d. h. oben rückläufig. Der Mond aber bewege sich von *f* nach *l* ebenfalls rückläufig. Es ergiebt sich also, dass, während die Bewegung *ae* gleichmässig ist, der zweite Epicykel, durch seine Bewegung *fl* eben jene Gleichmässigkeit um den Bogen *el* vergrössert, und durch *mf* vermindert. Nun ist aber in dem Dreiecke *cel*, der Winkel bei *l* ein rechter, und *el* enthält 237 solcher Theile, von denen auf *ce* 1097

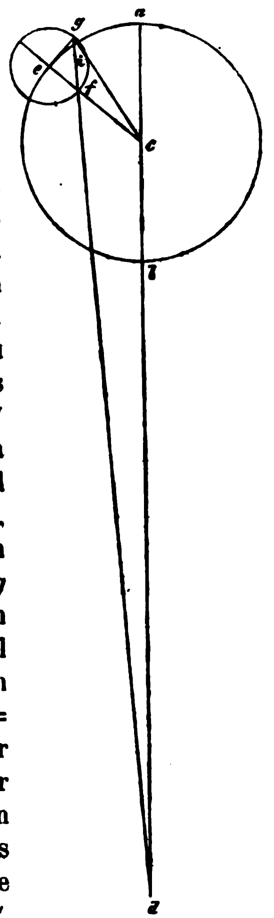


kommen, und wenn *ce* selber 10000 Theile enthält: so kommen auf *el* 2160; dies ist die halbe Sehne des doppelten Winkels *ecl*, der nach dem Verzeichnisse 7° 28′ fasst und dem Winkel *mcf* gleich ist, weil die Dreiecke ähnlich und gleich sind. Und so gross ist also der grösste Unterschied, um welchen der Mond von der grössten Abside des ersten Epicykels abweicht. Dies tritt aber ein, wenn der Mond nach der einen oder andern Seite von der Linie der mittleren Bewegung der Erde um 38° 46′ absteht. Folglich ist klar, dass bei einem mittleren Abstande des Mondes von der Sonne um 38° 46′, und um ebensoviel zu beiden Seiten der mittleren Opposition, jene grössten Prosthaphäresen eintreten.

Capitel 10.

Wie die erscheinende Bewegung des Mondes aus den gegebenen gleichmässigen abgeleitet wird.

Nachdem dies Alles so vorausgeschickt ist, wollen wir nun zeigen, wie aus jenen gegebenen gleichmässigen Bewegungen des Mondes die erscheinende und gleichmässige Bewegung auf dem Wege der Construction abgeleitet wird; indem wir ein Beispiel aus den Beobachtungen des Hipparch nehmen, an welchem die Ableitung zugleich durch den Versuch bewiesen wird. Im Jahre 197 nach Alexanders Tode also, am 17ten Pauni, des zehnten ägyptischen Monats, nach Ablauf von $9\frac{1}{3}$ Tagesstunden, fand Hipparch[300]) in Rhodos bei der Beobachtung der Sonne und des Mondes mittelst des Astrolabiums, dass sie um $48\frac{1}{10}^\circ$ von einander abstanden, und der Mond der Sonne um so viel nachfolgte. Da er nun den Ort der Sonne auf 11° weniger $\frac{1}{10}^\circ$ des Krebses[301]) bestimmte: so folgte, dass der Mond in 29° des Löwen[302]) stand. Um dieselbe Zeit ging der 29ste Grad des Skorpions auf, während der 10te Grad der Jungfrau durch den Meridian von Rhodos ging. und der Nordpol 36° Höhe hatte[303]). Hieraus ergiebt sich, dass der Mond, welcher damals um 90° in der Ekliptik von dem Horizonte entfernt war, keine oder wenigstens eine unmerkliche Parallaxe in der Länge erlitt. Da aber diese Beobachtung an jenem siebenzehnten Tage $8\frac{1}{3}$ Stunden, welchen für Rhodos 4 Aequinoctialstunden entsprechen[304]), Nachmittags angestellt wurde[305]), so waren diese für Krakau $3\frac{1}{6}$ Aequinoctialstunden, weil Rhodos um $\frac{1}{6}$ Stunde uns näher liegt als Alexandrien. Es waren also seit Alexanders Tode 196 Jahre 286 Tage 3 Stunden 10 Minuten nach einfacher Rechnung; genau aber 3 Stunden 20 Minuten verflossen. In dieser Zeit kam die Sonne in mittlerer

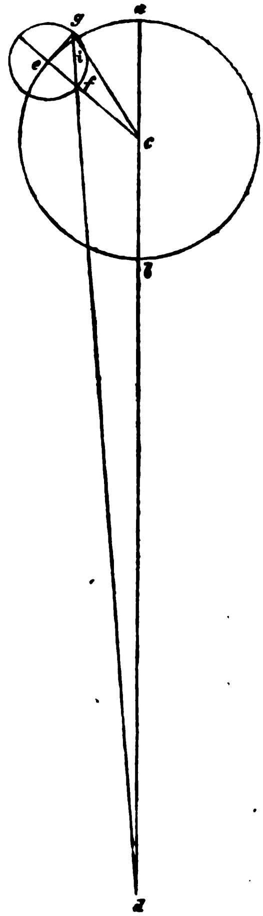


Bewegung nach 12° 3′ des Krebses, in der erscheinenden aber nach 10° 40′ des Krebses, woraus hervorgeht, dass der Mond in der That in 28° 37′ des Löwen stand. Es war aber die gleichmässige Bewegung des Mondes nach der monatlichen Umdrehung 45° 5′, die Bewegung der Anomalie von der grössten Abside nach unserer Berechnung 333°. Nach der Vorschrift dieses Beispiels beschreiben wir den ersten Epicykel *ab*, dessen Mittelpunkt *c* sei, der Durchmesser *acb* werde bis zum Mittelpunkte der Erde gradlinig verlängert und sei *abd*. Nun nehmen wir auf dem Epicykel den Bogen *abe* zu 333°, ziehen *ce* und theilen diese Linie in *f* so, dass *ef* 237 solcher Theile enthält, von denen auf *ec* 1097 gehen. Um *e* als Mittelpunkt beschreiben wir mit dem Radius *ef* den Epicykel *fg* des Epicykels. Der Mond befinde sich im Punkte *g*. Der Bogen *fg* sei 90° 10′, doppelt so gross als die gleichmässige Bewegung von der Sonne, welche 45° 5′ betrug. Man ziehe *cg*, *eg* und *dg*. Da nun von dem Dreiecke *ceg* die beiden Seiten *ce* = 1097 und *eg* = 237 = *ef*, und der Winkel *gec* = 90° 10′ gegeben sind: so ergiebt sich auch nach den Sätzen der ebenen Dreiecke die dritte Seite *cg* = 1123 und der Winkel *ecg* = 12° 11′, woraus auch der Bogen *ei*, als die zu addirende Prosthaphärese der Anomalie, bekannt ist. Es wird also der ganze Bogen *abei* 345° 11′ und als Rest der Winkel *ica* 14° 49′ als wahrer Abstand des Mondes von der grössten Abside des Epicykels *ab*, und der Winkel *bcg* = 165° 11′. Hierdurch sind auch in dem Dreiecke *gdc* die beiden Seiten *gc* = 1123 und *cd* = 10000 und der Winkel *gcd* = 165° 11′ gegeben. Hieraus erhalten wir den Winkel *cdg* = 1° 29′ und die Prosthaphärese, welche zur mittleren Bewegung des Mondes addirt werden muss, damit sie zum wahren Abstande des Mondes vom mittleren Orte der Sonne = 46° 34′ wird. Und sein scheinbarer Ort, 28° 37′ des Löwen, stand vom wahren Orte der Sonne um 47° 57′ ab, was nur um 9′ von der Beobachtung des Hipparch abweicht[306]). Damit aber Niemand wähne, dass entweder die Beobachtung Jenes, oder unsere Berechnung wenigstens in geringem Grade falsch sei, wollen wir doch zeigen, dass weder Jener noch wir einen Fehler begangen haben, sondern dass Alles so richtig ist. Denn, wenn wir uns erinnern, dass die Mondbahn geneigt ist: so werden wir auch zugestehen, dass dies in der Ekliptik eine kleine Aenderung in der Länge bewirkt, vorzüglich in der Gegend der mittleren Oerter, welche zwischen den nördlichsten und südlichsten Punkten und den beiden Knoten liegen, und zwar in der Weise wie bei der schiefen Ekliptik und dem Aequator, und wie wir in Bezug auf die Ungleichmässigkeit des natürlichen Tages auseinandergesetzt haben. Ebenso finden wir auch, wenn wir die Berechnung auf die Mondbahn, von der Ptolomäus gelehrt hat, dass sie gegen die Ekliptik geneigt sei, übertragen: dass der Unterschied der Länge für jene Oerter in Bezug auf die Ekliptik 7′ beträgt, welcher Unterschied verdoppelt zu 14 Minuten wird, und so in entsprechendem Wachsen und Abnehmen auftritt. Stehen also Sonne und Mond um einen Viertelkreis auseinander, und befindet sich die nördliche und südliche Grenze der Breite in der Mitte zwischen denselben: so ist der eingeschlossene Bogen der Ekliptik um 14 Minuten grösser als der Quadrant der Mondbahn, und die Kreise durch die Pole der Ekliptik schliessen in den übrigen Quadranten, welche durch die Knoten halbirt werden, ebenso viel weniger als der Quadrant ein; und so auch hier. Da der Mond etwa in der Mitte zwischen der südlichen Grenze und dem aufsteigenden Knoten, welchen die Neueren den Drachenkopf nennen, stand; und die Sonne schon an dem andern, absteigenden Knoten, welchen Jene den Schwanz nennen, vorüber war: so kann es nicht befremden, wenn jene Monddistanz von 47° 57′ in seiner schiefen Bahn, auf die Ekliptik reducirt, sich vergrösserte um wenigstens 7′; abgesehen davon, dass auch die Sonne bei ihrem Untergange die Erscheinung etwas verkleinerte, worüber bei der Entwickelung der Parallaxen deutlicher gehandelt werden soll. So stimmt jene Monddistanz, welche Hipparch durch sein Instrument auf 48° 6′ bestimmt hat, in bewunderungswürdiger Weise, wie nach einer Verabredung, mit unserer Berechnung überein.

Capitel 11.

Ableitung des Verzeichnisses der Prosthaphäresen oder der Mondgleichungen.

An diesem Beispiele, glaube ich, kann die Methode, die Mondbewegungen zu berechnen, im Allgemeinen eingesehen werden. Die beiden Seiten *ge* und *ce* des Dreiecks *ceg* bleiben immer dieselben; nach dem Winkel *ceg*, welcher sich fortwährend ändert, aber doch immer gegeben ist, berechnen wir die dritte Seite *gc* nebst dem Winkel *ecg*, welcher die Prosthaphärese zur Ausgleichung der Anomalie liefert. Wenn ferner in dem Dreiecke *cdg* die beiden Seiten *dc* und *cg* nebst dem Winkel *dce* in Zahlen gegeben sind: so ergiebt sich in derselben Weise der Winkel *d* zwischen der gleichmässigen und der wahren Bewegung am Mittelpunkt der Erde. Um dies noch zu erleichtern, wollen wir ein Verzeichniss dieser Prosthaphäresen aufstellen, welches sechs Spalten enthält. Auf die beiden gemeinsamen Zahlenangaben des Kreises folgen in dritter Reihe die Prosthaphäresen, welche von dem kleinen Epicykel herrührend, in zweimonatlicher Bewegung, die Gleichmässigkeit der ersten Anomalie ändern. Die darauf folgende Spalte bleibt noch leer und künftigen Zahlen vorbehalten. Die fünfte Spalte nehmen wir zu den Prosthaphäresen des ersten und grösseren Epicykels, welche in den



mittleren Conjunctionen und Oppositionen der Sonne und des Mondes verschwinden, und deren grösster Werth 4° 56′[307]) ist. In die vorletzte Spalte werden die Zahlen gesetzt, um welche die Prosthaphäresen, die bei den Mondvierteln entstehen, jene früheren übertreffen; ihr grösster Werth ist 2° 44′[308]). Um aber auch alle übrigen Abweichungen schätzen zu können, sind Proportionalminuten aufgestellt, deren Bedeutung folgende ist. Die 2° 44′ wurden als 60 genommen, und diese ändern sich bei jeder beliebigen andern Abweichung des Epicykels entsprechend. In demselben Beispiele, wo wir die Linie *cy* zu 1123 solcher Theile nahmen, von denen 10000 auf *cd* gehen, wird beim Zusammentreffen des Epicykels die grösste Prosthaphärese zu 6° 29′[309]), welche jene erstere um 1° 33′[310]) übertrifft. Nun verhalten sich aber 2° 44′ zu 1° 33′ wie 60 zu 34[311]) und hieran haben wir das Verhältniss der Abweichung, welche in dem Halbkreise des kleinen Epicykels eintritt, zu derjenigen, welche für den gegebenen Bogen von 90° 18′ gilt. Wir werden also in der Tafel 34′ in die Gegend von 90° schreiben. Auf diese Weise finden wir für die einzelnen, im Verzeichnisse vorgeschriebenen Bogen desselben Kreises die Proportionaltheile, welche in die leergelassene vierte Spalte eingetragen werden müssen. In der letzten Spalte endlich haben wir die Grade der nördlichen und südlichen Breite hinzugefügt, über welche wir weiter unten sprechen werden. Denn die Bequemlichkeit und die Praxis der Rechnung lehrte uns, dass wir dieselben in dieser Ordnung aufstellen mussten.

TAFEL DER MOND-PROSTHAPHÄRESEN ODER MONDGLEICHUNGEN. [311])

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphäresen des kleinen Epicykels		Proportional-Minuten	Prostaphäresen des grossen Epicykels		Abweichung		Nördliche Breite	
Grade	Grade	Grad	Min.		Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	0	51	0	0	14	0	7	4	59
6	354	1	40	0	0	28	0	14	4	58
9	351	2	28	1	0	43	0	21	4	56
12	348	3	15	1	0	57	0	28	4	53
15	345	4	1	2	1	11	0	35	4	50
18	342	4	47	3	1	24	0	43	4	45
21	339	5	31	3	1	38	0	50	4	40
24	336	6	13	4	1	51	0	56	4	34
27	333	6	54	5	2	5	1	4	4	27
30	330	7	34	5	2	17	1	12	4	20
33	327	8	10	6	2	30	1	18	4	12
36	324	8	44	7	2	42	1	25	4	3
39	321	9	16	8	2	54	1	30	3	53
42	318	9	47	10	3	6	1	37	3	43
45	315	10	14	11	3	17	1	42	3	32
48	312	10	30	12	3	27	1	48	3	20
51	309	11	0	13	3	38	1	52	3	8
54	306	11	21	15	3	47	1	57	2	56
57	303	11	38	16	3	56	2	2	2	44
60	300	11	50	18	4	5	2	6	2	30
63	297	12	2	19	4	13	2	10	2	16
66	294	12	12	21	4	20	2	15	2	2
69	291	12	18	22	4	27	2	18	1	47
72	288	12	23	24	4	33	2	21	1	33
75	285	12	27	25	4	39	2	25	1	18
78	282	12	28	27	4	43	2	28	1	2
81	279	12	26	28	4	47	2	30	0	47
84	276	12	23	30	4	51	2	34	0	31
87	273	12	17	32	4	53	2	37	0	16
90	270	12	12	34	4	55	2	40	0	0

TAFEL DER MOND-PROSTAPHÄRESEN ODER MONDGLEICHUNGEN.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphäresen des kleinen Epicykels		Proportional-Minuten	Prosthaphäresen des grossen Epicykels		Abweichung		Südliche Breite [312]	
Grad	Grad	Grad	Min.		Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
93	267	12	3	35	4	56	2	42	0	16
96	264	11	53	37	4	56	2	42	0	31
99	261	11	41	38	4	55	2	43	0	47
102	258	11	27	39	4	54	2	43	1	2
105	255	11	10	41	4	51	2	44	1	18
108	252	10	52	42	4	48	2	44	1	33
111	249	10	35	43	4	44	2	43	1	47
114	246	10	17	45	4	39	2	41	2	2
117	243	9	57	46	4	34	2	38	2	16
120	240	9	35	47	4	27	2	35	2	30
123	237	9	13	48	4	20	2	31	2	44
126	234	8	50	49	4	11	2	27	2	56
129	231	8	25	50	4	2	2	22	3	9
132	228	7	59	51	3	53	2	18	3	21
135	225	7	33	52	3	42	2	13	3	32
138	222	7	7	53	3	31	2	8	3	43
141	219	6	38	54	3	19	2	1	3	53
144	216	6	9	55	3	7	1	53	4	3
147	213	5	40	56	2	53	1	46	4	12
150	210	5	11	57	2	40	1	37	4	20
153	207	4	42	57	2	25	1	28	4	27
156	204	4	11	58	2	10	1	20	4	34
159	201	3	41	58	1	55	1	12	4	40
162	198	3	10	59	1	39	1	4	4	45
165	195	2	39	59	1	23	0	53	4	50
168	192	2	7	59	1	7	0	43	4	53
171	189	1	36	60	0	51	0	33	4	56
174	186	1	4	60	0	34	0	22	4	58
177	183	0	32	60	0	17	0	11	4	59
180	180	0	0	60	0	0	0	0	5	0

Capitel 12.

Ueber die Berechnung des Mondlaufes.

Die Methode, nach welcher die erscheinende Mondbewegung berechnet wird, ergiebt sich aus dem Dargelegten, und ist folgende. Die gegebene Zeit, für welche wir den Ort des Mondes suchen, reduciren wir auf die gleichmässige; durch diese leiten wir die mittleren Bewegungen der Länge, Anomalie und Breite, welche Letztere wir auch bald bestimmen wollen, in derselben Weise her, wie wir es bei der Sonne gethan haben, von dem gegebenen Anfange Christi oder einem andern an gerechnet; und stellen die Oerter der einzelnen Bestimmungen für die gegebene Zeit fest. Darauf suchen wir die gleichmässige Länge des Mondes, oder seine doppelte Distanz von der Sonne in der Tafel, und notiren die in der dritten Spalte danebenstehende Prosthaphärese nebst den darauf folgenden Proportionaltheilen. Wenn nun die Zahl, mit welcher wir in die Tafel eingegangen sind, in der ersten Spalte steht oder kleiner als 180° ist: so addiren wir die Prosthaphärese zu der Mond-Anomalie, wenn sie aber grösser als 180° ist, und in der zweiten Spalte steht, so ziehen wir sie davon ab, und erhalten die ausgeglichene Anomalie des Mondes, als seine wahre Distanz von der grössten Abside, mit welcher wir wieder in die Tafel eingehen, und die entsprechende Prosthaphärese der fünften Spalte, nebst der Abweichung, welche in der sechsten Spalte folgt, entnehmen; diese Abweichung vergrössert der zweite Epicykel an dem ersten; der hierzu gehörende Proportionaltheil wird nach dem Verhältniss der gefundenen Proportionaltheile zu 60 berechnet, und immer zu dieser Prosthaphärese addirt. Diese Summe wird von der mittleren Bewegung der Länge und Breite abgezogen, so lange die ausgeglichene Anomalie kleiner als 180° oder als der Halbkreis ist; und addirt, wenn die Anomalie grösser ist. Auf diese Weise erhalten wir den wahren Abstand des Mondes von dem mittleren Orte der Sonne, und die ausgeglichene Bewegung der Breite. Daraus ist denn auch der wahre Ort des Mondes, sowohl vom ersten Sterne des Widders durch die einfache Bewegung der Sonne, als auch vom Frühlingsnachtgleichenpunkte durch die zusammergesetzte, nämlich durch die wegen der Präcession desselben corrigirte. Durch die ausgeglichene Bewegung der Breite endlich erhalten wir aus der siebenten und letzten Spalte des Verzeichnisses die Grade der Breite, um welche der Mond von der Ekliptik absteht. Diese Breite wird aber dann nördlich sein, wenn die Bewegung der Länge[313]) auf der ersten Seite der Tafel steht, d. h. wenn sie kleiner als 90° oder grösser als 270° ist; sonst ergiebt sich eine südliche Breite. Und demnach steigt der Mond von Norden herab bis 180°, und erhebt sich von jener südlichen Grenze, bis er die andere Hälfte des Kreises durchlaufen hat. Auf diese Weise hat der erscheinende Mondlauf gewissermaassen ebensoviel um den Mittelpunkt der Erde auszuführen, als der Mittelpunkt der Erde um die Sonne.

Capitel 13.

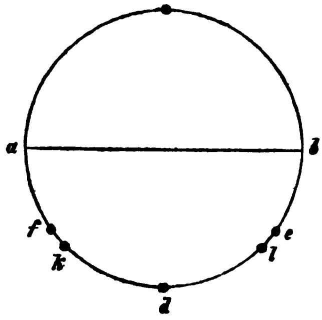
Wie die Bewegung der Mondbreite untersucht und abgeleitet wird.

Nun muss auch die Berechnung der Bewegung der Mondbreite entwickelt werden, welche deswegen schwieriger zu finden zu sein scheint, weil sie von mehr Umständen abhängt. Denn, wie wir oben gesagt haben, wenn zwei Mondfinsternisse in Allem ähnlich und gleich sind, d. h. wenn die verdunkelten Theile dieselben nördlichen oder südlichen Lagen haben, und an demselben aufsteigenden oder absteigenden Knoten stattfinden, und auch die Entfernung des Mondes von der Erde und von der grössten Abside dieselbe ist: so lässt sich wohl erkennen, dass der Mond, bei Eintritt jener Uebereinstimmung, in seiner wahren Bewegung ganze Umläufe seiner Breite zurückgelegt hat; und da der Schatten der Erde ein Kegel ist, und — wenn ein grader Kegel durch eine mit der Basis parallele Ebene geschnitten wird — der Schnittkreis kleiner in grösserer, grösser in kleinerer und folglich gleich in gleicher Entfernung von der Basis ist: so wird auch der Mond in gleichen Entfernungen von der Erde gleiche Schattenkreise passiren und uns bei den Beobachtungen gleiche Scheiben seiner selbst darbieten. Hieraus folgt, dass der Mond, wenn er an derselben Stelle und in gleicher Entfernung von dem Mittelpunkte des Schattens um gleiche Theile hervorragt, uns seiner gleichen Breite versichert, woraus geschlossen werden muss, dass er, an den früheren Ort der Breite zurückgekehrt, von demselben Punkte der Ekliptik um gleiche Bogen abstehe; — namentlich wenn auch der Ort für beide Körper übereinstimmt: — denn sowohl sein eigenes Nähern und Entfernen, als auch dasjenige der Erde ändert die ganze Grösse des Schattens, und zwar in einem Maasse, welches kaum ermittelt werden kann. Jemehr also die Zeit für beide übereinstimmt, desto bestimmter können wir die Bewegung der Mondbreite erhalten, wie das schon bei der Sonne erwähnt ist. Da es aber selten vorkommt, dass man zwei in diesen Beziehungen übereinstimmende Finsternisse findet, — uns sind wenigstens bis heute keine solche begegnet, — so wollen wir zeigen, dass es auch einen andern Weg giebt, auf welchem man dasselbe erreichen kann. Wenn nämlich der Mond, während die übrigen Bedingungen bleiben, auf entgegengesetzten Seiten, und an entgegengesetzten Knoten verfinstert wird: so beweist dies, dass der Mond bei der zweiten Finsterniss an einen dem früheren diametral entgegengesetzten Ort gelangt ist, und ausser ganzen Umläufen, einen Halbkreis beschrieben hat. Dies scheint zur Untersuchung dieses Gegenstandes auszureichen. Wir haben nämlich zwei Finsternisse gefunden, welche diesen Bedingungen nahe kommen: die Erste, im 7ten Jahre des Ptolomäus Philometor, welches das 150ste Alexanders war, nachdem, wie Claudius[314]) sagt, 27 Tage des siebenten ägyptischen Monats Phamenoth verstrichen war, in der Nacht, auf welche der 28ste folgte. Der Mond wurde vom Anfange der 8ten Stunde bis zum Ende der 10ten Stunde in nächtlichen Zeitstunden Alexandriens, im Maximum um 7 Zoll des Monddurchmessers von Norden her bei absteigendem Knoten verfinstert. Die Mitte der Verfinsterungszeit war zwei Zeitstunden (wie er sagt) nach Mitternacht, welche 2⅓ Aequinoctialstunden ausmachen, während die Sonne im sechsten Grade des Stiers stand, in Krakau wäre es eine und ⅓ Stunde gewesen. Die Zweite haben wir unter dem Meridiane von Krakau im Jahre Christi 1509 den 2ten Juni, als die Sonne im 21sten Grade der Zwillinge stand, beobachtet; ihre Mitte fiel 11⅗ Aequinoctialstunden nach dem Mittage jenes Tages, wobei ungefähr 8 Zoll des Monddurchmessers von Süden her beim aufsteigenden Knoten verfinstert wurden. Es sind also vom Anfange der Jahre Alexanders 149 ägyptische Jahre 206 Tage 14⅓ Stunden Alexandriner Zeit, aber 13⅓ Stunden scheinbare Krakauer Zeit, genau 13½ Stunden. Zu dieser Zeit war der Ort der gleichmässigen Anomalie nach unserer Rechnung 163° 33′, was mit Ptolomäus[215]) ungefähr stimmt, und die Prosthaphärese betrug 1° 23′, um welche der wahre Ort des Mondes kleiner war, als der gleichmässige. Für die zweite Finsterniss waren es aber seit demselben Anfange der Jahre Alexanders 1832 ägyptische Jahre 295 Tage 11 Stunden 45 Minuten scheinbare Zeit, gleichmässige aber 11 Stunden 55 Minuten. Daher betrug die gleichmässige Bewegung des Mondes 182° 18′, der Ort der Anomalie 159° 55′, die ausgeglichene aber 159° 13′, die Prosthaphärese, um welche die gleichmässige Bewegung kleiner war, als die scheinbare, 1° 44′. Es ergiebt sich also, dass bei beiden Finsternissen die Entfernung des Mondes von der Erde gleich, und die Sonne bei beiden im Apogeum gewesen ist; aber in der Verfinsterung bestand ein Unterschied von einem Zoll. Da aber der Durchmesser des Mondes ungefähr einen halben Grad einzunehmen pflegt, wie wir später beweisen werden: so beträgt sein zwölfter Theil, für einen Zoll, 2½ Minuten, denen für den schiefen Kreis des Mondes in der Nähe des Knoten fast ein halber Grad entspricht, um welchen bei der zweiten Finsterniss der Mond von dem aufsteigenden Knoten mehr entfernt war, als bei der ersten von dem absteigenden Knoten, woraus klar ist, dass die wahre Bewegung der Mondbreite ausser den vollen Umläufen 179½° betragen hat. Aber zu der gleichmässigen Anomalie des Mondes zwischen der ersten und zweiten Finsterniss kommen 21 Minuten hinzu, um welche die Prosthaphäresen unter sich verschieden sind. Wir haben also die gleichmässige Bewegung der Mondbreite ausser den ganzen Umläufen = 179° 51′. Die Zeit zwischen beiden Finsternissen betrug 1683 ägyptische Jahre 88 Tage 22 Stunden 35 Minuten scheinbarer Zeit, welche mit der gleichmässigen übereinstimmt. In dieser Zeit sind 22577 Umläufe 179° 51′ vollendet, und dies stimmt mit dem, was wir schon entwickelt haben.

Capitel 14.

Ueber die Oerter der Anomalie der Breite des Mondes.

Um aber auch die Oerter dieser Bewegung für die früher angenommenen Anfänge festzustellen, haben wir noch zwei Mondfinsternisse hinzugenommen, nicht an demselben Knoten, auch nicht, wie im Vorhergehenden, in diametral entgegengesetzten, sondern in denselben, nördlichen oder südlichen Punkten; während nach der Vorschrift des Ptolomäus[316]) alle übrigen Umstände, wie wir dieselben angegeben haben, gewahrt bleiben; und durch diese werden wir unsern Zweck fehlerfrei erreichen. Die erste Finsterniss, deren wir uns schon bei der Untersuchung der anderen Bewegungen des Mondes bedient haben[317]), war diejenige von der wir gesagt haben, dass sie von Cl. Ptolomäus beobachtet ist, und zwar im 19ten Jahre Hadrian's, nachdem zwei Tage des Monats Choiak verflossen waren, um eine Aequinoctialstunde Alexandriner Zeit vor Mitternacht, also nach Krakauer Zeit zwei Stunden vor Mitternacht, auf welche der dritte Tag folgte. Der Mond wurde um die Mitte der Finsterniss auf zehn Zwölftel des Durchmessers, d. h. zehn Zoll von Norden verfinstert, während die Sonne in 25° 10′ der Waage stand; der Ort der Anomalie des Mondes war 64° 38′ und ihre abzuziehende Prosthaphärese betrug 4° 20′ in der Gegend des absteigenden Knoten. Die zweite haben wir wieder mit grosser Sorgfalt zu Rom beobachtet, im Jahre Christi 1500 den 6ten November zwei Stunden nach der Mitternacht, welche den 6ten November anfing. Zu Krakau, das 5 Grade östlich liegt, war es zwei und zweifünftel Stunden nach Mitternacht, während die Sonne in 23° 16′[318]) des Skorpions stand; es wurden wieder von Norden her 10 Zoll verfinstert. Dies sind also vom Tode Alexander's 1824 ägyptische Jahre 84 Tage 14 Stunden 20 Minuten scheinbare, oder 14 Stunden 16 Minuten gleichmässige Zeit. Also war die mittlere Bewegung des Mondes 174° 14′, die Anomalie des Mondes 294° 40′, die ausgeglichene 291° 35′. die zu addirende Prosthaphärese 4° 28′. Es ist offenbar, dass der Mond bei diesen beiden Finsternissen auch einen gleichen Abstand von der grössten Abside hatte, auch war die Sonne bei beiden ungefähr in ihrer mittleren Abside, und die Grössen der Finsternisse waren gleich. Dies beweist, dass die südliche Breite des Mondes auch gleich war, und dass der Mond also gleiche Abstände von den Knoten hatte, aber hier aufsteigend, dort absteigend war. Es liegen nun zwischen beiden Finsternissen 1366 ägyptische Jahre 358 Tage 4 Stunden 20 Minuten scheinbare Zeit, gleichmässige aber 4 Stunden 24 Minuten, in welcher Zeit die mittlere Bewegung der Breite 159° 55′ beträgt. Es sei nun *acb* der schiefe Kreis des Mondes, sein Durchmesser *ab* sei der gemeinschaftliche Schnitt mit der Ekliptik, in *c* befinde sich die nördliche, in *d* die südl. Grenze, *a* sei der absteigende, *b* der aufsteigende Knoten. Es mögen nun die beiden Bogen *af* und *be* auf der südlichen Hälfte gleich angenommen werden. Die erste Finsterniss fand im Punkte *f*, die zweite in *e* statt. Ferner sei *fk* die abzuziehende Prosthaphärese bei der ersten Finsterniss, *el* die zu addirende bei der zweiten. Der Bogen *kl* enthält nun 159° 55′, wenn zu diesem *fk* $=$ 4° 20′



und *el* = 4° 28′ hinzuaddirt wird: so wird der ganze Bogen *fkle* = 168° 43′; der Rest des Halbkreises ist also 11° 17′ und dessen Hälfte 5° 39′ gleich *af* gleich *be*, nämlich gleich den wahren Abständen des Mondes von der Knotenlinie *ab*, und folglich ist *afk* = 9° 59′. Daraus ergiebt sich auch der mittlere Ort der Breite von der nördlichen Grenze, d. h. *cafk* zu 99° 59′. Es sind aber bis zu diesem Orte und bis zu der Zeit der Ptolomäischen Beobachtung vom Tode Alexander's 457 ägyptische Jahre 91 Tage 10 Stunden scheinbare, also 9 Stunden 54 Minuten gleichmässige Zeit verflossen, während welcher die Bewegung der Breite 50° 59′ betrug; wenn diese von 99° 59′ abgezogen werden, so bleiben 49° für den Mittag des ersten Tages des ersten ägyptischen Monats Thoth, zu Anfange der Jahre Alexanders. Dies ist aber auf den Meridian von Krakau bezogen. Hieraus sind auch für die übrigen Epochen, den Zeitdifferenzen gemäss, die Oerter der Breite des Mondes, von der nördlichen Grenze an gerechnet, gegeben und davon leiten wir die Bewegung selbst ab. Von der ersten Olympiade bis zum Tode Alexanders sind es 451 ägyptische Jahre 247 Tage, wovon zur Ausgleichung der Zeit 7 Minuten abgezogen werden. Zu dieser Zeit war der Ort der Breite 136° 57′. Von der ersten Olympiade bis auf Cäsar sind es 730 ägyptische Jahre 12 Stunden, denen zur Ausgleichung der Zeit 10 Minuten hinzugefügt werden. Zu dieser Zeit ist der gleichmässige Ort 206° 53′. Dann bis Christus 45 Jahre 12 Tage[319]). Wenn wieder von jenen 49° abgezogen werden 136° 57′, nachdem 360° hinzugefügt sind, so bleiben 272° 3′ für den Mittag des ersten Tages des Hekatombäon der ersten Olympiade. Wenn hierzu wieder 206° 53′ addirt werden, so kommen 118° 56′ für die Mitternacht des ersten Januar der julianischen Jahre; werden endlich 10° 49′ hinzuaddirt: so ergiebt sich der Ort Christi, ebenfalls um Mitternacht des ersten Januars, zu 129° 45′.

Capitel 15.

Construction des parallactischen Instrumentes.[320])

Dass die grösste Breite des Mondes, dem Neigungswinkel seiner Bahn gegen die Ekliptik entsprechend, fünf Grade beträgt, von denen 360 auf einen Kreis gehen, dies zu beobachten, hat uns das Schicksal nicht dieselbe Gelegenheit geboten, wie dem Cl. Ptolemäus, weil uns die Parallaxen des Mondes hinderlich waren. Dieser nämlich beobachtete zu Alexandrien, wo der Nordpol eine Höhe von 30° 58′ hat, bis zu welchem Grade der Mond sich dem Zenith am meisten näherte, also wenn er im Anfange des Krebses und in seiner nördlichen Grenze stand, was er schon durch die Rechnung vorauswissen konnte. Er fand nun damals mittelst eines Instrumentes, — welches er das parallactische nennt, und welches dazu eingerichtet war, die Parallaxen des Mondes zu messen, — den kleinsten Abstand des Mondes vom Zenith zu $2\frac{1}{8}$°, bei welchem die Parallaxe, wenn überhaupt eine solche stattfand, eben wegen dieses so kleinen Abstandes, eine nur sehr mässsige sein musste. Zieht man $2^1/_8{}^0$ von 30^0 $58'$ ab, so bleiben 28^0 $51^1/_2{}'$, was die grösste Schiefe der Ekliptik, die damals 23^0 $51'$ $20''$ [321]) betrug, um ungefähr 5 volle Grade übertrifft, und diese Breite des Mondes findet sich nach den übrigen Einzelnheiten bis heute übereinstimmend. Das parallactische Instrument besteht aus dreien Linealen, von denen zwei gleich und wenigstens vier Ellen lang sind, das dritte aber länger ist. Dieses und das eine der beiden anderen sind mit den beiden Enden des dritten durch kunstgerechte Durchbohrungen und dazu passende Axen oder Stifte so verbunden, dass sie sich in einer und derselben Ebene drehen, aber in jenen Gelenken durchaus nicht zittern können. Auf dem längeren Lineale ist, von dem Mittelpunkte seines Gelenkes, seiner ganzen Länge nach eine grade Linie eingeschnitten, auf welcher ein, dem so genau als möglich gemessenen Abstande der Gelenke gleiches Stück abgetragen ist. Dieses wird in tausend, oder wo möglich in mehr gleiche Theile getheilt, und diese Theilung auf der Verlängerung in gleicher Weise fortgesetzt, bis das Ganze 1414 Theile enthält. Dies ist die Länge der Seite eines Quadrates, welches in einen Kreis eingezeichnet werden kann, dessen Radius 1000 Theile enthält. Das Uebrige, um was dieses Lineal länger ist, kann als überflüssig abgeschnitten werden. Auch auf dem andern Lineale wird, von dem Mittelpunkte des Gelenkes aus, eine Linie gezeichnet, welche tausend jener Theile enthält, also dem Abschnitte zwischen den Mittelpunkten der Gelenke auf dem ersten Lineale gleich ist. Dasselbe trägt an der Seite Oeffnungen, wie es beim Diopter üblich ist, durch welche gesehen wird, und die so abgepasst sind, dass die Absehenslinie gegen die Linie, welche auf der Länge des Lineales gezeichnet ist, sich durchaus nicht neigt, sondern von derselben überall gleich weit absteht. Es ist auch dafür gesorgt, dass diese Linie, welche mit ihrem Ende an das längere Lineal reicht, die getheilte Linie treffen kann; so dass auf diese Weise aus den Linealen ein gleichschenkliges Dreieck gebildet wird, dessen Basis aus Theilen der eingetheilten Linie besteht. Hierauf wird ein sehr gut gekanteter und polirter Pfahl aufgerichtet und befestigt, an welchen das Instrument mit demjenigen Lineale, welches die beiden Gelenke trägt, mittelst einiger Hespen angefügt wird, in denen es sich wie eine Thür drehen kann; so zwar, dass die grade Linie, welche durch die Mittelpunkte der Gelenke des Lineales geht, immer senkrecht steht und auf das Zenith, wie die Axe des Horizontes, gerichtet ist. Will man nun die Zenithdistanz irgend eines Sternes finden, so sieht man, nachdem das Gestirn durch die Diopter des Lineals richtig visirt und das Lineal mit der getheilten Linie unterhalb beobachtet ist, wie viele Theile den Winkel spannen, welcher zwischen der Absehenslinie und der Axe des Horizontes liegt. Von diesen Theilen enthält der Durchmesser des Kreises 2000^0, und man erhält aus dem Verzeichnisse den verlangten Bogen des grössten Kreises zwischen dem Gestirn und dem Zenith.

Capitel 16.

Wie man die Parallaxen des Mondes erhält.[322])

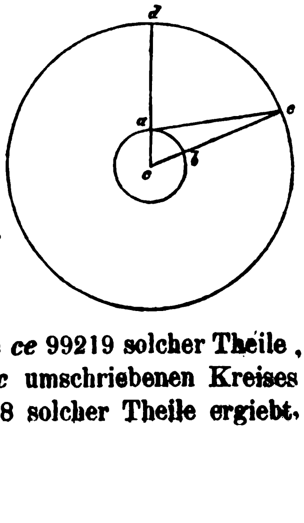
Durch dieses Instrument erhielt, wie gesagt, Ptolemäus die grösste Breite des Mondes zu 5°. Hierauf wandte er sich zur Bestimmung der Parallaxe desselben, und sagt, dass er dieselbe in Alexandrien zu 1° 7′ gefunden habe, während die Sonne in 5° 28′ der Waage stand, die mittlere Distanz des Mondes und der Sonne 78° 13′, die gleichmässige Anomalie 262° 20′, die Bewegung der Breite 354° 40′, die zu addirende Prosthaphärese 7° 26′ und folglich der Ort des Mondes in 3° 9′ des Steinbocks war. Die gleichmässige Bewegung der Breite betrug 2° 6′, die nördliche Breite des Mondes 4° 59′, seine Declination vom Aequator 23° 49′, die Breite von Alexandrien 30° 58′. Es stand aber, wie er sagt, der Mond ungefähr im Meridiane und, nach der Beobachtung durch das Instrument, 50° 55′ vom Zenith, d. h. um 1° 7′ mehr als die Rechnung ergab. Hieraus beweist er, nach der Ansicht der Alten vom excentrischen Kreise und dem Epicykel, dass der Abstand des Mondes vom Mittelpunkte der Erde $39^{45}/_{60}$ solcher Theile betrug, von denen der Erdhalbmesser einen darstellt, — und folgert weiter aus der Bewegung derselben Kreise, dass die grösste Entfernung des Mondes von der Erde, welche, wie man behauptet, im Apogeum des Epicykels beim Neu- und Vollmonde eintritt, $64^1/_6$ derselben Theile, — die kleinste aber, welche bei den Quadraturen der Mondviertel und im Perigeum des Epicykels stattfinde, $33^{33}/_{60}$ solcher Theile betrage. Hieraus ermittelte er auch die Parallaxen, welche bei 90° vom Zenith eintreten, und zwar die kleinste zu 53′ 34″, die grösste zu 1° 43′, wie man dies weiter aus dem ersehen kann, was er hierüber entwickelt hat. Es ist aber für den, der sehen will, schon von vornherein klar, dass sich dies weit anders verhält, wie wir uns vielfältig überzeugt haben. Zwei Beobachtungen wollen wir aber wieder besonders untersuchen, aus denen hervorgeht, dass unsere Annahmen über den Mond um so gewisser sind als jene, je mehr dieselben mit den Erscheinungen übereinstimmen, und keinerlei Zweifel übrig lassen. Im Jahre Christi 1522 den 27sten September nach Ablauf von $5^2/_3$ gleichmässigen Stunden, Nachmittags bei Sonnenuntergange fanden wir nämlich zu Frauenburg durch das parallactische Instrument den Abstand des Mittelpunktes des Mondes vom Zenith im Meridiane zu 82° 50′. Es waren mithin vom Anfange der Jahre Christi bis zu dieser Stunde 1522 ägyptische Jahre 284 Tage $17^2/_3$ Stunden scheinbarer Zeit, also 17 Stunden 34 Minuten gleichmässiger Zeit verflossen. Nach der Rechnung war daher der scheinbare Ort der Sonne in 13° 29′ der Waage, die gleichmässige Bewegung des Mondes von der Sonne 87° 6′, die gleichmässige Anomalie 357° 39′, die wahre 358° 40′, die zu addirende Prosthaphärese 7′. Also war der wahre Ort des Mondes in 12° 33′ des Steinbocks. Die mittlere Bewegung der Breite von der nördlichen Grenze betrug 197° 1′, die wahre 197° 8′, die südliche Breite des Mondes 4° 47′, die Declination vom Aequator 27° 41′, die Breite unsres

Beobachtungsortes 54° 19′, welche mit der Declination des Mondes zusammen den wahren Abstand vom Zenith zu 82° ergiebt. Folglich kamen die übrigen 50′ auf die Parallaxe, welche nach der Ueberlieferung des Ptolemäus 1° 17′ hätte sein müssen. Die zweite Beobachtung haben wir wieder an demselben Orte angestellt im Jahre Christi 1524 den 7ten August nach Ablauf von 6 Stunden Nachmittags, und durch dasselbe Instrument den Mond um 81° 55′ vom Zenith entfernt gefunden. Es waren also vom Anfange der Jahre Christi bis zu dieser Stunde 1524 ägyptische Jahre 234 Tage 18 scheinbare Stunden, welche auch 18 gleichmässige Stunden waren, verflossen. Nun war der Ort der Sonne nach der Berechnung in 24° 14′ des Löwen, die mittlere Bewegung des Mondes von der Sonne 97° 6′, die gleichmässige Anomalie 242° 10′, die ausgeglichene 239° 40′, die zu der mittleren Bewegung hinzuzuaddirende Prosthaphärese nahe 7°. Also war der wahre Ort des Mondes in 9° 39′ des Schützen. Die mittlere Bewegung der Breite betrug 193° 19′, die wahre 200° 17′, die südliche Breite des Mondes 4° 41′, die südliche Declination 26° 36′, welche mit der Breite des Beobachtungsortes, nämlich 54° 19′, als Zenithdistanz des Mondes 80° 55′ ergiebt; die scheinbare Zenithdistanz war aber 82°, also kam der Ueberschuss von 1° 5′ auf die Parallaxe des Mondes, welche nach Ptolemäus und der Meinung der Früheren 1° 38′ hätte sein müssen, weil das harmonische Verhältniss, welches aus ihrer Annahme folgt, dies verlangt.

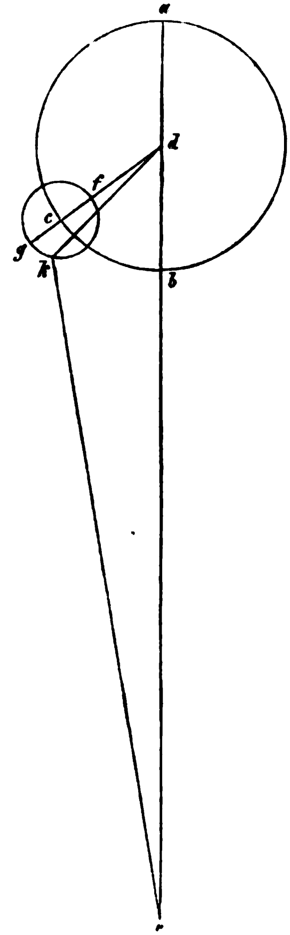
Capitel 17.

Die Entfernung des Mondes von der Erde, und Nachweis darüber, in welchem Verhältnisse dieselbe zu dem Erdradius steht.

Hieraus ergiebt sich nun, wie gross die Entfernung des Mondes von der Erde ist, ohne welche kein bestimmtes Verhältniss der Parallaxe angegeben werden kann, denn Beide stehen in Wechselbeziehung, und dies erklärt sich folgendermaassen. Es sei *ab* ein grösster Kreis der Erde, *c* ihr Mittelpunkt, um welchen noch ein zweiter Kreis beschrieben werde, im Verhältniss zu welchem die Erde eine merkliche Grösse habe, dieser sei *de* und *d* sei der Pol des Horizontes. In *e* stehe der Mittelpunkt des Mondes, dessen bekannte Zenithdistanz *de* sei. Nun war also der Winkel *dae* bei der ersten Beobachtung 82° 50′ und *ace* nach der Berechnung nur 82°, also ihre Differenz *aec* = 50′, welche auf die Parallaxe kamen. In dem Dreiecke *ace* sind die Winkel gegeben, und also auch die Seiten Wegen



des gegebenen Winkels *cae* nämlich enthält die Seite *ce* 99219 solcher Theile, von denen der Durchmesser des dem Dreiecke *aec* umschriebenen Kreises 100000 enthält, und *ac* 1454, was für *ce* nahezu 68 solcher Theile ergiebt, von denen *ac* als Erdradius einen Theil ausmacht. Und dies war bei der ersten Beobachtung die Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde. Bei der zweiten Beobachtung war aber der beobachtete Winkel *dae* 82°, der berechnete Winkel *ace* aber 80° 55′ und der Rest, also *aec*, 65′. Folglich enthielt *ec* 99027 und *ac* 1894 solcher Theile, von denen 100000 auf den Durchmesser des dem Dreiecke umschriebenen Kreises kommen; und es war die Entfernung des Mondes *ce* $56^{42}/_{60}$ solcher Theile, von denen der Erdradius *ac* einen enthielt. — Jetzt sei *abc* der grössere Epicykel des Mondes, *d* dessen Mittelpunkt und *e* der Mittelpunkt der Erde, von wo die grade Linie *ebda* so gezogen sei, dass *a* das Apogeum und *b* das Perigeum ist. Der Bogen *abc* werde nach der berechneten gleichmässigen Anomalie des Mondes gleich 242° 10′ gemacht. und der zweite Epicykel *fgk* beschrieben, dessen Bogen *fgk*, als die doppelte Distanz des Mondes von der Sonne, gleich 194° 10′ sei. Man ziehe die Linie *dk*, welche von der Anomalie 2° 27′ abschneidet, und den Winkel *kdb* der ausgeglichenen Anomalie zu 59° 43′ ergiebt, da der ganze Winkel *cdb* 62° 10′ betrug, um welchen die Anomalie grösser als der Halbkreis war. Der Winkel *bek* war aber 12°. Die Winkel des Dreiecks *kde* sind also in Theilen, von denen 180 zwei Rechte betragen, gegeben, folglich ergiebt sich auch das Verhältniss der Seiten, *de* = 91856 und *ek* = 86354 solcher Theile, von denen auf den Durchmesser des um das Dreieck *kde* umschriebenen Kreises 100000 kommen. Aber von solchen Theilen, deren *de* 100000 enthält, beträgt *ke* 94010. Früher ist gezeigt, dass *df* 8600 und die ganze Linie *dfg* 13340 solcher Theile enthält. Da nun *ek*, wie bewiesen ist, $56^{42}/_{60}$ Erdradien enthält, so folgt nach dem eben gegebenen Verhältnisse, dass *de* $60^{18}/_{60}$, *df* $5^{11}/_{60}$, *dfg* $8^{2}/_{60}$ und folglich auch die ganze Linie *edg*, in eine grade Linie ausgestreckt, als grösste Entfernung des Mondviertels, $68^{1}/_{3}$ beträgt; und dass, wenn man *dg* von *ed* abzieht, der Rest als kleinste Entfernung $52^{17}/_{60}$ ebensolcher Theile enthält. Ebenso kommen auch auf die ganze Linie *edf*, welche die grösste Entfernung des Voll- und Neumondes ist, $65^{1}/_{2}$ und, wenn man *df* abzieht, auf die kleinste $55^{8}/_{60}$ Erdradien. Es darf uns nicht beirren, dass Andere, — zumal Solche, denen die Parallaxen des Mondes, wegen der Lage ihrer Beobachtungsörter, nur zum Theil bekannt werden konnten, — die grösste Entfernung des Voll- und Neumondes auf $69^{1}/_{6}$ Erdradien schätzen. Uns gestattete die grössere Nähe des Mondes



in Bezug auf den Horizont, an welchem die Parallaxen bekanntlich ihre volle Grösse erhalten, dieselben vollständiger zu messen, und doch fanden wir, dass die Parallaxen um nicht mehr, als um eine Minute verschieden sind.

Capitel 18.

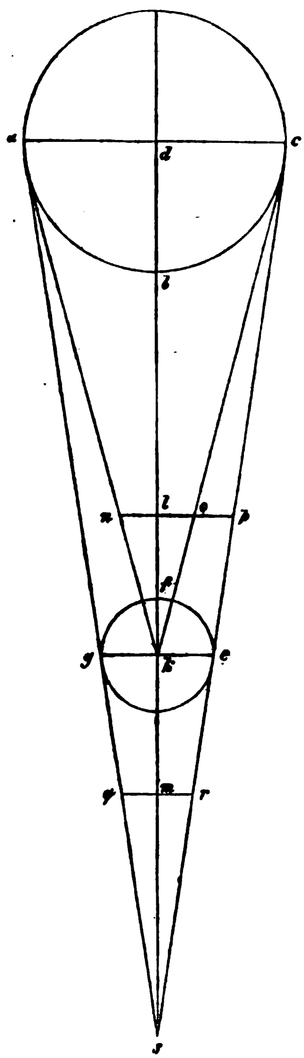
Ueber den Durchmesser des Mondes und des Erdschattens an der Stelle des Durchganges des Mondes.[223])

Neben der Entfernung des Mondes von der Erde sind auch die scheinbaren Durchmesser des Mondes und des Schattens veränderlich, weshalb wir auch von diesen reden müssen. Obgleich die Durchmesser der Sonne und des Mondes mittelst des Diopters des Hipparch richtig gemessen werden, so glaubt man doch, dies beim Monde viel genauer erreichen zu können mit Hülfe einiger auserwählter Mondfinsternisse, bei denen der Mond um gleich viel von seiner grössten und kleinsten Abside absteht; zumal wenn alsdann die Sonne in gleicher Weise sich dem so anschliesst, dass der Schattenkreis, welchen der Mond bei jeder derselben zu durchlaufen hat, gleich befunden wird; nur dass die Finsternisse sich auf ungleiche Theile erstrecken. Es ist nämlich offenbar, dass der Unterschied zwischen den verfinsterten Theilen und den entsprechenden Breiten des Mondes auf die Grösse des Bogens eines um den Mittelpunkt der Erde beschriebenen Kreises schliessen lässt, welchen der Durchmesser des Mondes einnimmt; — kennt man aber diesen, so findet man auch bald den Halbmesser des Schattens. Dies mag an einem Beispiele deutlicher gemacht werden. Wenn also zur Zeit der Mitte einer früheren Finsterniss drei Zoll vom Halbmesser des Mondes verfinstert sind, während seine Breite 47′ 54″ beträgt, und bei einer späteren, bei welcher die Breite 29′ 37″ war, zehn Zoll verfinstert wurden, so ist der Unterschied zwischen den Grössen der Finsternisse sieben Zoll, und derjenige zwischen den Breiten 18′ 17″, während 31′ 20″, als der scheinbare Durchmesser des Mondes, zwölf Zollen entsprechen. Es ergiebt sich also, dass der Mittelpunkt des Mondes zur Zeit der Mitte der ersten Finsterniss um den vierten Theil des Durchmessers desselben aus dem Schatten hervorragte, diesem entsprechen 7′ 50″ der Breite; und zieht man diese von den 47′ 54″ der ganzen Breite ab, so bleiben 40′ 4″ für den Halbmesser des Schattens. Ebenso reichte bei der zweiten Finsterniss der Schatten um den dritten Theil des Monddurchmessers, also um eine Breite von 10′ 27″, über den Mittelpunkt des Mondes hinaus; addirt man diese zu den 29′ 37″, so erhält man ebenfalls 40′ 4″ für den Halbmesser des Schattens[224]). Freilich ist des Ptolemäus' Meinung, dass, während Sonne und Mond bei ihrer Conjunction und Opposition in ihren grössten Entfernungen von der Erde stehen, der Durchmesser des Mondes 31′ 20″ beträgt, und ebenso gross, behauptet er, den Durchmesser der Sonne durch das Diopter des Hipparch gefunden zu haben. Der Durchmesser des Schattens soll aber 1° 21′ 20″ sein, und er glaubte, dass diese Grössen sich zu einander wie 13 zu 5 verhielten, so dass der Durchmesser des Schattens $2^3/_5$ mal so gross sei, als derjenige des Mondes und der Sonne.

Capitel 19.

Wie man die Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde, die Durchmesser derselben und des Schattens an der Stelle des Durchganges des Mondes und die Axe des Schattens zugleich ableitet.

Nun hat aber auch die Sonne eine Parallaxe, welche wegen ihrer Kleinheit nicht ebenso leicht und nur dadurch erkannt wird, dass die Entfernung der Sonne und des Mondes von der Erde, die Durchmesser derselben und des Schattens an der Durchgangsstelle des Mondes, und die Axe des Schattens unter sich in gegenseitiger Abhängigkeit stehen: deshalb ergeben sie sich gegenseitig in ungezwungener Entwickelung. Zuerst wollen wir die Ansichten, welche Ptolomäus hierüber hegte[325]), und wie er dieselben bewies, untersuchen, und daraus dasjenige, was als wirklich wahr erscheint, schöpfen. Er nimmt den scheinbaren Durchmesser der Sonne zu 31′ 20″ an, und bedient sich desselben ohne Unterschied; den Durchmesser des Voll- und Neumondes, welche im Apogeum eintreten sollen, setzt er jenem gleich, und behauptet, dass der Mond alsdann $64^1/_6$ Erdhalbmesser von der Erde entfernt sei. Hieraus leitet er das Uebrige folgendermassen ab. Es sei der Umfang der Sonne *abc*, ihr Mittelpunkt *d*; *efg* der Umfang der Erde in ihrer grössten Entfernung von der Sonne, ihr Mittelpunkt *k*; die graden Linien *ag* und *ec* seien die gemeinschaftlichen Tangenten, welche verlängert in der Spitze des Schattens *s* zusammentreffen; durch den Mittelpunkt der Sonne und der Erde werde *dks*, und ausserdem noch die Linien *ak*, *kc*, *ac* und *ge* gezogen, welche beiden Letzteren, wegen der ungeheuren Entfernung, von den Durchmessern nicht unterschieden sind. Auf der Linie *dks* werden die gleichen Stücke *lk* und *km* abgeschnitten, den Entfernungen entsprechend, welche nach seiner Meinung der volle und der neue Mond im Apogeum hat, und welche $64^1/_6$ solcher Theile

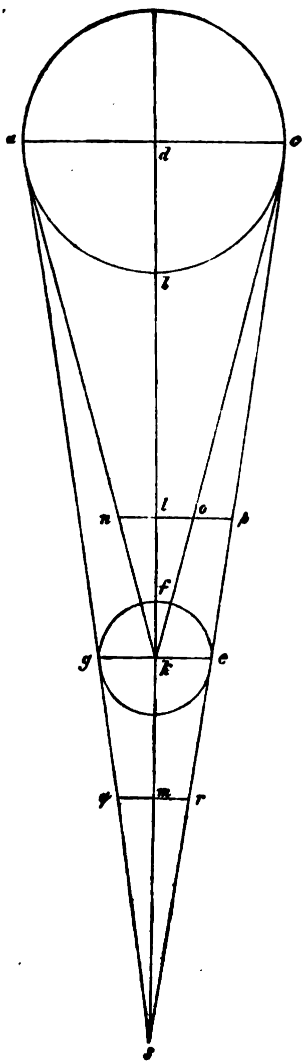


betragen, von denen *ek* die Einheit ist; *qmr* sei der Durchmesser des Schattens an der Stelle des Durchganges des Mondes, *nlo* sei der Durchmesser des Mondes, rechtwinklig gegen *dk* und werde bis *p* verlängert. Zuerst soll nun das Verhältniss von *dk* zu *ke* gefunden werden. Da der Winkel *nko* 31′ 20″ beträgt, so ist die Hälfte *lko* gleich 15′ 40″ und der Winkel bei *l* ist ein Rechter. In dem Dreiecke *lko* sind also die Winkel gegeben, und folglich auch das Verhältniss der Seiten *kl* zu *lo*, und *lo* seiner Länge nach $17^{33}/_{60}$ Sechzigstel solcher Theile, von denen *lk* $64^1/_6$ oder *ke* einen Theil enthält; und weil *lo* sich zu *mr* verhalten soll wie 5 zu 13: so enthält *mr* $45^{38}/_{60}$ Sechzigstel derselben Theile. Da aber *lop* und *mr* in gleichen Abständen mit *ke* parallel sind: so ist *lop* und *mr* zusammen doppelt so gross als *ke;* zieht man davon *mr* und *lo* ab: so bleibt *op* gleich $56^{49}/_{60}$ Sechzigstel. Nach dem zweiten Lehrsatze des sechsten Buches Euklid's verhalten sich *ec* zu *pc*, *kc* zu *oc* und *kd* zu *ld* wie *ke* zu *op*, d. h. wie 60 zu $56^{49}/_{60}$.[326]) Ebenso ergiebt sich *ld* zu $56^{49}/_{60}$, wenn *dlk* 60 ist, und der Rest *kl* zu $3^{11}/_{60}$. Insofern aber *kl* $64^1/_6$ solcher Theile enthält, deren *fk* einer ist: so kommen auf *kd* 1210. Nun hat sich schon gezeigt, dass *mr* $45^{38}/_{60}$ Sechzigstel solcher Theile enthält, und es besteht das Verhältniss *ke* zu *mr* wie *kms* zu *ms*, folglich enthält auch *km* $14^{22}/_{60}$ Sechzigstel von *kms;* und umgekehrt, wenn *km* $64^1/_6$ enthält: so kommen auf *kms*, als auf die Axe des Schattens, 268.[327]) So Ptolomäus. Andere aber, nach Ptolomäus, stellten, als sie fanden, dass dies den Erscheinungen nicht genügend entspreche, gewisse andere Annahmen auf. Nichts destoweniger behaupten sie, dass die grösste Entfernung des vollen und neuen Mondes von der Erde $64^1/_6$ Erdradien sei, der scheinbare Durchmesser der Sonne im Apogeum 31′ 20″ betrage und sich zu dem Durchmesser des Schattens an der Stelle des Durchgangs des Mondes verhalte, wie 13 zu 5, ganz wie Ptolomäus selbst. Sie sagen jedoch, dass der scheinbare Durchmesser des Mondes alsdann nicht grösser sei als $29^1/_2$′, setzen deshalb den Durchmesser des Schattens gleich 1° 16′ 45″, glauben, dass hieraus die Entfernung der Sonne von der Erde gleich 1146 und die Axe des Schattens gleich 254 Erdradien folge, und schreiben diese Entdeckung, welche jedoch nicht begründet werden kann, jenem aratäischen Philosophen[328]) zu. Wir haben aber dies so in Ordnung bringen und verbessern müssen, dass wir den scheinbaren Durchmesser der Sonne im Apogeum zu 31′ 40″ ansetzten, (er muss nämlich gegenwärtig etwas grösser sein, als vor Ptolomäus); denjenigen des vollen und neuen Mondes aber, und zwar in seiner grössten Abside, zu 30′ und denjenigen des Schattens an der Stelle des Durchganges des Mondes zu 80′ 36″: denn es passt besser, dass dies Verhältniss wie 150 zu 403, also etwas grösser ist, als 5 zu 13. Die ganze Sonnenscheibe kann aber vom Monde nur dann bedeckt werden, wenn dieser von der Erde um 62 Erdhalbmesser absteht. Wenn man dies so annimmt, so scheint es sowohl unter sich als auch mit dem Uebrigen in zuverlässiger Weise zusammenzuhängen und mit den Erscheinungen der Sonnen- und Mondfinsternisse übereinzustimmen. Wenn wir nach den vorangegangenen Entwickelungen Alles in ganzen und sechzigsteln Erdradien ausdrücken: so erhalten wir *lo* gleich $17\frac{8}{60}$ Sechzigstel, daher *mr* gleich $46\frac{1}{60}$ Sechzigstel, folglich *op* gleich $56\frac{51}{60}$ Sechzigstel und die ganze Linie *dlk* gleich 1179 ganze Theile, als Entfernung der Sonne von der Erde im Apogeum, und die Axe des Schattens *kms* gleich 265 ganze Theile.

Capitel 20.

Ueber die Grösse der drei Weltkörper Sonne, Mond und Erde, nebst ihrer Vergleichung mit einander.

Weiter ist nun auch offenbar, dass *kl* achtzehnmal in *kd* enthalten ist, und in demselben Verhältnisse steht *lo* zu *dc*. Achtzehnmal *lo* macht aber ungefähr $5\frac{27}{60}$ Erdradien aus, oder, weil sich *sk* zu *ke*, d. h. 265 zu 1 verhält, wie die ganze Linie *skd* zu *dc*, oder wie 1444 zu $5\frac{27}{60}$ sich verhält: so ist dieses das Verhältniss der Durchmesser der Sonne und der Erde. Da aber die Kugeln sich verhalten wie die Würfel ihrer Durchmesser, und der Würfel von $5\frac{27}{60}$ gleich ist $161\frac{7}{8}$: so ist die Sonne so viel mal so gross, als die Erdkugel. Da ferner der Halbmesser des Mondes $17\frac{9}{60}$ Sechzigstel des Erdradius beträgt, indem der Durchmesser der Erde sich zu dem des Mondes verhält wie 7 zu 2, d. h. wie $3\frac{1}{2}$ zu 1: so zeigt sich, wenn man dies zum Würfel erhebt, dass die Erde $42\frac{7}{8}$ mal so gross ist, als der Mond, und folglich ist auch die Sonne 6937 mal so gross, als der Mond.



Capitel 21.

Ueber den scheinbaren Durchmesser und die Parallaxe der Sonne.

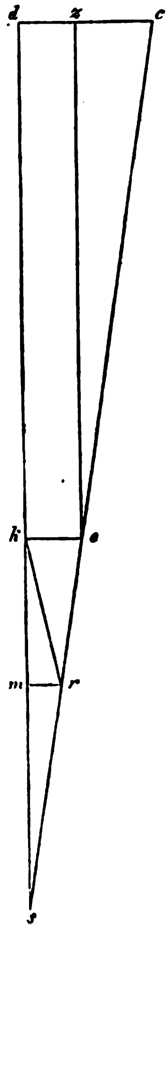
Da aber dieselben Grössen in grösserer Entfernung kleiner erscheinen, als in der Nähe: so verändern sich Sonne, Mond und Erdschatten nach ihren verschiedenen Entfernungen von der Erde nicht weniger, als die Parallaxen; und Alles dies wird nach dem Vorhergehenden leicht für jede beliebige Entfernung berechnet. Zuerst ist dies bei der Sonne offenbar. Da wir nämlich gezeigt haben, dass die Erde bei ihrer grössten Entfernung von der Sonne um 10323 solcher Theile absteht, von denen der Halbmesser des jährlichen Umlaufkreises 10000 enthält, und bei ihrer grössten Nähe 9678: so beträgt die grösste Abside 1179 Erdradien, also die kleinste 1105 und folglich die mittlere 1142. Wenn wir nun mit 1179 in eine Million dividiren: so erhalten wir 848 als die Kathete, welche in dem rechtwinkeligen Dreiecke dem kleinsten Winkel gegenüberliegt, und dieser ist daher 2′ 55″ als die grösste Parallaxe, welche am Horizonte eintritt. Dividirt man ebenso mit der kleinsten Entfernung, also mit 1105 in eine Million: so kommen 905 heraus, und dies ergiebt für den Winkel der grössten Parallaxe bei der kleinsten Abside 3′ 7″. Es ist aber gezeigt, dass der Durchmesser der Sonne $5^{27}/_{60}$ Erddurchmesser beträgt, welche Grösse in der grössten Abside unter einem Winkel von 31′ 48″ erscheint. Denn 1179 verhält sich zu $5^{27}/_{60}$ wie 200000 zu 9245, welches die Sehne für einen Winkel von 31′ 48″ ist. Es folgt daraus, dass der Sonnendurchmesser in der kleinsten Entfernung von 1105 Erdradien unter einem Winkel von 33′ 54″ erscheint. Die Differenz hiervon beträgt 2′ 6″, diejenige der Parallaxen aber nur 12″. Ptolemäus ist der Meinung, dass beide wegen ihrer Kleinheit zu vernachlässigen wären, in Anbetracht, dass eine oder zwei Minuten nicht leicht mit dem Auge aufgefasst wird, und dies bei Secunden noch viel weniger möglich ist. Wenn wir daher die grösste Parallaxe von 3′ überall beibehalten: so werden wir keinen Fehler zu begehen scheinen. Die mittleren scheinbaren Durchmesser der Sonne erhalten wir aber aus den mittleren Abständen, oder, wie Einige, aus der scheinbaren stündlichen Bewegung der Sonne, deren Verhältniss zu ihrem Durchmesser sie auf 5 : 66 oder 1 zu $14^1/_5$ schätzen. Die stündliche Bewegung der Sonne ist aber ihrer Entfernung nahezu proportional.

Capitel 22.

Ueber die ungleich erscheinenden Durchmesser und die Parallaxen des Mondes.

Beide Unterschiede erscheinen beim Monde, als dem näheren Gestirne, grösser. Denn während die grösste Entfernung von der Erde bei Neu- und Vollmond $65^1/_2$ beträgt, ist nach den obigen[320]) Entwickelungen, die kleinste $55^8/_{60}$; bei den Mondvierteln beträgt aber die grösste Entfernung $68^{21}/_{60}$ und die kleinste $52^{17}/_{60}$. Aus diesen vier Zahlenbestimmungen erhalten wir die Parallaxen des auf- oder untergehenden Mondes, wenn wir den Erdradius durch die Entfernung des Mondes von der Erde dividiren; und zwar ergiebt sich für die grösste Entfernung des Mondviertels 50′ 18″, für diejenige des Voll- und Neumondes 52′ 24″; für die kleinste Entfernung des Voll- und Neumondes 62′ 21″ und für die kleinste des Mondviertels 65′ 45″. Hieraus ergeben sich denn auch die scheinbaren Durchmesser des Mondes. Es ist nämlich nachgewiesen, dass der Durchmesser der Erde sich zu dem des Mondes verhält wie 7 zu 2, also verhält sich der Erdradius zu dem Durchmesser des Mondes wie 7 zu 4, und in diesem Verhältnisse stehen auch die Parallaxen zu den Winkeln der scheinbaren Durchmesser des Mondes. Da nun das Verhältniss der graden Linien, welche die Winkel der Parallaxen einschliessen, zu den scheinbaren Durchmessern, bei demselben Durchgange des Mondes, sich gar nicht ändert, und die Winkel ihren gradlinigen Sehnen nahe proportional sind, so bleibt ihre Veränderung für die Beobachtung unmerklich. Berücksichtigt man dieselben daher nicht, so ist klar, dass bei der ersten Grenze[330]) der eben dargelegten Parallaxen, der scheinbare Durchmesser des Mondes 28′ 45″, bei der zweiten nahe 30′, bei der dritten 35′ 38″ und bei der letzten 37′ 34″ beträgt. Diese Letztere würde nach der Annahme des Ptolomäus und Anderer nahe einen Grad betragen, und es müsste sich dann ereignen, dass der zu jener Zeit mit halbem Lichte leuchtende Mond ebensoviel Licht zur Erde sendete, als der volle Mond.

Capitel 23.



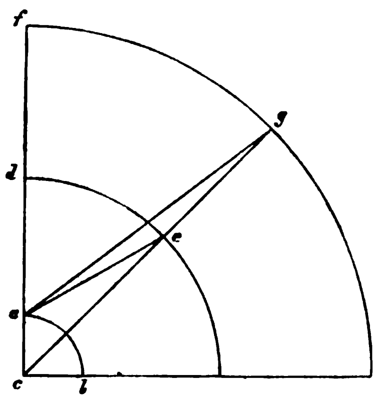
Wie man den Unterschied des Erdschattens berechnet.

Wir haben schon[331]) nachgewiesen, dass sich der Durchmesser des Schattens zum Durchmesser des Mondes verhalte, wie 403 zu 150, und deshalb wird derselbe beim Voll- und Neumonde, während die Sonne im Apogeum steht, am kleinsten, nämlich gleich $80^3/_5{}'$, und am grössten gleich 95′ 44″ gefunden, und die grösste Differenz beträgt 15′ 8″[332]). Es verändert sich aber der Erdschatten, bei sich gleichbleibendem Durchgange des Mondes, wegen der ungleichen Entfernung der Erde von der Sonne in folgender Weise: Man nehme wieder, wie in der vorigen Figur, als die durch die Mittelpunkte der Sonne und der Erde gelegte grade Linie *dks*, ziehe die Tangente *ces*, und die beiden graden *dc* und *ke*. Nun ist bewiesen, dass, während die Entfernung *dk* 1179 Erdradien beträgt, und *km* deren 62 enthält, der Halbmesser des Schattens *mr* $46^1/_{60}$ Sechzigstel Erdradien, und, nachdem *kr* gezogen ist, der Winkel des scheinbaren Halbmessers *mkr* 42′ 32″ und die Axe des Schattens *kms* gleich 265 Erdradien ist. Wenn aber die Erde der Sonne am nächsten steht, wo *dk* gleich 1105 Erdradien ist, werden wir den Schatten der Erde bei sich gleichbleibendem Durchgange des Mondes, auf folgende Weise berechnen. Es werde *ez* parallel zu *dk* gezogen; dann verhält sich *cz* zu *ze* wie *ek* zu *ks;* nun ist aber *cz* gleich $4^{27}/_{60}$, und *ze* gleich 1105 Erdradien, denn in dem Parallelogramm *kz* ist *ze* gleich *dk* und *dz* gleich *ke*: folglich ist *ks* gleich $248^{10}/_{60}$ Erdradien. Aber *km* betrug 62 derselben Theile, und folglich der Rest *ms* $186^{19}/_{60}$. Da sich aber verhalten *sm* zu *mr*, wie *sk* zu *ke:* so ist auch *mr* gleich $45^{1}/_{60}$ Sechzigstel Erdradius, und dann ist der Winkel *mkr* des scheinbaren Halbmessers gleich 41′ 35″. Durch die grössere oder geringere Entfernung der Sonne von der Erde tritt also bei gleichem Durchgange des Mondes in dem Durchmesser des Schattens eine grösste Differenz von einem Sechzigstel Erdradius ein, oder im Winkel des scheinbaren Durchmessers eine solche von 1′ 54″, d. h. von 57″ wenn 360° gleich vier Rechten sind. Ferner ist das Verhältniss des Schattendurchmessers zum Durchmesser des Mondes nur wenig dort grösser, hier kleiner, als das mittlere vom 13 zu 5, deswegen werden wir einen nur geringen Fehler begehen, wenn wir, um Arbeit zu ersparen, dasselbe überall anwenden, indem wir der Ansicht der Alten folgen.

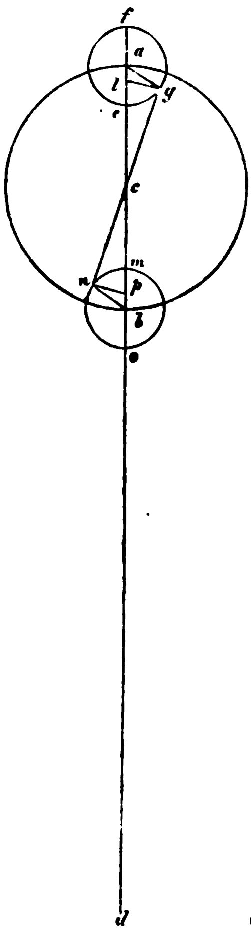
Capitel 24.

Ableitung des Verzeichnisses von den einzelnen Parallaxen der Sonne und des Mondes im Verticalkreise.

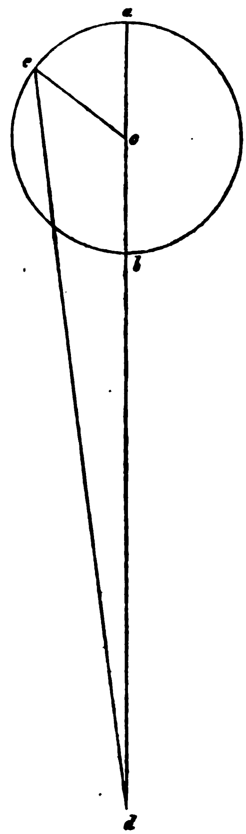
Jetzt wird es auch nicht mehr schwierig sein, jede beliebige einzelne Parallaxe der Sonne und des Mondes zu erhalten. Es werde wieder *ab* als Bogen des Erdumfanges genommen, welcher durch den Mittelpunkt *c* und durch das Zenith geht, und in derselben Ebene *de* als Kreisbahn des Mondes, *fg* als diejenige der Sonne. Ferner werde die grade Linie *cdf* durch das Zenith und *ceg* gezogen, in welcher die wahren Oerter der Sonne und des Mondes gedacht werden sollen; diese Oerter verbinden die graden Linien *ag* und *ae* mit dem Auge des Beobachters. Es ist also die Parallaxe der Sonne durch den Winkel *agc*, und diejenige des Mondes durch *aec* bezeichnet.



Die Differenz zwischen den Parallaxen der Sonne und des Mondes ist durch den Winkel *gae* dargestellt, den man erhält, wenn man *agc* von *aec* abzieht. Jetzt legen wir den Winkel *acg* zum Grunde, und wollen mit demselben jene Differenz vergleichen; *acg* sei z. B. 30°, so ist aus der Lehre von den ebenen Dreiecken bekannt, dass, wenn wir die Linie *cg* gleich 1142 Erdradien setzen, der Winkel *agc*, um welchen sich die wahre von der scheinbaren Höhe der Sonne unterscheidet, gleich 1′ 30″ wird. Wenn aber der Winkel *acg* gleich 60° wäre, so würde Winkel *agc* gleich 2′ 36″[333]), und in dieser Weise könnte man fortfahren; ebenso in Bezug auf den Mond für seine vier Grenzen. Indem wir, — bei der Annahme, dass für die grösste Entfernung von der Erde, bei welcher *ce*, wie gesagt, $68^{21}/_{60}$ Erdradien beträgt, der Winkel *dce* oder dessen Bogen 30° misst —, das Dreieck *aec* erhalten, in welchem die beiden Seiten *ac* und *ce* nebst dem Winkel *ace* gegeben sind, aus denen wir den Winkel der Parallaxe *aec* gleich 25′ 28″ finden Und wenn *ce* gleich $65\frac{1}{2}$, so ist der Winkel *aec* gleich 26′ 36″. Ebenso bei der dritten Grenze, wenn *ce* gleich $55\frac{8}{60}$, wird der Winkel *aec* gleich 31′ 42″; und endlich in der kleinsten Entfernung, wenn *ce* gleich $52\frac{17}{60}$ ist, wird der Winkel *aec* gleich 33′ 27″. — Nimmt man den Bogen *de* zu 60°, so werden die Parallaxen in derselben Ordnung: die erste 43′ 55″, die zweite 45′ 51″, die dritte 54′ 30″, die vierte 57′ 30″. Dies haben wir Alles in dem nachfolgenden Verzeichnisse geordnet, und dasselbe zum bequemen Gebrauche, nach dem Muster der Früheren auf 30 Zeilen ausgedehnt, die aber von 6 zu 6 Graden fortschreiten, welche das Zweifache der Zahlen darstellen, die vom Zenith an gerechnet höchstens bis 90° anwachsen. Das Verzeichniss haben wir in neun Spalten getheilt. Die erste und zweite enthalten die gemeinschaftlichen Zahlen des Kreises, die dritte die Parallaxen der Sonne; dann folgen die Parallaxen des Mondes; und zwar in der vierten Spalte die Differenzen, in der fünften die kleinsten



Parallaxen, welche bei den Mondvierteln und im Apogeum stattfinden; nun fehlen die folgenden beim Voll- und Neumonde. Die sechste Spalte enthält diejenigen Parallaxen, welche der volle und der neue Mond im Perigeum zeigt. Was dann folgt sind die Minuten und Secunden, um welche die Parallaxen, welche bei den Mondvierteln und im Perigeum eintreten, die nächst vorhergehenden übertreffen. Die beiden letzten noch übrigen Spalten sind für die Proportionaltheile bestimmt, durch welche die zwischen diesen vier Grenzen liegenden Parallaxen ausgerechnet werden können, wie wir auch noch zeigen wollen, und zwar zuerst für das Apogeum und zwischen den beiden ersten Grenzen in folgender Weise. Es sei der Kreis *ab* der erste Epicykel des Mondes, *c* dessen Mittelpunkt, *d* der Mittelpunkt der Erde; man ziehe die grade Linie *dbca*, und um das Apogeum *a* beschreibe man den zweiten Epicykel *efg*, mache den Bogen *eg* gleich 60° und ziehe *ag* und *cg*. Da nun in dem Früheren bewiesen ist, dass die Linie *ce* $5\frac{11}{60}$, *dc* $60\frac{18}{60}$ und *ef* $2\frac{51}{60}$ Erdhalbmesser enthält: so ist in dem Dreiecke *acg* die Seite *ga* gleich $1\frac{25}{60}$, *ac* gleich $6\frac{36}{60}$ und der von ihnen eingeschlossene Winkel *cag* gegeben. Daher ergiebt sich nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke die Seite *cg* gleich $6\frac{7}{60}$ Erdradien. Die Summe *dcg* aber, in eine grade Linie gelegt, oder die ihr gleiche *dcl* wird gleich $66\frac{25}{60}$; nun ist aber *dce* gleich $65\frac{1}{2}$, es bleibt also *el* als Rest gleich nahezu $55\frac{1}{2}$ Sechzigstel des Erdradius. Und nach dem so gegebenen Verhältnisse wird, wenn *dce* gleich 60 ist, *ef* gleich $2^{37}/_{60}$ und *el* gleich $^{46}/_{60}$: wenn aber *ef* gleich $^{60}/_{60}$ wäre, so wäre die Differenz *el* ungefähr gleich $^{18}/_{60}$ Dies haben wir in dem Verzeichnisse in die achte Spalte in die Zeile von 60° geschrieben. Dasselbe wollen wir noch am Perigeum *b* zeigen: Man beschreibe um *b* den zweiten Epicykel *mno* und mache den Winkel *mbn* gleich 60°: so entsteht das Dreieck *bcn*, dessen Seiten und Winkel, wie vorhin, gegeben sind, und die Differenz *mp* wird ebenso gleich $55^1/_2$ Sechzigstel des Erdradius gefunden. Da aber *dbm* gleich $55^8/_{60}$ Erdradien ist: so wird, wenn man dies gleich 60 nimmt, *mbo* gleich $3^7/_{60}$ und die Differenz *mp* gleich $^{55}/_{60}$. Es verhalten sich aber nahezu $3^8/_{60}$ zu $^{55}/_{60}$ wie 60 zu 18, also ebenso wie vorhin, der Unterschied besteht nur in wenigen Sechzigsteln. So haben wir es auch mit den Uebrigen gemacht, und damit die achte Spalte des Verzeichnisses ausgefüllt. Wenn wir statt dieser Grössen, diejenigen anwenden, welche in dem Verzeichnisse der Prosthaphäresen enthalten sind, so werden wir keinen Fehler begehen, denn sie sind fast dieselben und um sehr wenig unterschieden. Es sind noch diejenigen Proportionaltheile übrig, welche den mittleren Grenzen, nämlich der zweiten und dritten entsprechen. Es sei *ab* der vom vollen und neuen Monde beschriebene erste Epicykel, *c* sein Mittelpunkt, *d* der Mittelpunkt der Erde; man ziehe die grade Linie *dbca*, nehme von dem Apogeum *a* aus, irgend einen Bogen z. B. *ae* gleich 60° und ziehe *de* und *ce*: so erhalten wir ein Dreieck *dce*, in welchem die Seiten *cd* gleich $60^{10}/_{60}$ und *ce* gleich $5^{11}/_{60}$ Erdradien gegeben sind. Der innere Winkel *dce* bleibt von zweien Rechten übrig, wenn *ace* davon abgezogen wird. Es wird also nach den Sätzen über die Dreiecke *de* gleich $63^4/_{60}$ Erdradien. Die ganze Linie *dba* war aber $65^1/_2$ und übertrifft also *de* um $2^{26}/_{60}$. Nun verhält sich aber *ab*, d. h. $10^{22}/_{60}$ zu $2^{26}/_{60}$ wie 60 zu 14, und dies schreiben wir in dem Verzeichnisse neben 60°. Nach diesem Beispiele haben wir das Uebrige durchgeführt, und so die Tafel vollendet, welche hier folgt. Auch haben wir noch eine zweite über die Halbmesser der Sonne, des Mondes und des Erdschattens, hinzugefügt, damit man daran, soviel als möglich, das Entwickelte besitze.



TAFEL DER SONNEN- UND MOND-PARALLAXEN.

Gemeinschaftliche Zahlen		Sonnen-Parallaxen		Abzuziehende Differenz der Mondparallaxe 1. u. 2. Grenze		Mondparallaxe der 2 Grenze		Mondparallaxe der 3. Grenze		Zu addirende Differenz der Mondparallaxe 3. u. 4. Grenze		Proportional-Minuten	
Grad	Grad	Min.	Sec	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Min	Sec.	Min.	Sec.	des kleinen Epicykels	des grossen Epicykels
6	354	0	10	0	7	2	46	3	18	0	12	0	0
12	348	0	19	0	14	5	33	6	36	0	23	1	0
18	342	0	29	0	21	8	19	9	53	0	34	3	1
24	336	0	38	0	28	11	4	13	10	0	45	4	2
30	330	0	47	0	35	13	49	16	26	0	56	5	3
36	324	0	56	0	42	16	32	19	40	1	6	7	5
42	318	1	5	0	48	19	5	22	47	1	16	10	7
48	312	1	13	0	55	21	39	25	47	1	26	12	9
54	306	1	22	1	1	24	9	28	49	1	35	15	12
60	300	1	31	1	8	26	36	31	42	1	45	18	14
66	294	1	39	1	14	28	57	34	31	1	54	21	17
72	288	1	46	1	19	31	14	37	14	2	3	24	20
78	282	1	53	1	24	33	25	39	50	2	11	27	23
84	276	2	0	1	29	35	31	42	19	2	19	30	26
90	270	2	7	1	34	37	31	44	40	2	26	34	29
96	264	2	13	1	39	39	24	46	54	2	33	37	32
102	258	2	20	1	44	41	10	49	0	2	40	39	35
108	252	2	26	1	48	42	50	50	59	2	46	42	38
114	246	2	31	1	52	44	24	52	49	2	53	45	41
120	240	2	36	1	56	45	51	54	30	3	0	47	44
126	234	2	40	2	0	47	8	56	2	3	6	49	47
132	228	2	44	2	2	48	15	57	23	3	11	51	49
138	222	2	49	2	3	49	15	58	36	3	14	53	52
144	216	2	52	2	4	50	10	59	39	3	17	55	54
150	210	2	54	2	4	50	55	60	31	3	20	57	56
156	204	2	56	2	5	51	29	61	12	3	22	58	57
162	198	2	58	2	5	51	56	61	47	3	23	59	58
168	192	2	59	2	6	52	13	62	9	3	23	59	59
174	186	3	0	2	6	52	22	62	19	3	24	60	60
180	180	3	0	2	6	52	24	62	21	3	24	60	60

TAFEL DER HALBMESSER DER SONNE, DES MONDES UND DES SCHATTENS.

Gemeinschaftliche Zahlen		Halbmesser der Sonne		Halbmesser des Mondes		Halbmesser des Schattens nach dem Manuscript		Halbmesser des Schattens nach den Ausgaben		Veränderung des Schattens nach dem Manuscript.	Veränderung des Schattens nach den Ausgaben.
Grad	Grad	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Minuten	Minuten
6	354	15	50	15	0	39	30	40	18	0	0
12	348	15	50	15	1	39	32	40	21	0	0
18	342	15	51	15	3	39	37	40	26	1	1
24	336	15	52	15	6	39	48	40	34	2	2
30	330	15	53	15	9	39	52	40	42	3	3
36	324	15	55	15	14	40	7	40	56	4	4
42	318	15	57	15	19	40	23	41	10	6	6
48	312	16	0	15	25	40	40	41	26	8	9
54	306	16	3	15	32	40	58	41	44	10	11
60	300	16	6	15	39	41	16	42	2	12	14
66	294	16	9	15	47	41	36	42	24	14	16
72	288	16	12	15	56	41	58	42	40	17	19
78	282	16	15	16	5	42	21	43	13	19	22
84	276	16	19	16	13	42	43	43	34	22	25
90	270	16	22	16	22	43	5	43	58	24	27
96	264	16	26	16	30	43	27	44	20	27	31
102	258	16	29	16	39	43	50	44	44	29	33
108	252	16	32	16	47	44	12	45	6	32	36
114	246	16	36	16	55	44	34	45	20	34	39
120	240	16	39	17	4	44	56	45	52	37	42
126	234	16	42	17	12	45	16	46	13	39	45
132	228	16	45	17	19	45	36	46	32	41	47
138	222	16	48	17	26	45	54	46	51	43	49
144	216	16	50	17	32	46	10	47	7	45	51
150	210	16	53	17	38	46	24	47	23	47	53
156	204	16	54	17	41	46	33	47	31	48	54
162	198	16	55	17	44	46	41	47	39	48	55
168	192	16	56	17	46	46	48	47	44	49	56
174	186	16	57	17	48	46	53	47	49	49	56
180	180	16	57	17	49	46	55	47	52	50	57

Capitel 25.

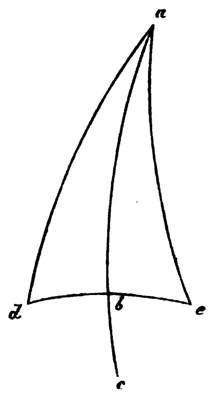
Ueber die Berechnung der Sonnen- und Mond-Parallaxen.

Wir wollen noch das Verfahren, wie die Sonnen- und Mond-Parallaxen aus der Tafel zu berechnen sind, kurz auseinandersetzen. Mittelst der doppelten Zenithdistanz der Sonne und des Mondes entnehmen wir die danebenstehenden Parallaxen, und zwar bei der Sonne einfach, beim Monde aber für seine vier Grenzen; und mittelst der doppelten Bewegung des Mondes, oder seines doppelten Abstandes von der Sonne, die ersten Proportionaltheile. Diese Letzteren verhalten sich zu 60 wie die zu findende Correction zu der Differenz der ersten und zweiten oder der dritten und vierten Grenze; dadurch ergeben sich die Correctionen, deren erste wir von der nächst folgenden Parallaxe der zweiten Grenze immer abziehen; deren zweite wir aber zu der nächst vorangehenden Parallaxe der dritten Grenze immer addiren. So erhalten wir die rectificirten beiden Mondparallaxen für das Apogeum und Perigeum, welche der kleine Epicykel vermehrt oder vermindert. Hierauf nehmen wir mit der ausgeglichenen einfachen Anomalie des Mondes die letzten Proportionaltheile und diese verhalten sich zu 60 wie die zu findende Correction zu der Differenz der eben gefundenen rectificirten beiden Mondparallaxen; hieraus ergiebt sich die Correction, welche wir zu der ersten rectificirten Parallaxe, die im Apogeum eintritt, immer addiren; von der zweiten rectificirten Parallaxe dagegen, die im Perigeum stattfindet, immer abziehen: und so erhält man die verlangte Parallaxe für Ort und Zeit, wie in dem folgenden Beispiele. Es sei die Zenithdistanz des Mondes 54°, die mittlere Bewegung des Mondes 15°, seine ausgeglichene Anomalie 100°; hieraus will ich durch die Tafel die Mondparallaxe finden. Die doppelte Zenithdistanz ist 108°, dieser entspricht die Differenz zwischen den Parallaxen der ersten und zweiten Grenze gleich 1′ 48″, die Parallaxe der zweiten Grenze ist gleich 42′ 50″, die Parallaxe der dritten Grenze 50′ 59″, die Differenz der Parallaxen der dritten und vierten Grenze 2′ 46″, was ich jedes besonders notire. Die doppelte Bewegung des Mondes ergiebt 30°, hiermit finde ich die ersten Proportionaltheile gleich 5; nun verhält sich 5 zu 60 wie die zu findende Correction zu der Differenz der Parallaxen der ersten und zweiten Grenze, d. h. zu 108″; dies ergiebt die zu findende Correction gleich 9″, welche ich von den 42′ 50″ der Parallaxe zweiter Grenze abziehe, es bleiben, als rectificirte Parallaxe, 42′ 41″. Ebenso verhält sich 5 zu 60, wie die zu findende Correction zu der Differenz der Parallaxen der dritten und vierten Grenze, d. h. zu 166″; dies ergiebt die zu findende Correction gleich 14″, welche ich zu den 50′ 59″ der Parallaxe dritter Grenze addire, es werden als rectificirte Parallaxe 51′ 13″. Die Differenz dieser beiden rectificirten Parallaxen beträgt 8′ 32″. Hierauf nehme ich mit der einfachen ausgeglichenen Anomalie die letzten Proportionaltheile gleich 34; nun verhält sich 34 zu 60 wie die zu findende Correction zu der Differenz der beiden rectificirten Parallaxen, d. h zu 512″; dies ergiebt die zu findende Correction gleich 4′ 50″; dies addire ich zu der ersten ausgeglichenen Parallaxe und erhalte 47′ 31″, und dies ist die verlangte Parallaxe des Mondes im Verticalkreise.[334]) Da aber die übrigen Mondparallaxen von denjenigen, welche beim vollen und neuen Monde stattfinden, so wenig verschieden sind, so scheint es auszureichen, wenn wir uns immer zwischen den mittleren Grenzen halten, welche wir zur Vorausbestimmung der Finsternisse am meisten gebrauchen. Im Uebrigen bedarf es nicht einer so grossen Genauigkeit, da sie vielleicht weniger der Anwendung als der Neugier dienen möchte.

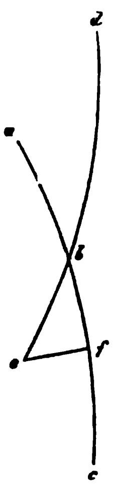
Capitel 26.

Wie die Parallaxen der Länge und der Breite unterschieden werden.

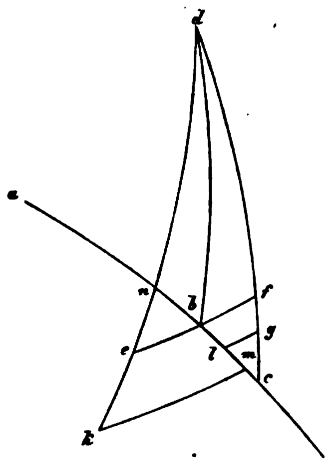
Die Parallaxe wird aber einfach nach Länge und Breite unterschieden, d. h. der Abstand zwischen Sonne und Mond wird in Bogen oder Winkel der sich schneidenden Kreise, der Ekliptik und des Verticalkreises, zerlegt. Wenn nun der Vertikalkreis senkrecht gegen die Ekliptik steht: so giebt es keine Längenparallaxe, sondern die ganze Parallaxe überträgt sich auf die Breite, da der Vertical- und Breitenkreis zusammenfallen. Wenn es sich aber trifft, dass die Ekliptik den Horizont senkrecht schneidet und also mit dem Verticalkreise zusammenfällt, und der Mond in der Ekliptik steht: so giebt es ausschliesslich eine Längenparallaxe. Weicht der Mond von der Ekliptik ab, so fehlt ihm dadurch die Längenparallaxe nicht ganz. Wenn zum Beispiel *abc* die Ekliptik ist, welche auf dem Horizonte, dessen Pol *a* sei, senkrecht steht, so ist *abc* auch der Verticalkreis des Mondes, dem keine Breite zukommt. Sein Ort sei *b* und seine ganze Parallaxe *bc* fällt in die Länge. Wenn der Mond aber ausserdem noch eine Breite hat, so legen wir den Kreis *dbe* durch die Pole der Ekliptik, und dann mag *db* oder *be* die Breite des Mondes sein. Nun ist offenbar: dass weder *ad* oder *ae* gleich *ab*, noch die Winkel bei *d* und *e* rechte sind, denn *da* und *ae* gehen nicht durch die Pole von *dbe*; und die Parallaxe wird um so mehr an der Breite betheiligt sein, je näher der Mond dem



Zenith steht: denn wenn die Basis *de* des Dreiecks *ade* dieselbe bleibt, so werden die Seiten *ad* und *ae* desto spitzere Winkel mit der Basis bilden, je kürzer sie sind; — und je weiter der Mond vom Zenith absteht, desto mehr werden dieselben Winkel dem rechten ähnlich. — Nun stehe der Verticalkreis *dbe* des Mondes schief gegen die Ekliptik *abc*, und der Mond habe keine Breite, sondern stehe im Punkte *b* der Ekliptik; die Parallaxe im Verticalkreise sei *be*. Wir construiren den Bogen *ef* eines Kreises, der durch die Pole von *abc* geht: so ist in dem Dreiecke *bef* der Winkel *ebf*,



wie früher gezeigt ist, gegeben, der Winkel bei *f* ist ein rechter, und die Seite *bc* ist ebenfalls gegeben. Nach den Sätzen über die sphärischen Dreiecke sind daher die beiden andern Seiten *bf* und *fe* gegeben, von welchen diese in der Breite, jene in der Länge dem Bogen *be* entspricht. Da aber *be*, *ef* und *fb*, wegen ihrer Kleinheit, sich sehr wenig und unmerklich von graden Linien unterscheiden: so werden wir keinen Fehler begehen, wenn wir das rechtwinklige Dreieck zur Erleichterung der Rechnung als ein gradliniges betrachten. Schwieriger gestaltet es sich, wenn der Mond eine Breite hat. Es sei wiederum *abc* die Ekliptik, welche der Verticalkreis *db* schiefwinklig schneidet, *b* sei der Ort des Mondes seiner Länge nach, *fb* sei seine nördliche, oder *be* seine südliche Breite. Vom Zenith *d* werden die Verticalkreise *dek* und *dfc* des Mondes construirt, und in denselben seien *ek* und *fg* die Parallaxen. Die wahren Oerter des Mondes sind also nach Länge und Breite in den Punkten *e* und *f*; die scheinbaren aber in *k* und *g*. Durch diese Letzteren werden die Bogen *km* und *gl* rechtwinklig gegen die Ekliptik *abc* gelegt. Da



nun die Länge und Breite des Mondes, nebst der Breite des Zeniths bekannt sind: so sind in dem Dreiecke *dbe* die beiden Seiten *db* und *be* nebst dem Neigungswinkel *abd*, und dem um einen Rechten vergrösserten Winkel *dbe*, bekannt; und daraus ergiebt sich auch die dritte Seite *de* nebst dem Winkel *deb* Ebenso ergiebt sich in dem Dreiecke *dbf*, aus den bekannten Seiten *db* und *bf* und dem Winkel *dbf*, welcher übrig bleibt, wenn man den Neigungswinkel *dba* von einem Rechten abzieht, die Seite *df* nebst dem Winkel *dfb*. Für die beiden Bogen *de* und *df* werden aber aus der Tafel die Parallaxen *ek* und *fg* gefunden; und da *de* und *df* die wahren Zenithdistanzen des Mondes sind: so hat man auch die scheinbaren *dek* und *dfg*. In dem Dreiecke *ebn*, in welchem sich *de* mit der Ekliptik im Punkte *n* schneidet, ist der Winkel *neb* und der Rechte nebst der Basis *be* gegeben: man kennt also auch den Winkel *bne* und die beiden anderen Seiten *bn* und *ne*. Ebenso erhält man in dem ganzen Dreiecke *nkm*, aus den gegebenen Winkeln *m* und *n* und der ganzen Seite *ken*, die Basis *km*, als die scheinbare südliche Breite, deren Ueberschuss über die Seite *be* die Parallaxe der Breite ist, und die dritte Seite *nbm*, von welcher nach Abzug der *nb*, *bm* als Parallaxe der Länge übrig bleibt. Ebenso ist in dem nördlichen Dreiecke *bfc*, die Seite *bf*, der Winkel *bfc* und der Rechte bei *b* bekannt: es ergeben sich also die übrigen Seiten *blc* und *fgc* nebst dem dritten Winkel bei *c*. Und zieht man *fg* von *fgc* ab: so bleibt *gc* als bekannte Seite im Dreieck *glc*, in welchem noch der Winkel *lcg* und der Rechte *clg* gegeben sind. Daraus erhalten wir die übrigen Seiten *gl* und *lc*, und daraus wieder, wenn man *lc* von *blc* abzieht, *bl* als Parallaxe der Länge. und, wenn man die scheinbare Breite *gl* von der wahren Breite *bf* abzieht, als Rest die Parallaxe der Breite. Indessen bietet, wie man sieht, die Rechnung mehr Arbeit als Früchte dar, da es sich um sehr kleine Grössen handelt. Es wird daher genügen, wenn wir statt des Winkels *dcb* den Winkel *abd*, und statt des Winkels *deb* den Winkel *dbf* anwenden, und einfach, wie früher, für die Bogen *de* und *ef*, mit Vernachlässigung der Breite des Mondes, immer den mittleren Bogen *db* setzen. Daraus wird kein Fehler entstehen, zumal in den Gegenden der nördlichen Seite; in sehr südlichen Gegenden, wo *b* dem Zenith nahe kommt, beträgt die Differenz bei der grössten Breite von fünf Graden, und wenn der Mond in seiner grössten Erdnähe steht, nahe sechs Minuten. Bei Sonnenfinsternissen jedoch, bei welchen der Mond nicht über anderthalb Grad abweichen darf, kann die Differenz nur zu $1^3/_4$ Minuten anwachsen. Hieraus ist also klar, dass die Parallaxe der Länge, wenn der Mond im östlichen Quadranten der Ekliptik steht, zu dem wahren Orte des Mondes immer addirt wird; liegt aber der wahre Ort des Mondes in dem andern Quadranten der Ekliptik: so wird die Parallaxe der Länge von demselben abgezogen. um die scheinbare Länge des Mondes zu erhalten. Auch die scheinbare Breite erhalten wir aus der Parallaxe der Breite, indem wir letztere addiren, wenn sie auf derselben Seite liegt; liegen beide aber auf verschiedenen Seiten: so zieht man die kleinere von der grösseren ab. und was übrig bleibt ist die scheinbare Breite, nach derjenigen Seite hin. auf welcher die grössere von beiden liegt.

Capitel 27.

Bestätigung dessen, was über die Parallaxe des Mondes entwickelt ist.

Dass nun die so entwickelten Parallaxen des Mondes mit den Erscheinungen übereinstimmen, können wir durch mehrere andere Beobachtungen bestätigen. Eine solche haben wir zu Bologna am 9ten März nach Sonnenuntergang im Jahre Christi 1497 angestellt. Wir beobachteten nämlich den Mond, bei seiner bevorstehenden Bedeckung des glänzenden Sternes der Hyaden, welchen die Römer Palilicium[335]) nennen, und sahen bei diesem Abwarten am Ende der 5ten Stunde der Nacht den Stern dicht an dem dunkeln Theile des Mondkörpers zwischen den Hörnern des Mondes eben verschwinden, um den dritten Theil des Monddurchmessers dem südlichen Horne näher. Und da der Stern nach der Berechnung in 2^0 $52'$ der Zwillinge stand, bei einer südlichen Breite von $5^1/_6{}^0$, so war klar, dass der Mittelpunkt des Mondes dem Sterne scheinbar um den halben Durchmesser voraus, und deshalb sein scheinbarer Ort in Länge 2^0 $36'$ und in Breite nahezu 5^0 $6'$ war. Vom Anfange der Jahre Christi waren nun 1497 ägyptische Jahre 76 Tage 23 Stunden Bologner Zeit verflossen, und da Krakau fast 9° östlicher liegt: so war die Krakauer Zeit 23 Stunden 36 Minuten, denen die Ausgleichung noch 4 Minuten hinzufügt. Die Sonne stand in $28\frac{1}{2}°$ der Fische, die gleichmässige Bewegung des Mondes von der Sonne war 74°, die ausgeglichene Anomalie 111° 10′, der wahre Ort des Mondes in 3° 24′ der Zwillinge, die südliche Breite 4° 35′, die wahre Bewegung der Breite 203° 41′. Damals ging zu Bologna der 26ste Grad des Skorpions unter einem Winkel von $59\frac{1}{2}°$ auf, und die Zenithdistanz des Mondes betrug 83°, der Neigungswinkel des Verticalkreises und der Ekliptik war ungefähr 29°, die Parallaxe des Mondes in der Länge war 1° 51′, in der Breite 30′, was so sehr der Beobachtung entspricht, dass man um so weniger an der Richtigkeit unserer Annahmen und dessen, was daraus folgt, zweifeln darf.

Capitel 28.

Ueber die mittlere Conjunction und Opposition der Sonne und des Mondes.

Aus dem, was bisher über die Bewegung des Mondes und der Sonne gesagt ist, ergiebt sich auch der Weg, ihre Conjunctionen und Oppositionen zu untersuchen. Für die Zeit nämlich, welche derjenigen einer Conjunction oder Opposition nach der Schätzung nahe liegt, suchen wir die gleichmässige Bewegung des Mondes; ergiebt sich dieselbe grade so gross als der ganze Kreis, so erkennen wir die Conjunction; der Halbkreis ergiebt uns den Vollmond. Da aber dies nur selten zutreffen wird: so muss der Abstand zwischen beiden beobachtet und dieser durch die tägliche Bewegung des Mondes dividirt werden, um zu erfahren, um wie viel Zeit eine von beiden Erscheinungen vergangen oder bevorstehend ist, je nachdem die Bewegung sich grösser oder kleiner ergiebt. Für diese Zeit suchen wir nun die Bewegungen und die Oerter, berechnen durch dieselben die wahren Neu- und Vollmonde, und unterscheiden die Finsternisse von den übrigen, wie wir weiter unten angeben wollen. Wenn wir dies einmal festgestellt haben: so lässt sich dasselbe auf beliebige andere Zeitpunkte und also auch auf eine Anzahl Jahre hinaus anwenden; und zwar mit Hülfe der Tafel, welche die Zeiten der zwölf Monate und der gleichmässigen Bewegungen der Anomalie der Sonne und des Mondes und der Breite des Mondes enthält, deren jede Einzelne mit den einzelnen schon früher gefundenen gleichmässigen Bewegungen zu verbinden ist. Wir fügen aber die ausgeglichene Anomalie der Sonne hinzu, damit wir dieselbe gleich zur Hand haben; ihre Aenderung wird nämlich wegen der Langsamkeit ihres Anfanges, d. h. der grössten Abside, in einem oder einigen Jahren nicht bemerkt.

TAFEL DER CONJUNCTION UND OPPOSITION DER SONNE UND DES MONDES.

Monate	Zeiten: Tage	Zeiten: $\frac{1}{60}$	Zeiten: $\frac{1}{3600}$	Zeiten: $\frac{1}{216000}$ nach Manscrpt	Zeiten: $\frac{1}{216000}$ nach Ausgab.	Bewegung der Anomalie des Mondes: Sechzig	Grad	Minuten	Sec. nach Manuscript	Sec. nach Ausgaben	Bewegung der Breite des Mondes: Sechzig	Grad	Minuten	Sec. nach Manuscript	Sec. nach Ausgaben
1	29	31	50	8	9	0	25	49	0	0	0	30	40	13	14
2	59	3	40	16	18	0	51	38	0	0	1	1	20	27	28
3	88	35	30	24	27	1	17	27	0	1	1	32	0	41	42
4	118	7	20	32	36	1	43	16	0	1	2	2	40	55	56
5	147	39	10	40	45	2	9	5	0	2	2	33	21	9	10
6	177	11	0	48	54	2	34	54	0	2	3	4	1	23	24
7	206	42	50	57	3	3	0	43	0	2	3	34	41	36	38
8	236	14	41	5	12	3	26	32	0	3	4	5	21	50	52
9	265	46	31	13	21	3	52	21	0	3	4	36	2	4	6
10	295	18	21	21	30	4	18	10	0	3	5	6	42	18	20
11	324	50	11	29	39	4	43	59	0	4	5	37	22	32	34
12	354	22	1	37	48	5	9	48	0	4	0	8	2	46	48

FÜR EINEN HALBEN MONAT ZWISCHEN VOLLMOND UND NEUMOND.

½	14	45	55	4	4½	3	12	54	30	30	3	15	20	6	7

BEWEGUNG DER ANOMALIE DER SONNE.

Monate	Sechzig	Grad	Minuten	Sec. nach Manuscript	Sec. nach Ausgaben	Monate	Sechzig	Grad	Minuten	Sec. nach Manuscript	Sec. nach Ausgaben
1	0	29	6	18	18	7	3	23	44	6	7
2	0	58	12	36	36	8	3	52	50	24	25
3	1	27	18	54	54	9	4	21	56	42	43
4	1	56	25	12	12	10	4	51	3	0	1
5	2	25	31	30	31	11	5	20	9	19	20
6	2	54	37	48	49	12	5	49	15	37	38

FÜR EINEN HALBEN MONAT.

½	0	14	33	9	9

Capitel 29.

Untersuchung über die wahren Conjunctionen und Oppositionen der Sonne und des Mondes.

Wenn wir auf die angegebene Weise die Zeit der mittleren Conjunction oder Opposition dieser beiden Gestirne, nebst ihrer Bewegung erhalten haben, so ist ihre wahre Distanz, in welcher sie sich einander voransgehn oder nachfolgen, dazu nöthig, die wahre Conjunction oder Opposition zu finden. Denn wenn der Mond in der Conjunction oder Opposition der Sonne vorausgeht, so ist klar, dass die wahre erst dann eintreten wird, wenn die Sonne die gesuchte wahre bereits passirt hat. Dies ergiebt sich aber aus den beiderseitigen Prosthaphäresen. Wenn nämlich beide Null oder gleich sind, und dabei gleiche Vorzeichen haben, d h. beide addirt oder beide subtrahirt werden müssen: so treffen offenbar die wahren Conjunctionen oder Oppositionen mit den mittleren in demselben Zeitpunkte zusammen. Wenn sie aber ungleich sind, so ergiebt ihre Differenz selbst den Abstand beider; und zeigt, dass dasjenige Gestirn vorausgeht oder folgt, dessen Prosthaphärese zu addiren oder zu subtrahiren ist. Wenn aber beide verschiedene Vorzeichen haben, so geht dasjenige Gestirn um so mehr voraus, dessen Prosthaphärese abgezogen werden muss, während ihre Summe den Abstand der Gestirne ergiebt. Diesen können wir danach abschätzen, wieviel vom Monde in den ganzen Stunden durchlaufen werden kann, indem wir auf jeden Grad des Abstandes zwei Stunden rechnen. So nehmen wir, wenn zum Beispiel der Abstand ungefähr 6° beträgt, 12 Stunden; zu diesem so bestimmten Zeitintervall suchen wir die wahre Bewegung des Mondes von der Sonne, was leicht auszuführen ist, da wir wissen, dass die mittlere Bewegung des Mondes 1° 1′ in zwei Stunden zurücklegt, dass aber die stündliche und wahre Bewegung der Anomalie bei Voll- und Neumond nahe 50′ beträgt, was in sechs Stunden eine gleichmässige Bewegung von 3° und so vielen Minuten ergiebt, als die wahre Bewegung der Anomalie fünf Grade enthält. Hiermit suchen wir in der Tafel der Mondprosthaphäresen, die Differenz zwischen den Prosthaphäresen, und addiren dieselbe zu der mittleren Bewegung, wenn die Anomalie in dem untern Theile des Kreises, ziehen dieselbe aber ab, wenn sie in dem oberen Theile liegt. Diese Summe oder Differenz ist dann die wahre Bewegung des Mondes in den zu Grunde liegenden Stunden. Diese Bewegung genügt nun, wenn dieselbe der vorher bestehenden Distanz gleich ist; sonst dividiren wir die mit der Anzahl der geschätzten Stunden multiplicirte Distanz durch diese Bewegung, oder dividiren durch die erhaltene wahre stündliche Bewegung die einfache Distanz; und erhalten dann die wahre Differenz der Zeit zwischen der mittleren und wahren Conjunction oder Opposition in Stunden und Minuten. Diese addiren wir zu der mittleren Zeit der Conjunction oder Opposition, wenn der Mond der Sonne voraus ist, oder dem Orte der Sonne diametral gegenübersteht;

ziehen sie aber ab, wenn der Mond der Sonne folgt: und so erhalten wir die Zeit der wahren Conjunction oder Opposition. Obgleich wir zugestehen müssen, dass die Ungleichmässigkeit der Sonne hierin noch etwas ändert, so ist dies doch mit Recht zu vernachlässigen, da dies in dem ganzen Verlaufe, und zwar bei der grössten Entfernung, welche sich über sieben Grad erstreckt, nicht eine Minute betragen kann. Es ist daher diese Methode, die Lunationen zu bestimmen, sicherer als eine andere. Gründet man dieselbe nämlich nur auf die stündliche Bewegung des Mondes, welche man den stündlichen Ueberschuss nennt: so täuscht man sich zuweilen, und ist öfter genöthigt, dic Rechnung zu wiederholen; denn die stündliche Bewegung des Mondes ist veränderlich und bleibt sich nicht gleich. Für die Zeit der wahren Conjunction oder Opposition berechnen wir auch die wahre Bewegung der Breite, um die Breite des Mondes zu erfahren; und auch den wahren Ort der Sonne vom Frühlingsnachtgleichenpunkte in der Ekliptik, um daraus zu erkennen, ob der Mond in Conjunction oder Opposition steht; und da die so gefundene Zeit mittlere und gleichmässige Krakauer Zeit ist: so reduciren wir dieselbe in der früher angegebenen Weise auf wahre Zeit. Wenn wir dies dann auf andere Orte als Krakau übertragen wollen, so berücksichtigen wir deren Länge, nehmen für jeden Grad dieser Länge 4 Minuten Zeit, für jede Minute der Länge 4 Secunden Zeit, und addiren dies zu der Krakauer Zeit, wenn der Ort östlich, ziehen es aber davon ab, wenn der Ort westlich liegt; und diese Summe oder Differenz ist dann die Zeit der Conjunction oder Opposition der Sonne und des Mondes.

Capitel 30.

Wie man die Conjunctionen oder Oppositionen der Sonne und des Mondes, welche von Finsternissen begleitet sind, von den anderen unterscheidet.

Ob aber Conjunctionen oder Oppositionen mit Verfinsterungen verknüpft sind oder nicht, wird beim Monde leicht erkannt. Wenn nämlich seine Breite kleiner ist, als die Summe der Halbmesser des Mondes und des Schattens, so tritt eine Mondfinsterniss ein; ist sie grösser: so tritt eine solche nicht ein. Aber bei der Sonne hat dies mehr Schwierigkeit, indem dabei die beiderseitigen Parallaxen von Einfluss sind, wodurch sich eine sichtbare Conjunction meistentheils von einer wahren unterscheidet. Wenn wir daher für die Zeit der wahren Conjunction selbst, und für den Zeitraum von einer Stunde vor der wahren Conjunction im östlichen, und nach derselben im westlichen Quadranten der Ekliptik, die Längenparallaxe zwischen Sonne und Mond berechnet haben: so suchen wir die scheinbare Länge des Mondes von der Sonne, um zu erfahren, um wie viel sich der Mond in der Erscheinung von der Sonne in einer Stunde entfernt. Wenn wir mit dieser stündlichen Bewegung in jene Längenparallaxe dividiren: so erhalten wir die Zeit-differenz zwischen der wahren und scheinbaren Conjunction. Wird diese im östlichen Quadranten der Ekliptik von der wahren Zeit der Conjunction abgezogen, im westlichen zu derselben addirt (denn hier geht die scheinbare Conjunction der wahren voraus, dort folgt sie ihr nach), so erhält man die verlangte Zeit der erscheinenden Conjunction. Für diese Zeit berechnen wir nun, durch die dargelegte Parallaxe der Sonne, die scheinbare Breite des Mondes von der Sonne, oder den Abstand der Mittelpunkte der Sonne und des Mondes bei der scheinbaren Conjunction. Ist diese Breite grösser als die halbe Summe der Durchmesser von Sonne und Mond, so tritt keine Sonnenfinsterniss ein; ist sie aber kleiner, so ereignet sich eine solche. Und hieraus ergiebt sich, dass, wenn der Mond zur Zeit der wahren Conjunction keine Längenparallaxe hat, die scheinbare mit der wahren Conjunction zusammenfällt. Dies geschieht im 90sten Grade der Ekliptik von Osten oder Westen genommen.

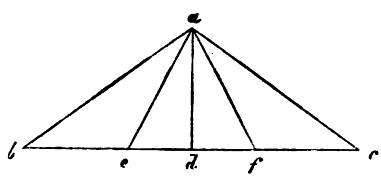
Capitel 31.

Wie gross eine Sonnen- oder Mondfinsterniss wird.

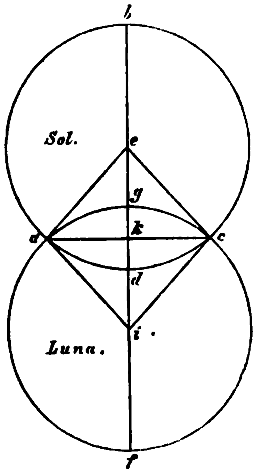
Nachdem wir eine Sonnen- oder Mondfinsterniss erkannt haben, finden wir leicht, wie gross dieselbe sein wird; bei der Sonne nämlich aus dem erscheinenden Breitenunterschiede, welcher zur Zeit der scheinbaren Conjunction zwischen Sonne und Mond besteht. Denn wenn wir denselben von der halben Summe der Sonnen- und Monddurchmesser abziehen, so erhalten wir als Rest dasjenige, was von der Sonne, im Durchmesser gerechnet, verfinstert wird. Multipliciren wir dies mit 12, und dividiren das Product durch den Sonnendurchmesser, so erhalten wir die Anzahl der verfinsterten Zolle. Wenn zwischen Sonne und Mond kein Breitenunterschied besteht, so wird die Sonne total oder so viel verfinstert, als der Mond bedecken kann. Ungefähr ebenso verfahren wir bei der Mondfinsterniss, nur dass wir an Stelle des scheinbaren Breitenunterschiedes, die einfache Breite anwenden. Nachdem dieselbe von der halben Summe des Schatten- und Monddurchmessers abgezogen worden ist, bleibt als Rest der verfinsterte Theil des Mondes; wenn nämlich die Breite des Mondes nicht kleiner ist, als der Quotient aus dem Durchmesser des Mondes durch die halbe Summe der Durchmesser; denn alsdann wird der Mond total verfinstert; und eine kleinere Breite ergiebt noch dazu irgend eine Dauer der Finsterniss, welche dann am grössten sein wird, wenn die Breite Null ist, was, wie ich glaube, bei einiger Ueberlegung vollkommen klar sein wird. Wenn wir aber bei einer partialen Mondfinsterniss den verfinsterten Theil mit 12 multipliciren, und das Product durch den Durchmesser des Mondes dividiren, so erhalten wir die Anzahl der verfinsterten Zolle, ganz so wie bei der Sonnenfinsterniss gesagt ist.

Capitel 32.

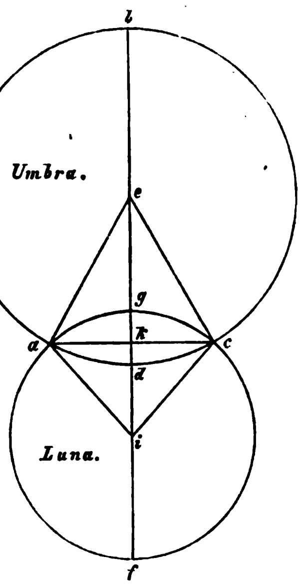
Zur Vorausbestimmung der Dauer einer Finsterniss.



Es ist noch übrig zu untersuchen, wie lange eine Finsterniss dauert; wobei zu bemerken ist, dass wir die Bogen, welche zwischen Sonne, Mond und Schatten vorkommen, weil ihre Kleinheit keinen Unterschied von den graden Linien erkennen lässt, als grade Linien betrachten. Es sei im Punkte **a** der Mittelpunkt der Sonne und des Schattens, die grade Linie **bc** die Bahn des Mondes, **b** der Mittelpunkt des Mondes in dem Augenblicke, in welchem er beim Eintritt der Erscheinung den Rand der Sonne oder des Schattens berührt, **c** dasselbe am Ende der Finsterniss. Man ziehe **ab** und **ac** und fälle auf **bc** das Loth **ad:** so ist klar, dass, wenn der Mittelpunkt des Mondes sich in **d** befindet, die Mitte der Finsterniss eintritt; denn **ad** ist die kürzeste aller der Linien, welche von **a** nach **bc** gezogen werden können. **bd** ist gleich **dc**, weil **ab** und **ac** die Hälften der Summe, bei einer Sonnenfinsterniss, des Sonnen- und Monddurchmessers, bei einer Mondfinsterniss des Schatten- und Monddurchmessers sind, und **ad** ist die wahre oder scheinbare Breite des Mondes für die Mitte der Finsterniss. Zieht man nun das Quadrat der Linie **ad** von demjenigen der Linie **ab** ab, so bleibt das Quadrat der Linie **bd**, folglich ist **bd** auch seiner Länge nach gegeben. Dividiren wir dies durch die wahre stündliche Bewegung des Mondes, bei einer Mondfinsterniss; oder durch die scheinbare bei einer Sonnenfinsterniss, so erhalten wir die Zeit der halben Dauer. Häufig verweilt der Mond in der Mitte der Finsterniss einige Zeit, was dann eintritt, wenn die Hälfte der Summe der Durchmesser von Mond und Schatten die Breite des Mondes um mehr als seinen Durchmesser übertrifft, wie wir schon gesagt haben. Wir nehmen **e**, als den Mittelpunkt des Mondes beim Anfange der totalen Finsterniss, wo der Mond die Peripherie des Schattens von aussenher berührt, und **f** als denjenigen bei der zweiten Berührung, bei welcher er anfängt auszutreten, und ziehen **ae** und **af:** so zeigt sich in derselben Weise, wie vorhin, dass **ed** und **df** die Hälften des Verweilens in der Finsterniss darstellen. Weil nun **ad** als die Breite des Mondes, und **ae** oder **af** als der Ueberschuss des Schattenhalbmessers über den Mondhalbmesser, bekannt sind: so ergiebt sich **de** oder **df;** und dividirt man diese wieder durch die wahre stündliche Bewegung des Mondes, so erhält man die gesuchte halbe Zeit des Verweilens. Es ist aber hierbei zu berücksichtigen, dass der Mond sich in seiner Bahn bewegt, und auf der Ekliptik Längen abschneidet, die nicht ganz gleich sind denen, die er in seiner eignen Bahn zurücklegt, und welche diejenigen Kreise schneiden, die durch die Pole der Ekliptik gezogen sind. Der Unterschied ist aber sehr gering, da in dem ganzen, 12 Grade betragenden Abstande der Schnittpunkt der Ekliptik, in welchem ungefähr die äussersten Grenzen der Sonnenund Mondfinsternisse enthalten sind, die Bogen beider Kreise nur um 2 Minuten von einander unterschieden sind, dem in Zeit 15 Minuten entsprechen. Deswegen bedienen wir uns zuweilen des Einen für den Andern, als ob sie dieselben wären. Ebenso wenden wir auch bei den Grenzen der Finsternisse dieselbe Breite des Mondes an, wie in der Mitte der Verfinsterung, obgleich diese Breite des Mondes immer wächst oder abnimmt. Aus demselben Grunde sind auch die Zwischenräume zwischen dem Eintritte und dem Austritte nicht ganz gleich, aber ihre Differenz ist so gering, dass es eine unnütze Zeitverschwendung zu sein scheint, dieselben genauer zu berechnen. Auf diese Weise sind die Zeiten, die Dauer und die Grössen der Finsternisse in Theilen der Durchmesser ausgedrückt.



Viele sind jedoch der Meinung, dass nicht nach den Durchmessern, sondern nach den Flächenräumen die verdunkelten Theile ermittelt werden müssen, weil nicht Linien sondern Flächen verfinstert werden. Es sei deswegen *abcd* der Kreis der Sonne oder des Schattens, und *e* dessen Mittelpunkt, *afcg* der Kreis des Mondes, und *i* dessen Mittelpunkt; beide Kreise mögen sich in den Punkten *a* und *c* schneiden; man ziehe durch beide Mittelpunkte die grade Linie *beif*, ferner *ae*, *ec*, *ia* und *ic*, endlich *akc* senkrecht gegen *bf*. Hieraus wollen wir ermitteln, wie gross der verdunkelte Flächenraum *adcg* sei, und wie viele Zwölftel der ganzen Kreisfläche der theilweise verfinsterten Sonne oder des Mondes derselbe betrage. Aus dem Früheren sind die Halbmesser *ae* und *ai* der beiden Kreise, sowie der Abstand der Mittelpunkte, oder die Breite des Mondes *ei* bekannt. In dem Dreiecke *aei* sind also die Seiten gegeben, und deshalb, nach den früheren Beweisen, auch die Winkel. Diesem Dreiecke ist aber das andere *eic* ähnlich und gleich. Danach sind auch die Bogen *adc* und *agc* in Graden, von denen auf den ganzen Kreis 360 gehen, gegeben. Archimedes von Syrakus hat in seiner „Kreismessung“ [336]) gelehrt, die Peripherie habe zum Durchmesser ein kleineres Verhältniss als drei und ein Siebentel, und ein grösseres als drei und zehn Einundsiebzigstel. Zwischen diesen beiden Grenzen nimmt Ptolomäus [337]) das Verhältniss von drei und acht Sechzigstel und dreissig Dreitausendsechshundertstel zu Eins. Und in diesem Verhältnisse stehen auch offenbar die Bogen



agc und *adc* in solchen Theilen ausgedrückt, in welchen ihre Durchmesser, oder *ae* und *ai* gegeben sind; und die Inhalte *ea* mal *ad* und *ia* mal *ag* ebenfalls, welche gleich sind den Sectoren *aec* und *aic*. Aber auch die den gleichschenkligen Dreiecken *aec* und *aic* gemeinschaftliche Basis *akc*, und die Lothe *ek* und *ki* sind gegeben, folglich auch die Produkte *ak* mal *ke*, als Flächeninhalt des Dreieckes *aec*, und *ak* mal *ki*, als derjenige des Dreiecks *aci*. Zieht man nun jedes dieser Dreiecke von seinem Sector ab, so bleiben die Segmente *agc* und *adc*, aus denen die verlangte Summe *adcg* sich ergiebt. Auch die Flächeninhalte der ganzen Kreise sind gegeben, bei der Sonnenfinsterniss durch das Product *be* mal *bad*, bei der Mondfinsterniss durch das Product *fi* mal *fag*. Hieraus folgt denn auch, wie viele Zwölftel von dem ganzen Kreise der Sonne oder des Mondes jener verfinsterte Theil *adcg* ausmacht. — Dies mag nun in Bezug auf den Mond genügen, was bei Anderen weitläufiger abgehandelt ist. Wir eilen zu den Kreisbewegungen der übrigen fünf Gestirne, von denen in den folgenden Büchern die Rede ist.

Nicolaus Copernicus' Kreisbewegungen.

Fünftes Buch.

Bisher haben wir nach unsern Kräften die Kreisbewegungen der Erde um die Sonne, und des Mondes um die Erde abgehandelt. Wir gehen nun zu den Bewegungen der fünf Planeten über, mit deren Reihenfolge und Grössen ihrer Bahnen eben jene Bewegung der Erde in wunderbarem Einklange und zuverlässigem Ebenmaasse steht: wie wir das im ersten Buche im Allgemeinen besprachen, als wir zeigten, dass jene Bahnen nicht sowohl an der Erde, sondern vielmehr an der Sonne ihre Mittelpunkte hätten. Es bleibt uns also noch übrig, Alles dies im Einzelnen und deutlicher nachzuweisen, und so unserm Versprechen, so viel an uns ist, nachzukommen: indem wir vorzüglich Beobachtungen von Erscheinungen benutzen, wie wir sie sowohl aus alten als auch aus unsern Zeiten entnommen haben, und durch dieselben das Verhältniss jener Bewegungen sicherer begründen.[338]) Diese fünf Gestirne werden beim Timäus des Plato, jedes nach seiner besonderen Beschaffenheit benannt: Saturn, der Scheinende, φαίνων, gleichsam der helle oder sichtbare, denn er ist die kürzeste Zeit hindurch verborgen und erscheint schneller als die übrigen wieder, wenn er von der Sonne verdeckt worden ist; Jupiter, der Glänzende, φαέθων, von seinem Glanze; Mars, der Feurige, πυρόεις, von seinem feurigen Scheine; Venus, bald Morgenstern, φωσφόρος, bald Abendstern, ἕσπερος, insofern derselbe entweder Morgens oder Abends leuchtet; endlich Merkur, der Funkelnde, στίλβων, von seinem funkelnden und zitternden Lichte. — Alle diese bewegen sich mit grösseren Abweichungen in Länge und Breite als der Mond.

Capitel 1.

Ueber die Kreisbewegungen der Planeten und ihre mittleren Bewegungen.

Zwei sehr verschiedene Bewegungen der Länge kommen an den Planeten zur Erscheinung: die eine rührt von der besprochenen Bewegung der Erde her, die andere ist jedem von ihnen eigenthümlich. Die Erste hat man nicht mit Unrecht die Bewegung der Parallaxe genannt, weil sie es ist, welche bei allen Planeten die Stillstände und die rechtläufigen und rückläufigen Bewegungen in der Erscheinung hervorbringt, nicht weil der Planet selbst dieselben an sich hat, denn derselbe ist in seiner eigenen Bewegung immer rechtläufig; sondern weil dies nach Maassgabe der Parallaxe so erscheint, wie es die Bewegung der Erde, je nach der Verschiedenheit und der Grösse jener Bahnen, bedingt. Es ergiebt sich daher, dass die wahren Oerter des Saturn, des Jupiter und des Mars nur dann für uns wahrnehmbar sind, wenn sie des Abends aufgehen, was ungefähr in der Mitte ihrer rückläufigen Bewegungen eintritt; dann stehen sie nämlich mit dem mittleren Orte der Sonne in grader Linie und sind von jener Parallaxe frei. Bei der Venus und dem Merkur ist das Verhältniss ein anderes. Diese sind nämlich, wenn sie im vollen Lichte stehen, unsichtbar, und zeigen sich nur in ihren Abweichungen, welche sie von der Sonne nach der einen oder nach der andern Seite machen, so dass sie nie frei von jener Parallaxe gefunden werden. Es kommt also jedem Planeten sein besonderer parallactischer Umlauf zu, ich nenne dies die Bewegung der Erde in Bezug auf den Planeten[339]), und die Planeten zeigen dieselbe an einander. Wir behaupten nämlich, dass die parallactische Bewegung nichts anderes sei, als diejenige Differenz, um welche die mittlere Bewegung der Erde die Bewegung der Planeten übertrifft, wie beim Saturn, Jupiter und Mars; oder von letzterer übertroffen wird, wie bei Venus und Merkur. Da aber diese Perioden der Parallaxen um einen merklichen Unterschied ungleich befunden werden: so glaubten die Alten, dass auch die Bewegungen der Planeten ungleichmässig wären, und dass ihre Bahnen Absiden besässen, an denen ihre Ungleichmässigkeiten wiederkehrten, und dass dieselben ihre unabänderlichen Oerter in der Fixsternsphäre hätten. Hierdurch war der Weg eröffnet, um die mittleren Bewegungen der Planeten und ihre gleichmässigen Perioden zu erforschen. Denn, wenn man den Ort irgend eines derselben, nach seinem bestimmten Abstande von der Sonne und einem Fixsterne überliefert erhalten hatte, und erkannte, dass der Planet nach einem gewissen Zeitraume, bei gleichem Abstande von der Sonne zu demselben Orte zurückgekehrt sei: so schien der Planet alle seine Ungleichmässigkeiten durchlaufen zu haben, und durch alle diese hindurch in seine frühere Stellung zur Erde zurückgekehrt zu sein. Und so berechnete man aus der Zeit, welche verlaufen war, die Anzahl der ganzen, gleichmässigen Umläufe, und aus diesen die besonderen Bewegungen des Gestirns. Ptolomäus bearbeitete diese Umläufe, soweit er dieselben von Hipparch erhalten zu haben angiebt, nach Sonnnenjahren von Neuem[340]). Unter Sonnenjahren will er solche verstanden wissen, die vom Nachtgleichenpunkte oder vom Solstitium gerechnet werden. Es hat sich aber schon ergeben, dass solche Jahre nicht ganz gleich sind; deshalb bedienen wir uns derjenigen, welche nach den Fixsternen gerechnet werden, und nach diesen sind also die Bewegungen jener fünf Gestirne von uns verbessert hergestellt, sofern wir gefunden haben, dass dieselben zu unserer Zeit in Vergleich zu jenen etwas verloren oder gewonnen haben, und zwar folgendermaassen. In Bezug auf Saturn legt die Erde die von uns sogenannte parallactische Bewegung in nahezu 69 unserer Sonnenjahre, $1^d\ 6^I\ 48^{II}$ siebenundfünfzigmal zurück, und in derselben Zeit macht dieser Stern in seiner eigenen Bewegung zwei Umläufe und nahezu $1^0\ 6'\ 6''$. Jupiter wird von der Erde 65 mal eingeholt in 71 Sonnenjahren, an denen $5^d\ 45^I\ 27^{II}$ fehlen, in welcher Zeit der Stern sechs Umläufe macht, an denen $5^0\ 41'\ 2\frac{1}{2}''$ fehlen Der parallactischen Umläufe des Mars sind 37 in 79 Sonnenjahren $2^d\ 27^I\ 3^{II}$, in welcher Zeit der Stern in eigener Bewegung 42 ganze Umläufe und $2^0\ 24'\ 56''$ vollendet. Venus überholt die Bewegung der Erde fünfmal in 8 Sonnenjahren weniger $2^d\ 26^I\ 46^{II}$, und zwar macht sie in dieser Zeit 13 Umläufe um die Sonne weniger $2^0\ 24'\ 40''$. Merkur endlich macht 145 parallactische Umläufe in 46 Sonnenjahren und $0^d\ 34^I\ 23^{II}$, und in dieser Zeit überholt er die Bewegung der Erde, mit welcher er sich um die Sonne dreht, 191 mal und legt dazu noch zurück $33'\ 23''$. Es sind also die einzelnen parallactischen Umläufe für jeden Planeten folgende:

für Saturn	378^d	5^I	32^{II}	11^{III}
für Jupiter	398	23	2	56
für Mars	779	56	19	7
für Venus	583	55	17	34
für Merkur	115	52	42	12

Verwandeln wir diese Angaben in Grade des Kreises, indem wir 360^0 mit 365^d multipliciren, und dies Product durch obige Anzahlen von Tagen und ihren Theilen dividiren: so erhalten wir als jährliche Bewegung des

Saturn	347^0	$32'$	$2''$	$54'''$	$12''''$
Jupiter	329	25	8	15	6
Mars	168	28	29	13	12
Venus	225	1	48	54	30
Merkur 3 Umläufe und	53	56	46	54	40

Der 365ste Theil hiervon ist die tägliche Bewegung, also bei

Saturn	0^0	$57'$	$7''$	$44'''$	$0''''$
Jupiter	0	54	9	3	49
Mars	0	27	41	40	8
Venus	0	36	49	28	35
Merkur	3	6	24	7	43.

Und dies ist in einer Tafel, welche hier folgt, nach dem Muster derjenigen über die mittleren Bewegungen der Sonne und des Mondes, dargestellt. Die eigenen Bewegungen der Planeten aber ebenso auszuführen, haben wir für überflüssig gehalten; sie ergeben sich nämlich durch Subtraction dieser mittleren von der mittleren Bewegung der Sonne, da jene, wie gesagt, diese zusammensetzen. Sollte sich aber Jemand hiermit nicht beruhigen, so kann er es nach seinem Gefallen ausführen. Die eigene jährliche Bewegung in Bezug auf die Fixsternsphäre beträgt nämlich beim

Saturn	12°	12′	46″	12‴	52⁗
Jupiter	30	19	40	51	58
Mars	191	16	19	53	52

Bei Venus aber und bei Merkur gebrauchen wir die Bewegung der Sonne selbst, wenn sie für uns nicht sichtbar sind, und ergänzen sie nur um diejenige, durch welche ihre Erscheinungen erkannt und erwiesen werden, wie weiter unten gezeigt werden soll.[341])

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES SATURN VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	5	47	32	3	9		31	5	33	33	37	59
2	5	35	4	6	19		32	5	21	5	41	9
3	5	22	36	9	29		33	5	8	37	44	19
4	5	10	8	12	38		34	4	56	9	47	28
5	4	57	40	15	48		35	4	43	41	50	38
6	4	45	12	18	58		36	4	31	13	53	48
7	4	32	44	22	7	Ort Christi	37	4	18	45	56	57
8	4	20	16	25	17	205° 49′	38	4	6	18	0	7
9	4	7	48	28	27	Bch. V. Cap. 8.	39	3	53	50	3	17
10	3	55	20	31	36		40	3	41	22	6	26
11	3	42	52	34	46		41	3	28	54	9	36
12	3	30	24	37	56		42	3	16	26	12	46
13	3	17	56	41	5		43	3	3	58	15	55
14	3	5	28	44	15		44	2	51	30	19	5
15	2	53	0	47	25		45	2	39	2	22	15
16	2	40	32	50	34		46	2	26	34	25	24
17	2	28	4	53	44		47	2	14	6	28	34
18	2	15	36	56	54		48	2	1	38	31	44
19	2	3	9	0	3		49	1	49	10	34	53
20	1	50	41	3	13		50	1	36	42	38	3
21	1	38	13	6	23		51	1	24	14	41	13
22	1	25	45	9	32		52	1	11	46	44	22
23	1	13	17	12	42		53	0	59	18	47	32
24	1	0	49	15	52		54	0	46	50	50	42
25	0	48	21	19	1		55	0	34	22	53	51
26	0	35	53	22	11		56	0	21	54	57	1
27	0	23	25	25	21		57	0	9	27	0	11
28	0	10	57	28	30		58	5	56	59	3	20
29	5	58	29	31	40		59	5	44	31	6	30
30	5	46	1	34	50		60	5	32	3	9	40

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES SATURN VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad.	Min.	Secund.	Tertien
1	0	0	57	7	44	31	0	29	30	59	46
2	0	1	54	15	28	32	0	30	28	7	30
3	0	2	51	23	12	33	0	31	25	15	14
4	0	3	48	30	56	34	0	32	22	22	58
5	0	4	45	38	40	35	0	33	19	30	42
6	0	5	42	46	24	36	0	34	16	38	26
7	0	6	39	54	8	37	0	35	13	46	1
8	0	7	37	1	52	38	0	36	10	53	55
9	0	8	34	9	36	39	0	37	8	1	39
10	0	9	31	17	20	40	0	38	5	9	23
11	0	10	28	25	4	41	0	39	2	17	7
12	0	11	25	32	49	42	0	39	59	24	51
13	0	12	22	40	33	43	0	40	56	32	35
14	0	13	19	48	17	44	0	41	53	40	19
15	0	14	16	56	1	45	0	42	50	48	3
16	0	15	14	3	45	46	0	43	47	55	47
17	0	16	11	11	29	47	0	44	45	3	31
18	0	17	8	19	13	48	0	45	42	11	16
19	0	18	5	26	57	49	0	46	39	19	0
20	0	19	2	34	41	50	0	47	36	26	44
21	0	19	59	42	25	51	0	48	33	34	28
22	0	20	56	50	9	52	0	49	30	42	12
23	0	21	53	57	53	53	0	50	27	49	56
24	0	22	51	5	38	54	0	51	24	57	40
25	0	23	48	13	22	55	0	52	22	5	24
26	0	24	45	21	6	56	0	53	19	13	8
27	0	25	42	28	50	57	0	54	16	20	52
28	0	26	39	36	34	58	0	55	13	28	36
29	0	27	36	44	18	59	0	56	10	36	20
30	0	28	33	52	3	60	0	57	7	44	5

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES JUPITER VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	5	29	25	8	15		31	2	11	59	15	48
2	4	58	50	16	30		32	1	41	24	24	3
3	4	28	15	24	45		33	1	10	49	32	18
4	3	57	40	33	0		34	0	40	14	40	33
5	3	27	5	41	15		35	0	9	39	48	48
6	2	56	30	49	30		36	5	39	4	57	3
7	2	25	55	57	45	Ort Christi 98° 16′ Bch. V. Cap. 13.	37	5	8	30	5	18
8	1	55	21	6	0		38	4	37	55	13	33
9	1	24	46	14	15		39	4	7	20	21	48
10	0	54	11	22	31		40	3	36	45	30	4
11	0	23	36	30	46		41	3	6	10	38	19
12	5	53	1	39	1		42	2	35	35	46	34
13	5	22	26	47	16		43	2	5	0	54	49
14	4	51	51	55	31		44	1	34	26	3	4
15	4	21	17	3	46		45	1	3	51	11	19
16	3	50	42	12	1		46	0	33	16	19	34
17	3	20	7	20	16		47	0	2	41	27	49
18	2	49	32	28	31		48	5	32	6	36	4
19	2	18	57	36	46		49	5	1	31	44	19
20	1	48	22	45	2		50	4	30	56	52	34
21	1	17	47	53	17		51	4	0	22	0	50
22	0	47	13	1	32		52	3	29	47	9	5
23	0	16	38	9	47		53	2	59	12	17	20
24	5	46	3	18	2		54	2	28	37	25	35
25	5	15	28	26	17		55	1	58	2	33	50
26	4	44	53	34	32		56	1	27	27	42	5
27	4	14	18	42	47		57	0	56	52	50	20
28	3	43	43	51	2		58	0	26	17	58	35
29	3	13	8	59	17		59	5	55	43	6	50
30	2	42	34	7	33		60	5	25	8	15	6

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES JUPITER VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien	Tage	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	0	54	9	3	31	0	27	58	40	58
2	0	1	49	18	7	32	0	28	52	50	2
3	0	2	42	27	11	33	0	29	46	59	5
4	0	3	36	36	15	34	0	30	41	8	9
5	0	4	30	45	19	35	0	31	35	17	13
6	0	5	24	54	22	36	0	32	29	26	17
7	0	6	19	3	26	37	0	33	23	35	21
8	0	7	13	12	30	38	0	34	17	44	25
9	0	8	7	21	34	39	0	35	11	53	29
10	0	9	1	30	38	40	0	36	6	2	32
11	0	9	55	39	41	41	0	37	0	11	36
12	0	10	49	48	45	42	0	37	54	20	40
13	0	11	43	57	49	43	0	38	48	29	44
14	0	12	38	6	53	44	0	39	42	38	47
15	0	13	32	15	57	45	0	40	36	47	51
16	0	14	26	25	1	46	0	41	30	56	55
17	0	15	20	34	4	47	0	42	25	5	59
18	0	16	14	43	8	48	0	43	19	15	3
19	0	17	8	52	12	49	0	44	13	24	6
20	0	18	3	1	16	50	0	45	7	33	10
21	0	18	57	10	20	51	0	46	1	42	14
22	0	19	51	19	23	52	0	46	55	51	18
23	0	20	45	28	27	53	0	47	50	0	22
24	0	21	39	37	31	54	0	48	44	9	26
25	0	22	33	46	35	55	0	49	38	18	29
26	0	23	27	55	39	56	0	50	32	27	33
27	0	24	22	4	43	57	0	51	26	36	37
28	0	25	16	13	46	58	0	52	20	45	41
29	0	26	10	22	50	59	0	53	14	54	45
30	0	27	4	31	54	60	0	54	9	3	49

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES MARS VON JAHR ZU JAHR, UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	2	48	28	30	36		31	3	2	43	48	38
2	5	36	57	1	12		32	5	51	12	19	14
3	2	25	25	31	48		33	2	39	40	49	50
4	5	13	54	2	24		34	5	28	9	20	26
5	2	2	22	33	0		35	2	16	37	51	2
6	4	50	51	3	36		36	5	5	6	21	38
7	1	39	19	34	12	Ort Christi 238° 22' Bch. V. Cap. 18.	37	1	53	34	52	14
8	4	27	48	4	48		38	4	42	3	22	50
9	1	16	16	35	24		39	1	30	31	53	26
10	4	4	45	6	0		40	4	19	0	24	2
11	0	53	13	36	36		41	1	7	28	54	38
12	3	41	42	7	12		42	3	55	57	25	14
13	0	30	10	37	48		43	0	44	25	55	50
14	3	18	39	8	24		44	3	32	54	26	26
15	0	7	7	39	1		45	0	21	22	57	3
16	2	55	36	9	37		46	3	9	51	27	39
17	5	44	4	40	13		47	5	58	19	58	15
18	2	32	33	10	49		48	2	46	48	28	51
19	5	21	1	41	25		49	5	35	16	59	27
20	2	9	30	12	1		50	2	23	45	30	3
21	4	57	58	42	37		51	5	12	14	0	39
22	1	46	27	13	13		52	2	0	42	31	15
23	4	34	55	43	49		53	4	49	11	1	51
24	1	23	24	14	25		54	1	37	39	32	27
25	4	11	52	45	1		55	4	26	8	3	3
26	1	0	21	15	37		56	1	14	36	33	39
27	3	48	49	46	13		57	4	3	5	4	15
28	0	37	18	16	49		58	0	51	33	34	51
29	3	25	46	47	25		59	3	40	2	5	27
30	0	14	15	18	2		60	0	28	30	36	4

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES MARS VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	0	27	41	40	31	0	14	18	31	51
2	0	0	55	23	20	32	0	14	46	13	31
3	0	1	23	5	1	33	0	15	14	55	12
4	0	1	50	46	41	34	0	15	41	36	52
5	0	2	18	28	21	35	0	16	9	18	32
6	0	2	46	10	2	36	0	16	37	0	13
7	0	3	13	51	42	37	0	17	4	41	53
8	0	3	41	33	22	38	0	17	32	23	33
9	0	4	9	15	3	39	0	18	0	5	14
10	0	4	36	56	43	40	0	18	27	46	54
11	0	5	4	38	24	41	0	18	55	28	35
12	0	5	32	20	4	42	0	19	23	10	15
13	0	6	0	1	44	43	0	19	50	51	55
14	0	6	27	43	25	44	0	20	18	33	36
15	0	6	55	25	5	45	0	20	46	15	16
16	0	7	23	6	45	46	0	21	13	56	56
17	0	7	50	48	26	47	0	21	41	38	37
18	0	8	18	30	6	48	0	22	9	20	17
19	0	8	46	11	47	49	0	22	37	1	57
20	0	9	13	53	27	50	0	23	4	43	38
21	0	9	41	35	7	51	0	23	32	25	18
22	0	10	9	16	48	52	0	24	0	6	59
23	0	10	36	58	28	53	0	24	27	48	39
24	0	11	4	40	8	54	0	24	55	30	19
25	0	11	32	21	49	55	0	25	23	12	0
26	0	12	6	3	29	56	0	25	50	53	40
27	0	12	27	45	9	57	0	26	18	35	20
28	0	12	55	26	49	58	0	26	46	17	1
29	0	13	23	8	30	59	0	27	13	58	41
30	0	13	50	50	11	60	0	27	41	40	22

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DER VENUS VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegyptische Jahre	Bewegung									Aegyptische Jahre	Bewegung							
	Sechzig	Grad	alte Ausgaben			Manuscript					Sechzig	Grad	alte Ausgaben			Manuscript		
			Min.	Sec.	Tert.	Min.	Sec.	Tert.					Min.	Sec.	Tert.	Min.	Sec.	Tert.
1	3	45	1	45	3	1	50	11		31	2	15	54	16	53	56	55	48
2	1	30	3	30	7	3	40	22		32	0	0	56	1	57	58	46	0
3	5	15	5	15	11	5	30	33		33	3	45	57	47	1	0	36	11
4	3	0	7	0	14	7	20	45		34	1	30	59	32	4	2	26	22
5	0	45	8	45	18	9	10	50		35	5	16	1	17	8	4	16	33
6	4	30	10	30	22	11	1	7		36	3	1	3	2	12	6	6	45
7	2	15	12	15	25	12	51	18	Ort Christi 126° 45′ Buch V. Cap. 24.	37	0	46	4	47	15	7	56	56
8	0	0	14	0	29	14	41	30		38	4	31	6	32	19	9	47	7
9	3	45	15	45	33	16	31	41		39	2	16	8	17	23	11	37	18
10	1	30	17	30	36	18	21	52		40	0	1	10	2	26	13	27	30
11	5	15	19	15	40	20	12	3		41	3	46	11	47	30	15	17	41
12	3	0	21	0	44	22	2	15		42	1	31	13	32	34	17	7	52
13	0	45	22	45	47	23	52	26		43	5	16	15	17	37	18	58	3
14	4	30	24	30	51	25	42	37		44	3	1	17	2	41	20	48	15
15	2	15	26	15	55	27	32	48		45	0	46	18	47	45	22	38	26
16	0	0	28	0	58	29	23	0		46	1	31	20	32	48	24	28	37
17	3	45	29	46	2	31	13	11		47	2	16	22	17	52	26	18	48
18	1	30	31	31	6	33	3	22		48	0	1	24	2	56	28	9	0
19	5	15	33	16	9	34	53	33		49	3	46	25	47	59	29	59	11
20	3	0	35	1	13	36	43	45		50	1	31	27	33	3	31	49	22
21	0	45	36	46	17	38	33	56		51	5	16	29	18	7	33	39	33
22	1	30	38	31	20	40	24	7		52	3	1	31	3	10	35	29	45
23	2	15	40	16	24	42	14	18		53	0	46	32	48	14	37	19	56
24	0	0	42	1	28	44	4	30		54	4	31	34	33	18	30	10	7
25	3	45	43	46	31	45	54	41		55	2	16	36	18	21	41	0	18
26	1	30	45	31	35	47	44	52		56	0	1	38	3	25	42	50	30
27	5	15	47	16	39	49	35	3		57	3	46	39	48	29	44	40	41
28	3	0	49	1	42	51	25	15		58	1	31	41	33	32	46	30	52
29	0	45	50	46	46	53	15	26		59	5	16	43	18	36	48	21	3
30	4	30	52	31	50	55	5	37		60	3	1	45	3	40	50	11	15

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DER VENUS VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung						
				alte Ausg.		Mnscrpt.	
	Sechzig	Grad	Min.	Sec.	Tert.	Sec.	Tert.
1	0	0	36	59	28	59	28
2	0	1	13	58	57	58	57
3	0	1	50	58	25	58	25
4	0	2	27	57	54	57	55
5	0	3	4	57	22	57	24
6	0	3	41	56	51	56	52
7	0	4	18	56	20	56	21
8	0	4	55	55	48	55	50
9	0	5	32	55	17	55	19
10	0	6	0	54	45	54	48
11	0	6	46	54	14	54	16
12	0	7	23	53	43	53	45
13	0	8	0	53	11	53	14
14	0	8	37	52	40	52	43
15	0	9	14	52	8	52	12
16	0	9	51	51	37	51	40
17	0	10	28	51	5	51	9
18	0	11	5	50	34	50	38
19	0	11	42	50	2	50	7
20	0	12	19	49	31	49	36
21	0	12	56	48	59	49	4
22	0	13	33	48	28	48	33
23	0	14	10	47	57	48	2
24	0	14	47	47	26	47	31
25	0	15	24	46	54	47	0
26	0	16	1	46	23	46	28
27	0	16	38	45	51	45	57
28	0	17	15	45	20	45	26
29	0	17	52	44	48	44	55
30	0	18	29	44	17	44	24
31	0	19	6	43	46	43	52
32	0	19	43	43	14	43	21
33	0	20	20	42	43	42	50
34	0	20	57	42	11	42	19
35	0	21	34	41	40	41	48
36	0	22	11	41	9	41	16
37	0	22	48	40	37	40	45
38	0	23	25	40	6	40	14
39	0	24	2	39	34	39	43
40	0	24	39	39	3	39	12
41	0	25	16	38	31	38	40
42	0	25	53	38	0	38	9
43	0	26	30	37	29	37	38
44	0	27	7	36	57	37	7
45	0	27	44	36	26	36	36
46	0	28	21	35	54	36	4
47	0	28	58	35	23	35	33
48	0	29	35	34	52	35	2
49	0	30	12	34	20	34	31
50	0	30	49	33	49	34	0
51	0	31	26	33	17	33	28
52	0	32	3	32	46	32	57
53	0	32	40	32	14	32	26
54	0	33	17	31	43	31	55
55	0	33	54	31	12	31	24
56	0	34	31	30	40	30	52
57	0	35	8	30	9	30	21
58	0	35	45	29	37	29	50
59	0	36	22	29	6	29	19
60	0	36	59	28	35	28	48

PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES MERKUR VON JAHR ZU JAHR UND VON SECHZIG ZU SECHZIG JAHREN.

Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Aegypt. Jahre	Bewegung Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	53	57	23	6		31	3	52	38	56	21
2	1	47	54	46	13		32	4	46	36	19	28
3	2	41	52	9	19		33	5	40	33	42	34
4	3	35	49	32	26		34	0	34	31	5	41
5	4	29	46	55	32		35	1	28	28	28	47
6	5	23	44	18	39	Ort Christi 46° 24′ (Bch V. Cap. 31.	36	2	22	25	51	54
7	0	17	41	41	45		37	3	16	23	15	0
8	1	11	39	4	52		38	4	10	20	38	7
9	2	5	36	27	58		39	5	4	18	1	13
10	2	59	33	51	5		40	5	58	15	24	20
11	3	53	31	14	11		41	0	52	12	47	26
12	4	47	28	37	18		42	1	46	10	10	33
13	5	41	26	0	24		43	2	40	7	33	39
14	0	35	23	23	31		44	3	34	4	56	46
15	1	29	20	46	37		45	4	28	2	19	52
16	2	23	18	9	44		46	5	21	59	42	59
17	3	17	15	32	50		47	0	15	57	6	5
18	4	11	12	55	57		48	1	9	54	29	12
19	5	5	10	19	3		49	2	3	51	52	18
20	5	59	7	42	10		50	2	57	49	15	25
21	0	53	5	5	16		51	3	51	46	38	31
22	1	47	2	28	23		52	4	45	44	1	38
23	2	40	59	51	29		53	5	39	41	24	44
24	3	34	57	14	36		54	0	33	38	47	51
25	4	28	54	37	42		55	1	27	36	10	57
26	5	22	52	0	49		56	2	21	33	34	4
27	0	16	49	23	55		57	3	15	30	57	10
28	1	10	46	47	2		58	4	9	28	20	17
29	2	4	44	10	8		59	5	3	25	43	23
30	2	58	41	33	15		60	5	57	23	6	30

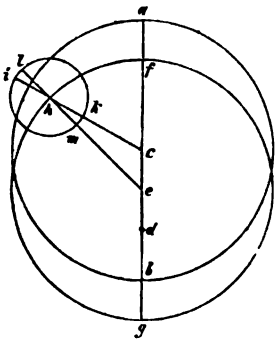
PARALLACTISCHE BEWEGUNG DES MERKUR VON TAGE ZU TAGE UND VON SECHZIG ZU SECHZIG TAGEN.

Tage	Bewegung					Tage	Bewegung				
	Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien		Sechzig	Grad	Min.	Secund.	Tertien
1	0	3	6	24	13	31	1	36	18	31	3
2	0	6	12	48	27	32	1	39	24	55	17
3	0	9	19	12	41	33	1	42	31	19	31
4	0	12	25	36	54	34	1	45	37	43	44
5	0	15	32	1	8	35	1	48	44	7	58
6	0	18	38	25	22	36	1	51	50	32	12
7	0	21	44	49	35	37	1	54	56	56	25
8	0	24	51	13	49	38	1	58	3	20	39
9	0	27	57	38	3	39	2	1	9	44	53
10	0	31	4	2	16	40	2	4	16	9	6
11	0	34	10	26	30	41	2	7	22	33	20
12	0	37	16	50	44	42	2	10	28	57	34
13	0	40	23	14	57	43	2	13	35	21	47
14	0	43	29	39	11	44	2	16	41	46	1
15	0	46	36	3	25	45	2	19	48	10	15
16	0	49	42	27	38	46	2	22	54	34	28
17	0	52	48	51	52	47	2	26	0	58	42
18	0	55	55	16	6	48	2	29	7	22	56
19	0	59	1	40	19	49	2	32	13	47	9
20	1	2	8	4	33	50	2	35	20	11	23
21	1	5	14	28	47	51	2	38	26	35	37
22	1	8	20	53	0	52	2	41	32	59	50
23	1	11	27	17	14	53	2	44	39	24	4
24	1	14	33	41	28	54	2	47	45	48	18
25	1	17	40	5	41	55	2	50	52	12	31
26	1	20	46	29	55	56	2	53	58	36	45
27	1	23	52	54	9	57	2	57	5	0	59
28	1	26	59	18	22	58	3	0	11	25	12
29	1	30	5	42	36	59	3	3	17	49	26
30	1	33	12	6	50	60	3	6	24	13	40

Capitel 2.

Darstellung der gleichmässigen und der scheinbaren Bewegung der Planeten nach der Ansicht der Alten.

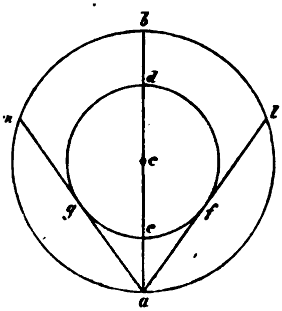
So verhalten sich also die mittleren Bewegungen der Planeten; wir wenden uns nun zu den erscheinenden und ungleichmässigen. Die alten Mathematiker, welche die Erde für unbeweglich hielten, stellten sich für Saturn, Jupiter, Mars und Venus excentrische Epicykeln und ausserdem noch einen excentrischen Kreis vor, in Bezug auf welchen der Epicykel sich gleichmässig fortbewegte, wie der Planet im Epicykel. Es sei zum Beispiel *ab* der excentrische Kreis, *c* sein Mittelpunkt, *acb* sein Durchmesser; der Mittelpunkt der Erde liege in *d*, so dass *a* das Apogeum, *b* das Perigeum ist; *dc* werde in *e* halbirt, und um *e* ein zweiter, mit dem ersten gleicher aber excentrischer Kreis *fg* beschrieben; in der Peripherie desselben nehme man irgend einen Punkt *h* zum Mittelpunkte, und beschreibe um denselben den Epicykel *ik*, ziehe durch dessen Mittelpunkt die Graden *ihkc* und *lhme*. Man denke sich aber die Ebene des excentrischen Kreises gegen diejenige der Ekliptik und auch die Ebene des Epicykels gegen die Ebene des excentrischen Kreises geneigt, gemäss der Breite, welche der Planet zeigt. Zur Bequemlichkeit der Darstellung mögen beide Kreise zunächst in einer und derselben Ebene liegen. Nun behauptet man, dass diese ganze Ebene mit den Punkten *e* und *c* sich um den Mittelpunkt *d* der Ekliptik, und zwar der Bewegung der Fixsterne folgend, drehe. So will man es aufgefasst wissen, dass jene Punkte *e* und *c* die gedachten Oerter in der Fixsternsphäre haben. Der Epicykel soll in der Peripherie des Kreises *fhg*, ebenfalls der Bewegung der Fixsterne folgend, aber nach Maassgabe der Linie *ihc* fortrücken, in Bezug auf welche der Planet in dem Epicykel *ik* gleichmässig umläuft. Es ist aber gewiss, dass die gleichmässige Bewegung des Epicykels in Bezug auf den Mittelpunkt *e* seines Leitkreises, und der Umlauf des Planeten in Bezug auf die Linie *lme* vor sich gehen muss. Man gestattet also, dass hier eine gleichmässige Kreisbewegung um einen fremden, nicht eigenen, Mittelpunkt existiren könne. Aehnlich soll dies auch beim Merkur noch mehr zutreffen, es ist dies aber schon beim Monde[342]) hinreichend widerlegt. Dieses und Aehnliches hat uns darauf geführt, eine Bewegung der Erde und eine andere Ableitungsart anzunehmen, bei welcher die Gleichmässigkeit und die Grundlage der Wissenschaft erhalten und die Ursache der Ungleichmässigkeit in der Erscheinung zuverlässiger gestaltet wird.



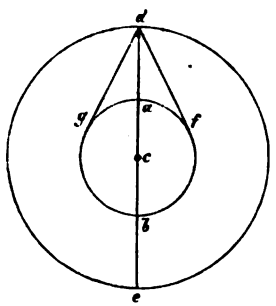
Capitel 3.

Allgemeine Darstellung der durch die Bewegung der Erde in die Erscheinung tretenden Ungleichmässigkeit.

Da es also zwei Ursachen giebt, aus denen die gleichmässige Bewegung eines Planeten ungleichmässig erscheint, nämlich die Bewegung der Erde und die eigene Bewegung: so wollen wir jede derselben im Allgemeinen und getrennt, durch eine Darstellung für das Auge, erklären, damit sie dadurch besser von einander unterschieden werden; und beginnen mit derjenigen, welche wegen der Bewegung der Erde bei Allen vorkommt und zwar zuerst in Bezug auf Venus und Merkur, welche von der Kreisbahn der Erde eingeschlossen werden. Es sei der Kreis *ab* excentrisch zur Sonne, und diesen beschreibe der Mittelpunkt der Erde in jährlichem Umlauf in der früher angegebenen Weise, *c* sei dessen Mittelpunkt. Zunächst nehmen wir nun an, dass der Planet keine andere Ungleichmässigkeit habe, als diejenige, welche eintreten wird, wenn die Kreisbahn *de*, der Venus oder des Merkur, concentrisch mit *ab* ist. Es muss dieselbe wegen der Breite zwar gegen *ab* geneigt sein, aber der bequemeren Darstellung wegen, stellen wir uns dieselbe, als in derselben Ebene mit *ab* liegend, vor; und nehmen an, die Erde befinde sich in *a*, ziehen von diesem Punkte die Absehenslinien *afl* und *agm*, welche die Bahn des Planeten in den Punkten *f* und *g* berühren, und ausserdem noch den, beiden gemeinsamen, Durchmesser *acb*. Die Bewegung Beider, der Erde und des Planeten, finde nach derselben Seite, d. h. rechtläufig statt, und diejenige des Planeten sei geschwinder als die der Erde. Einem Auge, welches sich in *a* befindet, wird der Punkt *c*, und also auch die Linie *acb*, übereinstimmend mit der mittleren Bewegung der Sonne sich zu bewegen scheinen, der Planet aber in dem Kreise *dfg*, wie in einem Epicykel, in längerer Zeit den Bogen *fdg* rechtläufig, in kürzerer den Bogen *gef* rückläufig zurücklegen; dort hat man den ganzen Winkel *fag* zu der mittleren Bewegung der Sonne zu addiren, hier denselben davon abzuziehen. Wenn nun die abzuziehende Bewegung des Planeten, namentlich in der Gegend des Perigeums *e*, grösser wird, als die zu addirende des Punktes *c*, so scheint er für den Punkt *a*, gemäss der geschwinderen Bewegung zurückzugehen; dies kommt bei den hier betrachteten Planeten deshalb vor, weil bei ihnen das Verhältniss der Linie *ce* zu *ae* grösser ist, als die Bewegung in *a* zu der Bewegung des Planeten; nach den Sätzen des Apollonius von Perga, wie weiter unten gezeigt werden soll. Wenn aber die abzuziehende Bewegung gleich ist der zu addirenden, so gleichen sie sich gegenseitig aus, und der Planet scheint still zu stehen, was Alles bei den Erscheinungen vorkommt. Wenn also keine andere Un-



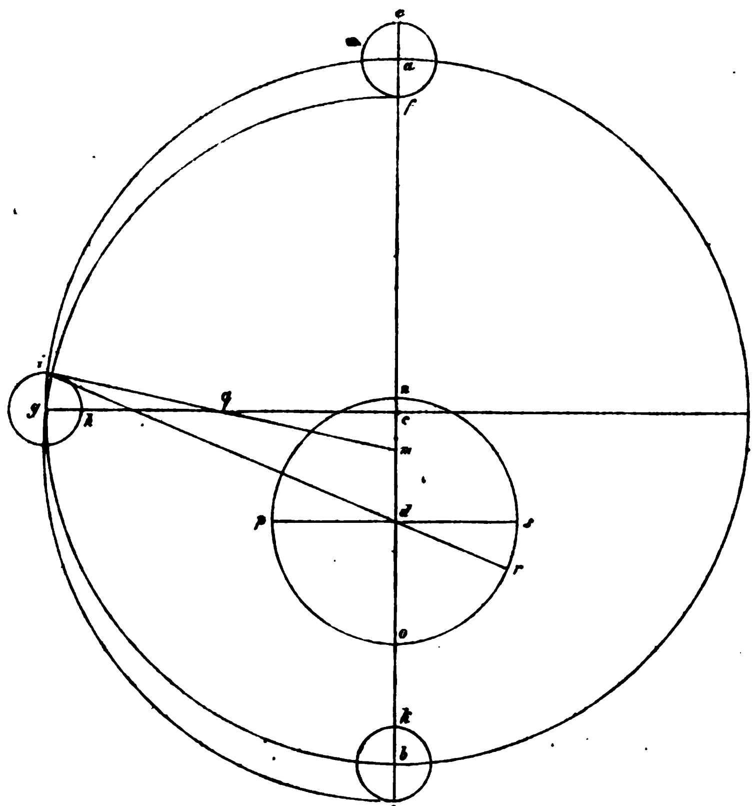
gleichmässigkeit in der Bewegung des Planeten existirte, wie Apollonius meinte, so könnte dies hinreichen. Aber die grössten Elongationen dieser Planeten von der Sonne, welche durch die Winkel *fae* und *gae* des Morgens oder des Abends gemessen werden, zeigen sich nicht immer gleich, weder die zu beiden Seiten, noch ihre Summen, noch die auf einer Seite unter sich; woraus offenbar zu vermuthen ist, dass ihre Umläufe nicht in, mit der Erdbahn concentrischen, Kreisen vor sich gehen, sondern in gewissen anderen, durch welche sie eine zweite Ungleichmässigkeit verursachen. Dasselbe lässt sich auch von den oberen Planeten, dem Saturn, Jupiter und Mars beweisen, welche nach allen Seiten hin sich um die Erde bewegen. Um den abermals construirten Kreis der Erde, werde der äussere concentrische Kreis *de* beschrieben, und zwar zunächst in derselben Ebene, und in demselben in einem beliebigen Punkte *d* der Ort des Planeten angenommen; von diesem werden die graden Linien *df* und *dg* gezogen, welche die Bahn der Erde in den Punkten *f* und *g* berühren; *dacbe* sei der gemeinschaftliche Durchmesser. Offenbar erscheint, von *a* aus gesehen, der wahre Ort des Planeten nur dann in der Linie *de*, wenn er des Abends aufgeht und der Erde am nächsten steht; denn von dem entgegengesetzten Punkte *b* aus gesehen, kommt er, obgleich er in derselben Linie und im vollen Lichte steht, wegen der Dazwischenkunft der Sonne im Punkte *c*, gar nicht zur Erscheinung. Da aber die Geschwindigkeit der Erde grösser ist, als die des Planeten, so scheint dieselbe in dem apogeischen Bogen *fgb* die Bewegung des Planeten um den ganzen Winkel *gdf* zu beschleunigen und in dem andern Bogen *gaf* zu verlangsamen, und zwar eine kürzere Zeit hindurch in dem kleineren Bogen *gaf*. Und wenn die abzuziehende Bewegung der Erde grösser ist, als die entsprechende Bewegung des Planeten, namentlich in der Gegend des Punktes *a*, so scheint der Planet von der Erde verschoben zu werden, sich rückläufig zu bewegen, und da still zu stehn, wo für das Auge die Differenz dieser beiden entgegengesetzten Bewegungen am kleinsten wird. So zeigt sich wieder klar, dass durch die eine Bewegung der Erde Alles das eintritt, was die Alten durch Epicykeln für die Einzelnen abzuleiten suchten. Da aber, gegen die Meinung des Apollonius und der Alten, die Bewegung eines Planeten nicht gleichförmig befunden wird, indem die ungleichmässige Bahnbewegung der Erde sich auf den Planeten überträgt, so bewegen sich die Planeten nicht in concentrischen Kreisen, sondern in anderer Weise, die wir auch sogleich darstellen wollen.



Capitel 4.

Auf welche Weise die eigenen Bewegungen der Planeten ungleichmässig erscheinen.

Da die eigenen Bewegungen der Planeten in Beziehung auf die Länge, mit Ausnahme des Merkur, welcher sich von den übrigen unterscheidet, fast demselben Gesetze folgen, so sollen jene Viere zusammen abgehandelt werden; dem Merkur aber ist eine andere Stelle angewiesen. Das, was die Alten für eine einzige Bewegung in zwei excentrischen Kreisen hielten, wie wir beleuchtet haben, erachten wir für zwei gleichmässige Bewegungen, aus denen sich die scheinbare Ungleichmässigkeit zusammensetzt, und zwar entweder in einem excentrischen Kreise eines excentrischen Kreises, oder in einem Epicykel eines Epicykels, oder auch in einem excentrischen Epicykel, welche alle dieselbe Ungleichmässigkeit bewirken können, wie wir das früher an der Sonne und am Monde nachgewiesen haben. Es sei *ab* ein excentrischer Kreis um den Mittelpunkt *c*, sein Durchmesser *acb* sei die Linie des mittleren Ortes der Sonne durch die grösste und kleinste Abside des Planeten, und in dieser Linie sei *d* der Mittelpunkt der Erdbahn, so dass *a* die grösste Abside ist. Mit dem dritten Theile des Abstandes *cd* werde der Epicykel *ef* construirt, in dessen Perigeum *f* der Planet stehen mag. Die Bewegung des Epicykels gehe aber in dem excentrischen Kreise *ab* rechtläufig vor sich, die des Planeten in dem oberen Bogen des Epicykels ebenfalls rechtläufig, in dem andern rückläufig,

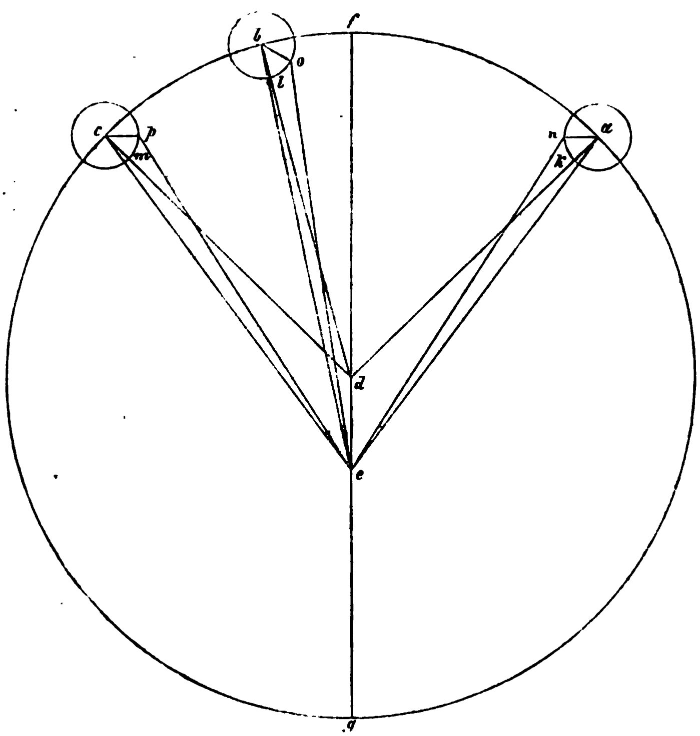


und zwar beide, nämlich die des Epicykels und des Planeten, in miteinander übereinstimmenden Umläufen. So wird es kommen, dass, während der Epicykel in der grössten Abside des excentrischen Kreises und der Planet im Perigeum des Epicykels steht, — an der andern Seite sie sich gegenseitig in der entgegengesetzten Stellung befinden, wenn jeder von Beiden seinen Halbkreis zurückgelegt hat. In den zwischen Beiden liegenden Quadranten, wird jeder von Beiden seine mittlere Abside haben. Nur in den ersten beiden Stellungen liegen die Durchmesser des Epicykels in der Linie *ab*, in den beiden Letzteren hingegen stehen sie senkrecht gegen *ab*, an den übrigen Punkten werden sie sich gegen *ab* unter einem spitzen oder stumpfen Winkel neigen, was Alles leicht aus ihren Bewegungen gefolgert werden kann. Hieraus ergiebt sich auch, dass der Planet in dieser zusammengesetzten Bewegung nicht, wie die alten Mathematiker meinten, einen vollkommenen Kreis mit unmerklicher Abweichung beschreibt. Zu diesem Ende werde derselbe Epicykel um den Mittelpunkt *b* construirt, derselbe sei *kl*; ebenso um den Punkt *g*, welcher von *a* aus um einen Quadranten absteht, der Epicykel *hi*, endlich sei *cm* der dritte Theil von *cd* und gleich *gi*. Man ziehe noch *gc* und *im*, welche sich in *q* schneiden. Da nun, nach der Annahme, der Bogen *ag* dem Bogen *hi* ähnlich ist, der Winkel *acg* aber einen Rechten beträgt, so ist auch der Winkel *hgi* ein Rechter. Die Scheitelwinkel bei *q* sind ebenfalls gleich, also sind die Dreiecke *giq* und *qcm* gleichwinklig, aber auch in den Seiten übereinstimmend, weil *gi* gleich *cm* gemacht ist: folglich sind auch *qi* und *gq* beziehlich gleich *qm* und *qc*, von denen *qi* und *qm* dem grösseren Winkel gegenüberliegen, daher ist auch die ganze Linie *iqm* grösser als die ganze *gqc*. Es sind aber *fm*, *ml*, *ac* und *cg* einander gleich. Beschreibt man nun einen Kreis um den Mittelpunkt *m* durch die Punkte *f* und *l*, der also dem Kreise *ab* gleich ist: so schneidet derselbe die Linie *im*. Dasselbe ergiebt sich auf der andern Seite im andern Quadranten. Der Planet beschreibt also vermöge der gleichmässigen Bewegung des Epicykels auf dem excentrischen Kreise, und seiner selbst auf den Epicykel keinen vollkommenen Kreis, sondern nur annähernd, was zu beweisen war[343]). Nun werde um den Mittelpunkt *d* die Jahresbahn *ns* der Erde beschrieben, *id* bis *r* verlängert und *pds* parallel mit *cg* gezogen: so ist *idr* die grade Linie der wahren Bewegung des Planeten, *gc* die der mittleren und gleichmässigen, in *r* das wahre Apogeum der Erde in Bezug auf den Planeten, in *s* das mittlere. Der Winkel *rds* oder *idp* ist also die Differenz zwischen der mittleren und der scheinbaren Bewegung, nämlich zwischen den Winkeln *acg* und *cdi*. Wenn wir aber statt des excentrischen Kreises *ab*, einen diesem gleichen concentrischen Kreis um *d* nähmen, auf dessen Peripherie ein Epicykel vom Radius *dc* sich bewegte, und auf diesem noch ein zweiter Epicykel von einem Durchmesser gleich der Hälfte von *cd*; — der erste Epicykel aber rechtläufig, der zweite rückläufig, und auf dem Letzteren endlich der Planet mit doppelter Geschwindigkeit rückläufig wäre: — so würde dasselbe folgen, was wir schon gesagt haben; nicht viel anders, als beim Monde, wenn auch mit einiger Abänderung des dort Gesagten. Wir haben aber hier darum den Epicykel des excentrischen Kreises gewählt, weil, während der Abstand zwischen der Sonne und dem Mittelpunkte *c* sich gleich bleibt, *d* als veränderlich gefunden wird, wie das bei der scheinbaren Bewegung der Sonne gezeigt ist. Während sich das Uebrige nach dieser Veränderung nicht in gleichem Maasse richtet, so muss für dasselbe daraus eine Differenz folgen, welche, obgleich sehr gering, doch bei Mars und Venus wahrgenommen wird. Dass nun diese Annahmen für die Erscheinungen ausreichen, wollen wir noch aus den Beobachtungen nachweisen; und zwar zuerst für Saturn, Jupiter und Mars, bei denen die Auffindung des Ortes des Apogeums und der Entfernung *cd* am wichtigsten und am schwierigsten zugleich ist, während dieselben bei den übrigen leicht ermittelt werden können. Hierbei wollen wir uns ungefähr derselben Methode bedienen, wie wir sie beim Monde angewendet haben; nämlich durch Vergleichung dreier alten Oppositionen mit der Sonne, welche die Griechen die abendlichen Aufgänge, wir aber die mitternächtlichen Culminationen nennen, mit eben so vielen neueren. Wenn nämlich der Planet, in Opposition mit der Sonne, in die grade Linie der mittleren Bewegung der Sonne tritt, so verschwindet jede Differenz, welche die Bewegung der Erde verursacht. Diese Oerter werden unter Hinzuziehung der Berechnung der Sonne mit dem Astrolabium beobachtet, wie oben beschrieben ist, bis sich ergiebt, dass der Planet in seine Opposition mit derselben gelangt ist.

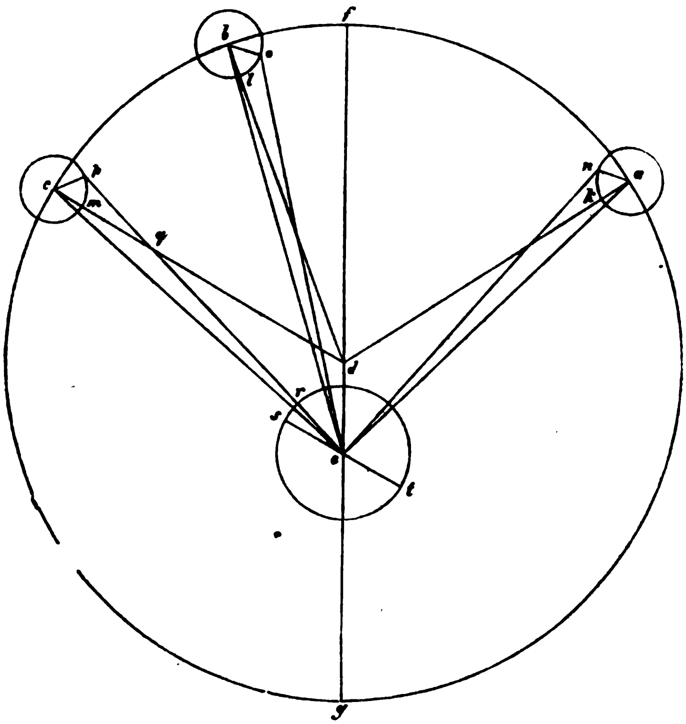
Capitel 5.

Darlegung der Bewegung des Saturn.

Wir beginnen also mit dem Saturn, und nehmen drei von Ptolemäus einst beobachtete Oppositionsörter desselben. Die erste Opposition trat im elften Jahre Hadrians im Monat Pachon[345]), am 7ten Tage desselben, um die erste Stunde der Nacht ein; dies ist im Jahre 127 nach Christus den 26sten März, 17 gleichmässige Stunden nach Mitternacht, auf den Krakauer Meridian reducirt, den wir um eine Stunde von Alexandrien abweichend gefunden haben. Der Ort des Sterns wurde gefunden 174° 40′[346]) nach der Fixsternsphäre gerechnet, auf welche wir Alles, als auf den Anfang der Gleichmässigkeit, zurückführen wollen; während die Sonne nach ihrer einfachen Bewegung damals auf der entgegengesetzten Seite in 354° 40′ vom Horn des Widders, als Anfang genommen, stand. Die zweite Opposition trat ein im siebenzehnten Jahre Hadrians, im Monat Epiphy, am 18ten Tage desselben nach ägyptischer Zeitrechnung; das war nach römischer Zeitrechnung: im Jahre 133 nach Christus den 3ten Juni, 15 Aequinoctialstunden nach Mitternacht[347]). Er fand den Stern in 243° 3′[348]), während die Sonne nach mittlerer Bewegung in 63° 3′, um 15 Stunden nach Mitternacht, stand. Die dritte Beobachtung endlich, giebt er an im zwanzigsten Jahre Hadrians, im Monat Mesori, am 24sten Tage desselben, nach ägyptischer Zeitrechnung, das war im Jahre 136 nach Christus den 8ten Juli, 11 Stunden nach Mitternacht Krakauer Zeit. Der Stern stand in 277° 37′[349]), während die Sonne nach mittlerer Bewegung in 97° 37′ stand. Im ersten Zeitintervall liegen 6 Jahre 70 Tage 55^I[350]), in welcher Zeit die scheinbare Bewegung des Sterns 68° 23′[351]) war, und die mittlere Bewegung der Erde liefert in Bezug auf Saturn eine Parallaxe von 352° 44′[352]), was diesem an einem vollen Kreise fehlt, also 7° 16′, wächst der mittleren Bewegung des Sterns zu, welche dadurch zu 75° 39′[352]) wird. In dem zweiten Zeitraume liegen drei ägyptische Jahre 35 Tage 50^I[350]), die scheinbare Bewegung des Planeten beträgt 34° 34′[351]), die Bewegung der Parallaxe 356° 43′,[353]) woraus sich als Rest des Kreises ergiebt 3° 17′, welche zu der scheinbaren Bewegung des Planeten hinzukommen, so dass seine mittlere Bewegung ist 37° 51′[354]).



Nachdem dies so geordnet ist, werde der excentrische Kreis *abc* des Planeten beschrieben, *d* sei dessen Mittelpunkt, *fdg* der Durchmesser, in welchem der Mittelpunkt *e* der Erdbahn liegt. Nun sei *a* der Mittelpunkt des Epicykels bei der ersten Opposition, *b* bei der zweiten, *c* bei der dritten, um welche Punkte derselbe Epicykel mit dem dritten Theile des Abstandes *de* beschrieben wird. Die Mittelpunkte *a*, *b* und *c* werden mit *d* und *e* durch grade Linien verbunden, welche die Peripherien der Epicykeln in den Punkten *k*, *l* und *m* schneiden. Nun wird der Bogen *kn* ähnlich *af*, *lo* ähnlich *bf* und *mp* ähnlich *fbc* gemacht, und *en*, *eo* und *ep* gezogen. Der Bogen *ab* ist nach der Berechnung 75° 39′, *bc* gleich 37° 51′. Der erscheinende Winkel *neo* ist gleich 68° 23′ und *oep* gleich 34° 34′. Es sollen nun die Oerter der grössten und kleinsten Abside, d. h. der Punkt *f* und *g*, nebst dem Abstande der Mittelpunkte *d* und *e*, zuerst berechnet werden, da ohne dieselben es keinen Weg giebt, die gleichmässige und die erscheinende Bewegung von einander zu unterscheiden. Hier begegnet uns aber eine Schwierigkeit, welche nicht kleiner ist, als die des Ptolomäus bei dieser Gelegenheit. Wenn nämlich der gegebene Winkel *neo* den gegebenen Bogen *ab*, und ebenso der Winkel *oep* den Bogen *bc* einschlösse: so stände der Weg schon offen, das abzuleiten, was wir suchen. Aber der bekannte Bogen *ab* spannt den noch unbekannten Winkel *aeb*, und ebenso ist zwar der Bogen *bc* aber nicht der Winkel *bec* bekannt. Die Bekanntschaft beider ist aber erforderlich, und doch können nicht einmal die Winkeldifferenzen *aen*, *beo* und *cep* gefunden werden, wenn nicht zuvor die Bogen *af*, *fb* und *fbc*, welche denen der Epicykeln ähnlich sind, feststehen. Diese sind so sehr gegenseitig von einander abhängig, dass sie mit einander unbekannt sind und mit einander bekannt werden. Im Stiche gelassen von den Mitteln der Ableitung, haben Jene sich bemüht, a posteriori und durch Umwege das zu finden, zu welchem der Zugang auf gradem Wege und a priori nicht offen stand. So verbreitet sich Ptolomäus bei dieser Untersuchung in weitschweifigen Worten und in einer ungeheuren Menge von Zahlen, welche zu prüfen ich für lästig und auch für überflüssig halte; zumal wir in dem, was gleich folgt, ungefähr dieselbe Methode nachgeahmt haben. Er fand endlich bei der Uebersicht der Zahlen, dass der Bogen *af* 57° 1′, *fb* 18° 37′ und *fbc* 56° 30′ betrage[354]). Die Entfernung der Mittelpunkte aber fand er zu 6. 50′ solcher Theile, von denen *df* 60° enthält[355]), und da bei uns *df* gleich 10000: so ist die Entfernung der Mittelpunkte gleich 1139[356]). Hiervon drei Viertel ergiebt *de* gleich 854 und das übrige Viertel, gleich 285, rechnen wir als Radius des Epicykels. Dass aber diese so angenommenen und umgeformten Zahlen, bei unserer Annahme, mit den beobachteten Erscheinungen übereinstimmen, wollen wir nachweisen. Da bei der ersten Beobachtung im Dreiecke *ade* die Seite *ad* gleich 10000, *de* gleich 854 und der Winkel *ade* als Nebenwinkel von *adf* gegeben sind, so erweist sich nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke *ae* gleich 10489, und die andern beiden Winkel *dea* gleich 53° 6′, *dae* gleich 3° 55′, wobei vier Rechte gleich 360° sind. Winkel *kan* ist aber gleich *adf*, und also gleich 57° 1′, folglich der ganze Winkel *nae* gleich 60° 56′. In dem Dreiecke *nae* sind also die beiden Seiten *ae* gleich 10489 und *na* gleich 285, wo *ad* = 10000, nebst dem Winkel *nae* gegeben, es ergiebt sich also auch der Winkel *aen* gleich 1° 22′ und als Rest *ned* gleich 51° 44′ wenn 360° = 4 Rechten. Ebenso ist bei der zweiten Opposition im Dreiecke *bde* die Seite *de* gleich 854, *bd* gleich 10000 und der Winkel *bde*, als Nebenwinkel von *bdf*, gleich 161° 22′; daraus ergiebt sich auch *be* gleich 10812, wenn *bd* = 10000 ist, und der Winkel *dbe* gleich 1° 27′ und *bed*, als Rest, gleich 17° 11′. Aber der Winkel *obl* war gleich *bdf*, gleich 18° 38′[357]); also der ganze Winkel *ebo* gleich 20° 5′. In dem Dreiecke *ebo* sind also die Seite *be* gleich 10812, *bo* gleich 285 und der Winkel *ebo* gegeben, daraus ergiebt sich nach den Sätzen der ebenen Dreiecke, auch der Winkel *beo* gleich 32′; es bleibt also für *bed* noch 16° 39′. Bei der dritten Opposition sind in dem Dreiecke *cde* die beiden Seiten *cd* und *de* wie früher gegeben und der Winkel *cde* gleich 56° 29′, nach dem vierten Satze der ebenen Dreiecke ergiebt sich die Basis *ce* gleich 10512, wenn *cd* = 10000 ist, und der Winkel *dce* gleich 3° 53′ und der Winkel *ced* gleich 52° 36′, also der ganze Winkel *ecp* gleich 60° 22′, wenn 360° = 4 Rechten. Ebenso sind auch im Dreiecke *ecp* zwei Seiten und der Winkel *ecp* gegeben, es ergiebt sich der Winkel *cep* gleich 1° 22′ und daraus Winkel *ped* gleich 51° 14′. Hieraus erhält man also die erscheinenden Winkel *oen* gleich 68° 23′ und *oep* gleich 34° 35′, was mit den Beobachtungen übereinstimmt. Der Ort *f* der grössten Abside des excentrischen Kreises liegt 226° 20′ vom Kopfe des Widders; addirt man dazu die damals stattfindende Präcession des Frühlingsnachtgleichenpunktes mit 6° 40′, so erhält man 23° des Scorpions, der Angabe des Ptolomäus gemäss. Es war nämlich der scheinbare Ort des Sterns bei der dritten Beobachtung, wie angegeben, 277° 34′[349]) und zieht man hiervon den abgeleiteten erscheinenden Winkel *pdf* mit 51° 14′ ab: so bleibt der Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises gleich 226° 23′. Es werde nun auch der Kreis der Erdbahn *rst* beschrieben, welcher die Linie *pe* im Punkte *r* schneidet, und der Durchmesser *set*, parallel mit der Linie *cd* der mittleren Bewegung des Planeten, gezogen: so ist der Winkel *sed* gleich *cdf*, der Winkel *ser* die Differenz und also die Prosthaphärese zwischen der scheinbaren und mittleren Bewegung, d. h. zwischen den Winkeln *cdf* und *ped* gleich 5° 16′; und dasselbe zwischen der mittleren und wahren parallactischen Bewegung, welche durch Subtraction vom Halbkreise, den Bogen *rt* gleich 174° 44′, als gleichmässige parallactische Bewegung von dem angenommenen Anfangspunkte *t*, d. h. von der mittleren Conjunction der Sonne und des Sterns an, bis zu dieser dritten mitternächtlichen Culmination, d. h. bis zur wahren Opposition der Sonne[358]) und des Sterns, er-

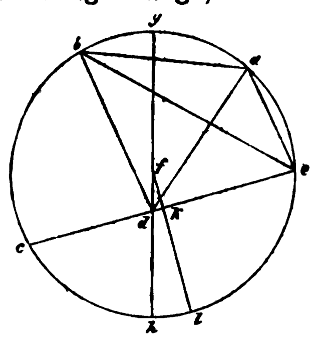


giebt. Wir haben also das Resultat, dass um die Stunde dieser Beobachtung, nämlich im zwanzigsten Jahre Hadrians oder im Jahre 136 nach Chr. am 8ten Juli 11 Uhr nach Mitternacht, die Anomalie des Saturn von der grössten Abside seines excentrischen Kreises 56° 30′, und die mittlere parallactische Bewegung 174° 44′ beträgt. Dieses erwiesen zu haben, ist für die Folge von Wichtigkeit.

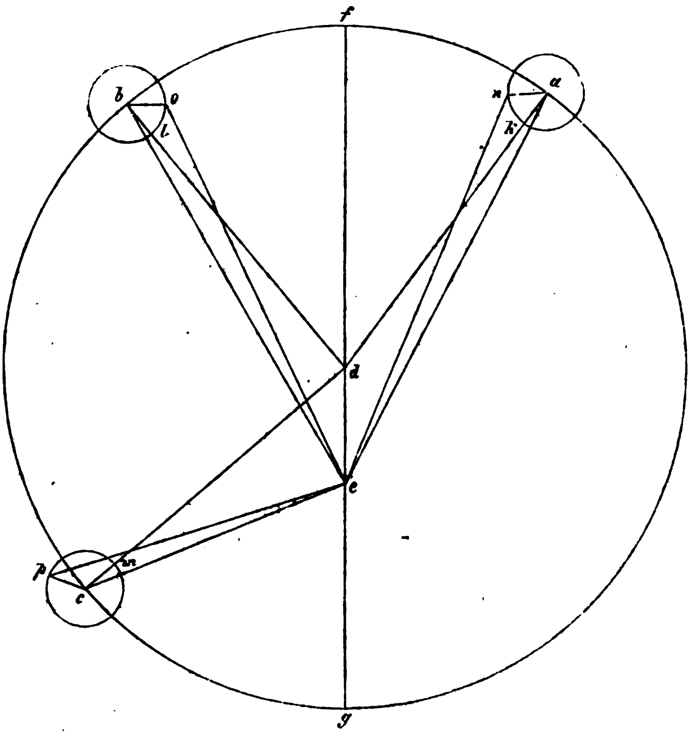
Capitel 6.

Ueber drei andere neuerlich beobachtete Oppositionen des Saturn.

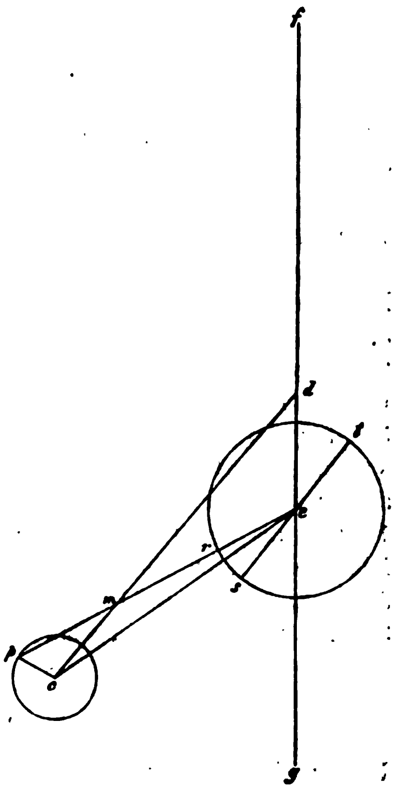
Da aber die von Ptolomäus angegebene Berechnung der Bewegung des Saturn zu unserer Zeit nicht wenig abweicht, und es nicht sogleich eingesehen werden möchte, wo der Fehler stecke: so sahen wir uns genöthigt, neue Beobachtungen anzustellen, aus denen wir wieder drei mitternächtliche Culminationen erhalten haben. Die erste fand statt im Jahre Christi 1514 den 5ten Mai $1^1/_5$ Stunden vor Mitternacht, und Saturn stand in 205° 24′. Die zweite war im Jahre Christi 1520 den 13ten[359]) Juli um Mittag, Saturn stand in 273° 25′[360]). Die dritte war im Jahre Christi 1527 den 10ten October $6^2/_5$ Stunden nach Mitternacht, Saturn stand in 0° 7′ vom Horn des Widders. Es liegen also zwischen der ersten und zweiten Opposition 6 ägyptische Jahre 70 Tage 33^{I}, und in dieser Zeit ist die erscheinende Bewegung Saturns 68° 1′. Von der zweiten bis zur dritten Opposition sind es 7 ägyptische Jahre 89 Tage 46^{I}, und die erscheinende Bewegung des Sterns war 86° 42′. Die mittlere Bewegung Saturns betrug im ersten Zeitraume 75° 39′[361]), im zweiten 88° 29′[362]). Nun ist, nach der Vorschrift des Ptolomäus, bei der Aufsuchung der grössten Abside und der Excentricität, so zu verfahren, als ob der Planet in einfachem excentrischen Kreise sich bewegte. Obgleich dies nicht hinreichen wird, so werden wir uns doch der Wahrheit nähern, und endlich zu ihr selbst gelangen. Es möge aber *abc* der Kreis sein, in welchem der Planet sich gleichmässig bewegt, und es finde in dem Punkte *a* die erste, in *b* die zweite und in *c* die dritte Opposition statt; in *d* mag der Mittelpunkt der Erde angenommen werden. Man ziehe die Linien *ad*, *bd* und *cd*, verlängere eine beliebige derselben z. B. *cd* bis zur gegenüberliegenden Peripherie nach *e* und ziehe noch *ae* und *be*. Da nun der Winkel *bdc* gleich 86° 42′ gegeben ist: so ist sein Nebenwinkel *bde* gleich 93° 18′, wobei 180° zwei Rechte ausmachen, sind aber 360° zwei Rechte, so ist *bde* gleich 186° 36′ und *bed* entsprechend dem Bogen *bc*, gleich 88° 29′[362]), folglich ist der Rest *dbe* gleich 84° 55′. Da also in dem Dreiecke *bde* die Winkel bekannt sind, so ergeben sich die Seiten aus dem Verzeichnisse: *be*



gleich 19953[363]) und *de* gleich 13501[364]), wenn der Durchmesser des umschriebenen Kreises gleich 20000 ist. Ebenso ist in dem Dreiecke *ade*, weil der Winkel *adc* gleich 154° 43′[365]), der Winkel *ade*, als dessen Nebenwinkel, gleich 25° 17′; wenn 180° zwei Rechte sind, betragen aber 360° zwei Rechte, so wird *ade* gleich 50° 34′ und unter derselben Bedingung ist der Winkel *aed*, der dem Bogen *abc* entspricht, gleich 164° 8′[366]), und der Rest *dac* gleich 145° 18′. Folglich sind auch die Seiten bekannt, nämlich *de* gleich 19090 und *ae* gleich 8542, wenn der Durchmesser des dem Dreiecke *ade* umschriebenen Kreises gleich 20000 ist; — wenn aber *de*, wie vorhin, gleich 13501: so wird *ae* gleich 6043, wobei *be* gleich 19953. Es sind daher auch in dem Dreiecke *abe* diese beiden Seiten, *be* und *ea* nebst dem Winkel *aeb*, welcher, dem Bogen *ab* entsprechend, gleich 75° 38′ ist, gegeben. Nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke ist daher *ab* gleich 15647 solcher Theile, von denen auf *be* 19968 kommen. Da aber *ab* 1226 solcher Theile enthält, von denen auf den Durchmesser des excentrischen Kreises 20000 kommen, so enthält *eb* 15664 und *de* 10599 ebensolcher Theile. Aus der Sehne *be* ergiebt sich auch der Bogen *bae* gleich 108° 7′, folglich der ganze Bogen *eabc* gleich 191° 36′, und der Rest des Kreises *ce* gleich 168° 24′, und daraus wieder die Sehne *cde* gleich 19898, und der Rest *cd* gleich 9299. Nun ist offenbar, dass, wenn *cde* selbst der Durchmesser des excentrischen Kreises wäre, in dieselbe Linie auch die Oerter der grössten und kleinsten Abside fielen, und die Entfernung der Mittelpunkte gegeben wäre. Aber da *eabc* das grössere Segment ist, so liegt auch in demselben der Mittelpunkt, derselbe möge *f* sein, durch diesen und durch *d* ziehe man den Durchmesser *gfdh* und senkrecht auf *cde* den Halbmesser *fkl*. Nun ist aber das Rechteck *cd* mal *de* gleich dem *gd* mal *dh*. Die Summe des Rechtecks *gd* mal *dh* und des Quadrates von *fd* ist aber gleich dem Quadrate der Hälfte von *gdh*, d. h. der Linie *fdh*. Zieht man also das Quadrat des Halbmessers von dem Rechtecke *gd* mal *dh* oder von, dem ihm gleichen, *cd* mal *de* ab: so bleibt das Quadrat von *fd*. Folglich ist die Länge *fd* selbst gegeben, und sie beträgt 1200 solcher Theile, von denen auf den Radius *gf* 10000 kommen; rechnet man aber *gf* zu 60 Theilen: so enthält *fd* $7^p\ 12^I$ solcher Theile, was wenig von des Ptolemäus Angabe abweicht[367]). Da aber *cdk*, als Hälfte von *cde*, 9949 Theile beträgt, und *cd* zu 9299 nachgewiesen ist, so ist *dk* gleich 650, von denen *gf* 10000 enthält und wobei *fd* gleich 1200 gesetzt werden muss; wenn aber *fd* gleich 10000, so wird *dk* gleich 5411, und für diese Hälfte der Sehne des doppelten Winkels *dfk*, ergiebt sich dieser Winkel selbst zu 32° 45′, wobei vier Rechte gleich 360° sind; und diesen Winkel, als Centriwinkel, spannt der Bogen *hl*. Der ganze Bogen *chl* ist, als Hälfte von *cle*, gleich 84° 12′, folglich der Rest *ch*, als Abstand des Ortes des Planeten bei der dritten Opposition vom Perigeum, gleich 51° 28′. Zieht man dies von dem Halbkreise ab, so bleibt der Bogen *cbg* gleich 128° 32′, als Abstand des Ortes des Planeten bei der dritten Opposition von der grössten Abside. Da aber der Bogen *cb* gleich 88° 29′: so ist der Rest *bg* gleich 40° 3′, als Abstand des Ortes des Planeten bei der zweiten Opposition von der grössten Abside. Ferner war der folgende Bogen *bga* gleich 75° 39′ [368]) und also der Rest *ag*, als Abstand des Ortes des Planeten bei der ersten Opposition von der grössten Abside *g*, gleich 35° 36′.



Nun sei *abc* der Kreis, *fdeg* dessen Durchmesser, *d* sein Mittelpunkt, *f* das Apogeum, *g* das Perigeum, der Bogen *af* = 35° 36′, *fb* gleich 40° 3′, *fbc* gleich 128° 32′. Von der bereits gefundenen Entfernung der Mittelpunkte *de* werden drei Viertel gleich 900 und also ein Viertel gleich 300 genommen, wobei der Radius *fd* gleich 10000. Mit dem einen Viertel werden um die Mittelpunkte *a*, *b* und *c* Epicykel beschrieben und die Figur im Sinne der dargelegten Annahmen ausgeführt. Wenn wir nach diesen Feststellungen auf die oben ausgeführte, und sogleich zu wiederholende Weise die beobachteten Oerter des Saturn ableiten wollen, so finden wir einige Differenzen. Und um übersichtlich zu sprechen, damit wir den Leser nicht zu sehr beschweren, noch zum Nachweise jener Differenzen mehr auf Umwegen als unmittelbar auf dem zu zeigenden graden Wege gethan zu haben scheinen, so führen die Sätze über die Dreiecke nothwendig darauf, dass der Winkel *neo* gleich 67° 35′ und *oem* gleich 87° 12′ sind; also ist der letztere Winkel um einen halben Grad grösser, der erstere um 26′ kleiner als die erscheinenden; und wir sehen dieselben erst dann mit einander übereinstimmen, wenn wir das Apogeum etwas vorrücken, so dass *af* gleich 38° 50′ und folglich *fb* gleich 36° 49′, *fbc* gleich 125° 18′ werden. Die Entfernung *de* der Mittelpunkte muss man gleich 854, und den Radius der Epicykel gleich 285 solcher Theile machen, von denen 10000 auf *fd* gehen, so dass sie mit denen des Ptolemäus, wie sie oben dargethan sind, nahe übereinstimmen. Dass diese Grössen den Erscheinungen der drei beobachteten Oppositionen entsprechen, ergiebt sich daraus, dass, bei der ersten Opposition, im Dreiecke *ade* die Seite *de* gleich 854 wenn *ad* gleich 10000, der Winkel *ade* gleich 141° 10′ wird, welcher am Mittelpunkte *d* mit dem Winkel *adf* zwei Rechte ausmacht. Hieraus folgt die dritte Seite *ae* gleich 10679, wenn der Radius *fd* gleich 10000; und die übrigen Winkel *dae* gleich 2° 52′ und *dea* gleich 35° 58′. Ebenso zeigt sich im Dreiecke *aen*, da Winkel *kan* gleich dem Winkel *adf*, der ganze Winkel *ean* gleich 41° 42′ und die Seite *an* gleich 285, wobei *ae* gleich 10679: dass der Winkel *aen* gleich 1° 3′ ist; aber der ganze Winkel *dea* ist gleich 35° 58′ also der Rest *den* gleich 34° 55′. Bei der zweiten Opposition sind in dem Dreiecke *bed* die beiden Seiten *de* gleich 854, *db* gleich 10000 und der Winkel *bed* gegeben, danach wird *be* gleich 10697 derselben Theile, Winkel *dbe* gleich 2° 45′ und der andere *bed* gleich 34° 4′. Da aber Winkel *lbo* gleich *bdf*: so ist der ganze Centriwinkel *ebo* gleich 39° 34′, diesen schliessen aber die beiden Seiten *bo* gleich 285 und *be* gleich 10697 ein. Hieraus ergiebt sich, dass *beo* gleich 59′ ist; zieht man diesen von dem Winkel *bed* ab, so bleibt *oed* gleich 33° 5′. Nun ist aber schon bei der ersten Opposition gezeigt, dass der Winkel *den* gleich 34° 55′ sei, also ist der ganze Winkel *oen* gleich 68°, um welchen die erste Opposition von der zweiten entfernt erscheinen muss, was den Beobachtungen entspricht. Ebenso ist die Ableitung bei der dritten Opposition. In dem Dreiecke *cde* ist der Winkel *cde* gleich 54° 42′ und die Seiten *cd* und *de* von früher her gegeben, daraus erweist sich die dritte Seite als gleich 9732 derselben Theile, und die übrigen Winkel *ced* gleich 121° 5′, *dce* gleich 4° 13′, der ganze Winkel *pce* also gleich 129° 31′. Wiederum sind in dem Dreiecke *epc* die beiden Seiten *pc* und *ce* nebst dem Winkel *pce* gegeben, woraus sich ergiebt, dass Winkel *pec* gleich 1° 18′; zieht man diesen von *ced* ab, so bleibt der Winkel *ped* gleich 119° 47′ zwischen der grössten Abside und dem Orte des Planeten bei der dritten Opposition. Es waren aber, wie gezeigt ist, bei der zweiten Opposition 33° 5′, folglich bleiben zwischen der zweiten und dritten Opposition Saturns 86° 42′, was ebenfalls mit den Beobachtungen übereinstimmt. Der Ort Saturns war aber damals durch Beobachtung 8′ vom ersten Stern des Widders gefunden, und der Winkel zwischen ihm und der kleinsten Abside des excentrischen Kreises ist gleich 60° 13′ nachgewiesen, folglich ergiebt sich die kleinste Abside zu 60⅓°, und der Ort der grössten Abside zu 240⅓°. Nun werde die Bahn der Erde *rst* um den Mittelpunkt *e* beschrieben, deren Durchmesser *set* parallel mit *cd*, der Linie der mittleren Bewegung, gezogen sei; also ist Winkel *cdf* gleich dem Winkel *des*. Die Erde und unser Auge befinden sich also in der Linie *pe*, im Punkte *r*, Winkel *pes*, oder der Bogen *rs*, um welchen sich *fdc* von *dep*, d. h. die gleichmässige von der erscheinenden Bewegung, unterscheidet, hat sich erwiesen als gleich 5° 31′. Zieht man dieses von dem Halbkreise ab, so bleibt der Bogen *rt* gleich 174° 29′ als der Abstand des Planeten vom Apogeum *t* der Erdbahn, als von dem mittleren Orte der Sonne. Und so haben wir bewiesen, dass im Jahre Christi



1527 am 10ten October $6^2/_5$ Stunden nach Mitternacht Saturn's Bewegung der Anomalie von der grössten Abside des excentrischen Kreises gleich 125° 18′, seine parallactische Bewegung aber gleich 174° 29′ betrug und der Ort der grössten Abside um 240° 21′ vom ersten Sterne des Widders der Fixsternsphäre abstand.

Capitel 7.

Ueber die Prüfung der Saturns-Bewegung.

Es ist gezeigt, dass Saturn zur Zeit der letzten von den dreien Beobachtungen des Ptolemäus, gemäss seiner mittleren parallactischen Bewegung, in 174° 44′ stand. Der Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises lag aber in 226° 23′ vom Kopfe des Widders. Es ist also offenbar, dass in der Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen[369]) Saturn 1344 Umläufe seiner gleichmässigen parallactischen Bewegung vollendet hat, weniger $^1/_4$ Grad. Zwischen dem 20sten Jahre Hadrian's den 24sten Mesori der Aegypter, eine Stunde vor Mittag, und dem 1527sten Jahre Christi den 10ten October 6 Stunden nach Mitternacht, unserer Beobachtung, liegen 1392 ägyptische Jahre 75 Tage 48′[370]). Wenn wir für diese Zeit die Bewegung aus den Tafeln entnehmen wollen, so finden wir fünfmal je sechzig und 59° 48′[371]), welche über 1343 Umläufe der parallactischen Bewegung hinaus zurückgelegt sind. Also ist das, was wir über die mittlere Bewegung des Saturn entwickelt haben, richtig. Weil nun in dieser Zeit die einfache Bewegung der Sonne 82° 30′ beträgt: so bleiben, wenn man hiervon jene 359° 15′ abzieht, 82° 45′[372]) für die mittlere Bewegung des Saturn, welche schon bei seinem 47sten Umlaufe[373]), der Berechnung gemäss, erwachsen. Während dem ist auch der Ort der grössten Abside um 13° 58′[374]) gegen die Fixsternsphäre vorgerückt. Ptolemäus hielt diesen Ort ebenfalls für feststehend, aber jetzt ergiebt sich, dass derselbe in hundert Jahren ungefähr um 1° sich fortbewegt.

Capitel 8.

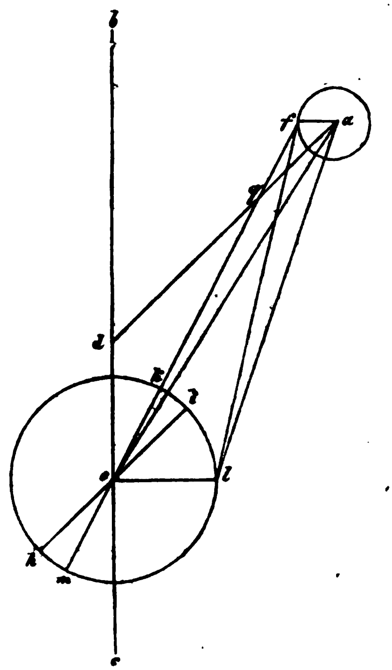
Ueber die Feststellung der Oerter Saturns.

Vom Anfange der Jahre Christi bis zum zwanzigsten Hadrian's den 24sten Mesori eine Stunde vor Mittag, wo die Beobachtung des Ptolemäus stattfand, sind 135 ägyptische Jahre 222 Tage 27^{I}[375]) verstrichen. In dieser Zeit beträgt die parallactische Bewegung Saturns 328° 55'[376]), dies von 174° 44' abgezogen, lässt den Rest 205° 49' als Ort des Abstandes des mittleren Orts der Sonne von dem mittleren des Saturn, und dies ist die parallactische Bewegung des Letzteren um Mitternacht, mit welcher der erste Januar beginnt. Von der ersten Olympiade bis zu diesem Zeitpunkte beträgt die Bewegung für 745 ägyptische Jahre 12½ Tage, ausser den ganzen Umläufen, 70° 55', dies von jenen 205° 49' abgezogen, lässt den Rest 134° 54' für den Anfang der Olympiaden um Mittag des 1sten Hekatombäon. Von da in 351 ägyptischen Jahren 247 Tagen beträgt dieselbe Bewegung, ausser den ganzen Umläufen, 13° 7', dies zu dem Vorigen addirt, giebt 148° 1', als Ort für den Anfang der Jahre Alexanders des Grossen um Mittag des 1sten Thoth der Aegypter. Und bis auf Cäsar beträgt in 278 ägyptischen Jahren 118½ Tagen die Bewegung 247° 20' und also der Ort 35° 21', um Mitternacht, mit welcher der erste Januar beginnt.

Capitel 9.

Ueber die Parallaxen des Saturn, welche von der Jahresbahn der Erde herrühren, und wie gross seine Entfernung ist.

Die gleichmässigen und erscheinenden Bewegungen der Länge Saturns sind auf diese Weise dargelegt. Die übrigen Erscheinungen, welche bei demselben eintreten, sind, wie gesagt, Parallaxen, die von der Jahresbahn der Erde herrühren. Wie nämlich der Umfang der Erde in Bezug auf die Entfernung des Mondes parallactisch wirkt, so muss auch ihre Bahn, in welcher sie jährlich umläuft, auf die fünf Planeten wirken; nur sind diese letzteren Parallaxen, wegen der Grösse der Bahn, weit merklicher. Solche Parallaxen können aber nicht anders bestimmt werden, als wenn vorher die Entfernung des Planeten ermittelt ist. Diese kann jedoch schon durch eine einzige beliebige Beobachtung der Parallaxe erhalten werden. Eine solche Beobachtung des Saturn haben wir im Jahre Christi 1514 den 25sten Februar 5 Aequinoctial-Stunden nach Mitternacht angestellt. Saturn wurde in der graden Linie der Sterne gesehen, welche sich an der Stirn des Scorpion befinden, also des ersten und zweiten, welche gleiche Länge, nämlich 209°, in Bezug auf die Fixsternsphäre[377]) haben. Der Ort Saturns war also durch diese Sterne gegeben. Es sind aber vom Anfange der Jahre Christi bis zur Stunde der Beobachtung 1514 ägyptische Jahre 67 Tage 13^{I}[378]), und daher der berechnete mittlere Ort der Sonne gleich 315° 41'[379]), die parallactische Bewegung[380]) Saturns 116° 31′ und deshalb der mittlere Ort Saturns 199° 10′[381]). und der Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises gleich 240° 20′[382]). Es sei dem Vorstehenden gemäss *abc* der excentrische Kreis, dessen Mittelpunkt in *d*, in dessen Durchmesser *bdc* das Apogeum in *b*, das Perigeum in *c*, und der Mittelpunkt der Erdbahn in *e* liegt. Man ziehe *ad* und *ae* und beschreibe um den Mittelpunkt *a* mit dem dritten Theile von *de* den Epicykel, in welchem *f* der Ort des Planeten sei, wobei der Winkel *daf* gleich *adb* Durch den Mittelpunkt *e* der Erdbahn ziehe man *hi*, vorläufig in derselben Ebene des Kreises *abc*, und parallel mit *ad*. so dass in *h* das Apogeum und in *i* das Perigeum in Bezug auf den Planeten liegt. Man schneide aber auf demselben Kreise den Bogen *hl* zu 116° 31′ nach der Berechnung der Anomalie der Parallaxe ab, und ziehe *fl*. *el* und *fkem*, welche Letztere die Peripherie der Bahn zu beiden Seiten schneidet. Da nun der Winkel *adb* gleich 40° 10′, und nach der Voraussetzung gleich dem Winkel *daf* ist: so ist der Nebenwinkel *ade* gleich 138° 50′ und *de* ist gleich 854, wenn *ad* gleich 10000; hierdurch erweist sich in dem Dreiecke *ade* die dritte Seite *ae* zu 10667 derselben Theile, der Winkel *dea* zu 38° 9′ und der noch übrige Winkel *ead* zu 3° 1′, folglich der ganze Winkel *eaf* zu 44° 11′. So ist wieder in dem Dreiecke *fae* die Seite *fa* gleich 285 und *ae* gegeben, und es erweist sich die dritte Seite *fke* zu 10465 derselben Theile und der Winkel *aef* zu 1° 5′. Folglich ist klar, dass die ganze Differenz, oder die Prosthaphärese, zwischen dem mittleren und wahren Orte des Planeten gleich ist 4° 6′, als die Summe der Winkel *dae* und *aef*. Daher würde, wenn die Erde in *k* oder *m* gestanden hätte, Saturn in 203° 16′ vom ersten Sterne des Widders abstehend erschienen sein, ebenso wie sein Ort vom Mittelpunkt *e* aus gesehen sein würde. Da aber die Erde in *l* steht, so wird er in 209° gesehen. Die Differenz von 5° 44′ ist die Parallaxe gemäss dem Winkel *kfl*. Nun ist aber der Bogen *hl*, nach der Gleichmässigkeit berechnet, gleich 116° 33′[383]), zieht man davon die Prosthaphärese *hm* ab, so bleibt *ml* gleich 112° 25′, und folglich die Ergänzung *lik* gleich 67° 31′[384]), durch welche dann auch der Winkel *kel* bekannt ist. Deshalb sind im Dreiecke *fel*, dessen Seiten und Winkel gegeben sind, auch die Verhältnisse gegeben, wonach *ef* gleich 10465, *el* gleich 1090 ist, wenn *ad* oder *bd* 10000 beträgt. Wenn aber *bd*, nach altem Brauche, 60ᵖ ist, so wird *el* gleich 6ᵖ 32ᴵ, was sich wahrlich wenig



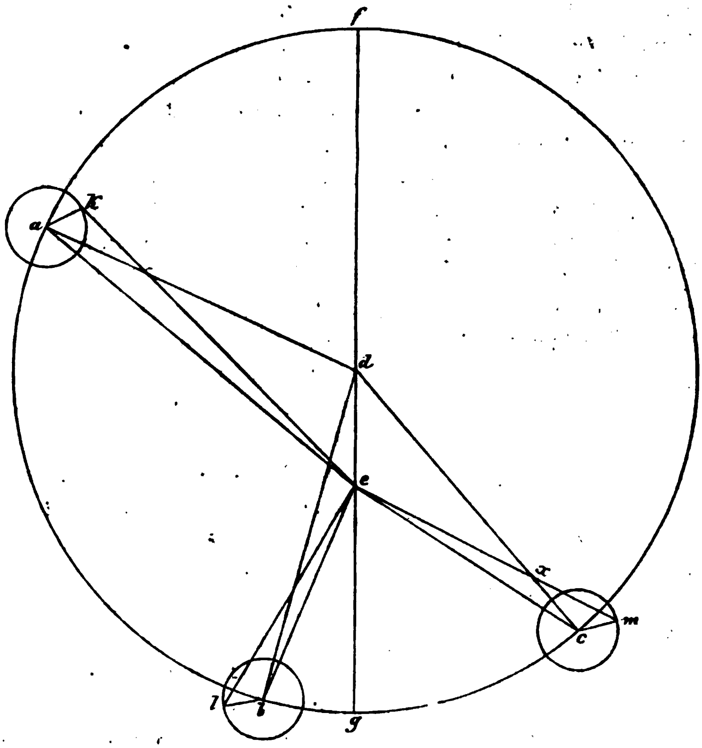
von dem unterscheidet, welches Ptolemäus angiebt[385]). Die ganze Linie *bde* ist aber gleich 10854 und der Rest *ce* des Durchmessers, gleich 9146. Da aber der Epicykel in *b* die Entfernung des Planeten immer um 285, d. h. um seinen Halbmesser, verkleinert; in *c* aber um ebensoviel vergrössert: so wird deshalb die grösste Entfernung Saturns vom Mittelpunkte *e* gleich 10569, die kleinste gleich 9431, wenn *bd* gleich 10000. Nach diesem Verhältnisse kommen auf Saturns Apogeum $9^p\ 42^I$, wenn der Radius der Erdbahn 1^p ist, und auf das Perigeum $8^p\ 39^I$. Hieraus kann man schon schliessen, dass die Parallaxen Saturns nach dem Maasse grösser sind, welches beim Monde über dessen geringe Parallaxen entwickelt ist. Die grössten betragen, wenn Saturn im Apogeum steht, 5° 55′, wenn im Perigeum, 6° 39′. Ihre Differenz beträgt also 44′, und sie treten ein, wenn die vom Planeten her gezogenen Linien die Erdbahn berühren. Bei diesem Beispiele finden sich einige Abweichungen in der Bewegung Saturns, welche wir nachher auf einmal, und in Verbindung mit den übrigen vier Planeten entwickeln wollen.

Capitel 10.

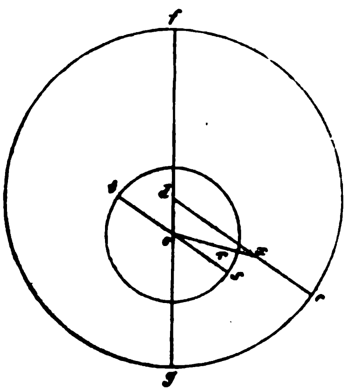
Darlegungen der Bewegung des Jupiter.

Nachdem wir den Saturn abgehandelt haben, wollen wir uns bei der Bewegung Jupiters derselben Methode und Anordnung der Ableitung bedienen, indem wir zuerst drei von Ptolemäus überlieferte und berechnete Oerter vornehmen, und dieselben durch die oben gezeigte Umwandlung der Kreise, entweder übereinstimmend, oder nicht viel von einander abweichend, wiederherstellen. Die erste Opposition fand statt im Jahre 17 Hadrian's, am ersten Tage des ägyptischen Monats Epiphi, eine Stunde vor Mitternacht des folgenden Tages, und, wie er sagt, in 23° 11′[386]) des Scorpion. Zieht man hiervon die Präcession der Nachtgleichen ab, so bleiben 226° 33′. Die zweite Beobachtung hat er aufgezeichnet im Jahre 21 Hadrian's, am 13ten Tage des ägyptischen Monats Phaophi, zwei Stunden vor Mitternacht des folgenden Tages, in 6° 54′[387]) der Fische, aber in Bezug auf die Fixsternsphäre in 331° 16′. Die dritte Beobachtung war im ersten Jahre des Antoninus in der Nacht vom 20sten auf den 21sten Tag des Monats Athyr, 5 Stunden nach Mitternacht in 7° 45′ der Fixsternsphäre[388]). Es sind also von der ersten bis zur zweiten Beobachtung 3 ägyptische Jahre 106 Tage 23 Stunden[389]) verstrichen, und die erscheinende Bewegung des Planeten betrug während dem 104° 43′[390]); zwischen der zweiten und dritten Beobachtung liegen aber 1 Jahr 37 Tage 7 Stunden[389]) und die scheinbare Bewegung des Planeten ist 36° 29′[390]). In dem ersten Zeitraume ist die mittlere Bewegung 99° 55′[391]), im zweiten 33° 26′[392]). Er fand aber den Bogen des excentrischen Kreises von der grössten Abside bis zur ersten Opposition zu 77° 15′, den folgenden Bogen von der zweiten Opposition bis zur kleinsten Abside zu 2° 50′, und von da bis zur dritten Opposition 30°

36′. Die Excentricität war 5½ solcher Theile, von denen der Radius des Kreises 60 enthielt; beträgt letzterer dagegen 10000, so ist die Excentricität 917, was Alles den Beobachtungen sehr nahe entspricht. Es sei *abc* der Kreis, dessen Bogen *ab* von der ersten zur zweiten Opposition 99° 55′, *bc* 33° 26′ enthalten, und es werde durch den Mittelpunkt *d* der Durchmesser *fdg* gezogen, so dass *f* die grösste Abside und der Bogen *fa* gleich 77° 15′, *fab* gleich 177° 10′ und *gc* gleich 30° 36′ sei. Der Mittelpunkt der Erdbahn sei *e* und die Entfernung *de* betrage 687, als drei Viertel von jenen 917 Theilen; mit dem vierten Theile gleich 229 beschreibe man die Epicykel um die Punkte *a*, *b* und *c*, ziehe *ad*, *bd*, *cd*, *ae*, *be*, *ce*, und in den Epicykeln *ak*, *bl*, und *cm*, so dass die Winkel *dak*, *dbl*, und *dcm* beziehlich gleich sind den Winkeln *adf*, *fdb* und *fdc*; endlich verbinde man die Punkte *k*, *l* und *m* durch grade Linien mit *e*. Da nun in dem Dreiecke *ade*, wegen des gegebenen Winkels *adf*, der Winkel *ade* gleich 102° 45′ und die Seite *de* gleich 687, wenn *ad* gleich 10000: so ergiebt sich auch die dritte Seite *ae* gleich 10174 derselben Theile, Winkel *dae* gleich 3° 48′ und, als Rest, Winkel *aed* gleich 73° 27′, und der ganze Winkel *eak* gleich 81° 3′. Folglich sind auch in dem Dreiecke *aek* zwei Seiten, *ea* gleich 10174 und *ak* gleich 229, und der Winkel *eak* gegeben, daraus ergiebt sich der Winkel *aek* gleich 1° 17′, folglich der dritte, *ked* als Rest gleich 72° 10′. Ebenso verfährt man im Dreiecke *bed*; denn es bleiben die Seiten *bd* und *de* immer den früheren gleich, der Winkel *bde* ist aber gleich 2° 50′ gegeben; folglich ist *be* gleich 9314, wenn *db* gleich 10000: und der Winkel *dbe* gleich 12′. So erweist sich auch in dem Dreiecke *elb*, in welchem zwei Seiten und der Winkel *ebl* gleich 177° 22′ gegeben sind, der Winkel *leb* gleich 4′. Zieht man die Summe 16′ von dem Winkel *fdb* ab: so bleiben 176° 54′ gleich dem Winkel



fel; zieht man davon *ked* gleich 72° 10′ ab, so bleiben 104° 44′ für den Winkel *kel*, was mit dem erscheinenden Winkel zwischen der ersten und zweiten Beobachtung nahe übereinstimmt. Ebenso erweist sich bei dem dritten Orte aus dem Dreiecke *cde*, dessen Seiten *cd* und *de* nebst dem Winkel *cde* gleich 30° 36′ gegeben sind, die Basis *ec* gleich 9410, und der Winkel *dce* gleich 2° 8′, und daraus der ganze *ecm* gleich 147° 44′, welcher in dem Dreiecke *ecm* liegend, den Winkel *cem* gleich 39′ ergiebt, also den Aussenwinkel *dxe*, als gleich den beiden inneren gegenüberliegenden *ecx* und *cex*, gleich 2° 47′; um diesen Winkel ist *dem* kleiner als *fdc*, so dass *gem*, als Rest, gleich 33° 23′; folglich ist der ganze Winkel *lem* gleich 36° 29′, welches mit dem, zwischen der zweiten und dritten Opposition beobachteten auch übereinstimmt. Da aber der Planet bei dieser dritten Opposition in 7° 45′ stand, und dieselbe, wie abgeleitet ist, um 33° 23′ von der kleinsten Abside entfernt liegt, so zeigt sich, dass der Ort der grössten Abside, als Ergänzung zum Halbkreise in 154° 22′ liegt. Nun werde um *e* die Jahresbahn der Erde *rst* beschrieben, und der Durchmesser *set* parallel mit *dc* gezogen. Es war aber der Winkel *gdc* gleich 30° 36′, diesem ist *ges* gleich, und weil der Winkel *dxe* gleich *res*, so ist der Bogen *rs* gleich 2° 47′, als Abstand des Planeten vom mittleren Perigeum der Erdbahn; also steht er von der grössten Abside der Bahn um den ganzen Bogen *tsr* gleich 182° 47′ ab. Hierdurch wird also festgestellt, dass um die Stunde der im ersten Jahre des Antoninus am 20sten Tage des ägyptischen Monats Athyr, 5 Stunden nach Mitternacht aufgezeichneten Opposition des Jupiter, der Planet Jupiter, gemäss seiner parallactischen Anomalie in 182° 47′ stand. Sein gleichmässiger Ort war in Länge 4° 58′ und der Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises lag in 154° 22′. Alles dieses stimmt mit unsrer Annahme von der Bewegung der Erde und von der Gleichmässigkeit auf das Vollkommenste überein.

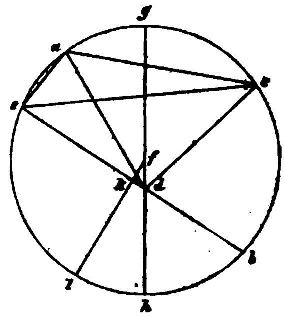


Capitel 11.

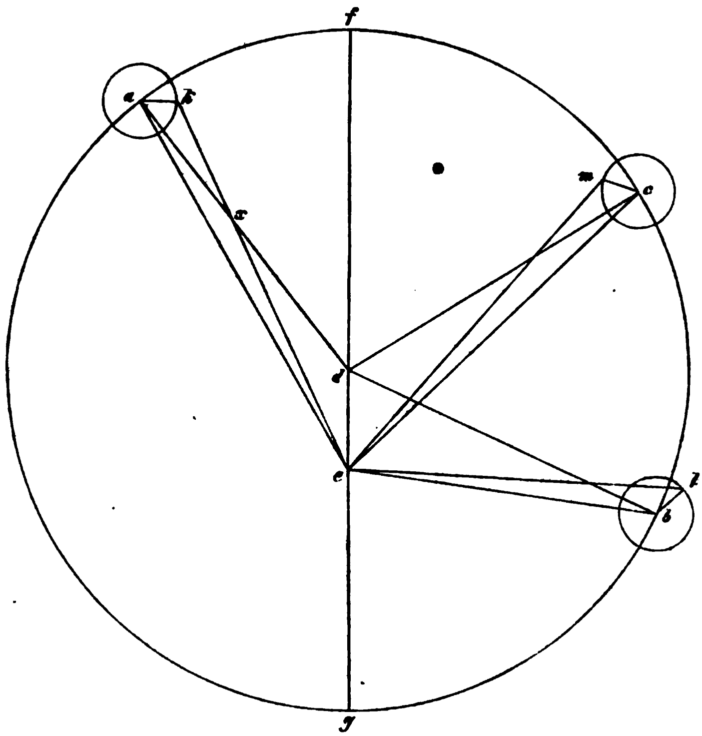
Ueber drei andere neuerlich beobachtete Oppositionen des Jupiter.

Den dreien damals verzeichneten und auf diese Weise untersuchten Oertern des Jupiter wollen wir drei andere an die Seite stellen, welche wir ebenfalls mit der grössten Sorgfalt bei den Oppositionen des Jupiter beobachtet haben. Erstens im Jahre Christi 1520 den 30sten April 11 Stunden nach der vorhergehenden Mitternacht in 200° 18′ der Fixstern-Sphäre. Zweitens im Jahre Christi 1526 den 28sten November 3 Stunden nach Mitternacht in 48° 34′. Drittens im Jahre Christi 1529 den 1sten Februar 19 Stunden nach

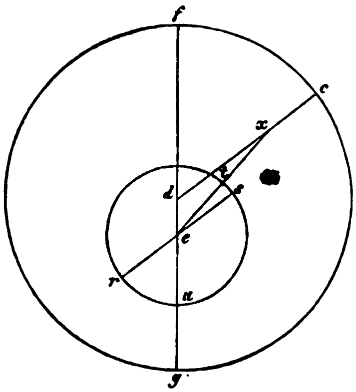
Mitternacht in 113° 44′. Von der ersten bis zur zweiten Beobachtung sind es 6 ägyptische Jahre 212 Tage 40′[393], in welcher Zeit eine Bewegung des Jupiter von 208° 16′[394] beobachtet ist. Zwischen der zweiten und dritten liegen 2 ägyptische Jahre 66 Tage 39′[393] und eine scheinbare Bewegung des Planeten von 65° 10′[394]. Die gleichmässige Bewegung ist aber im ersten Zeitraume 199° 40′[395], im zweiten 66° 10′[396]. Für dieses Beispiel werde der excentrische Kreis *abc* beschrieben, in welchem wir uns den Planeten einfach und gleichmässig sich bewegend denken. Die drei beobachteten Oerter werden durch die Ordnung der Buchstaben *a*, *b* und *c* bezeichnet, so dass der Bogen *ab* gleich 199° 40′, *bc* gleich 66° 10′ und folglich der Rest *ac* gleich 94° 10′ ist. Ferner sei *d* der Mittelpunkt der Jahresbahn der Erde; man ziehe *ad*, *bd* und *cd*, von denen irgend eine z. B. *db*, bis zum entgegengesetzten Bogen der Peripherie verlängert wird, das sei *bde*; man ziehe nun noch *ac*, *ae* und *ce* Da nun der beobachtete Winkel *bdc* gleich 65° 10′, von denen 360° auf vier Rechte am Mittelpunkte kommen: so ist auch der Rest *cde* gleich 114° 50′. Kommen aber 360° auf zwei Rechte, wie an der Peripherie, so ist derselbe 229° 40′, und der Winkel *ced* auf den Bogen *bc* gleich 66° 10′, und folglich der Winkel *dce* gleich 64° 10′ In dem Dreiecke *cde* von gegebenen Winkeln, ergeben sich also die Seiten: *ce* gleich 18150 und *ed* gleich 10918, wenn der Durchmesser des um das Dreieck beschriebenen Kreises gleich 20000 ist Da ebenso der Winkel *adb* gleich 151° 54′, als Rest, welcher bleibt, wenn man den beobachteten Abstand der ersten von der zweiten Opposition, vom ganzen Kreise abzieht, — gegeben ist: so ist in dem Dreiecke *ade* der Winkel *ade* 28° 6′, als Winkel am Mittelpunkte, dagegen als an der Peripherie 56° 12′; und zieht man die Summe von *ade* gleich 56° 12′ und von *bca* gleich 160° 20′ von 360° ab, so bleibt als Rest *ead* gleich 143° 28′, woraus sich die Seiten: *ae* gleich 9420 und *ed* gleich 18992 ergeben, wenn der Durchmesser des um das Dreieck *ade* beschriebenen Kreises gleich 20000 ist. Wenn aber *ed* gleich 10918, so wird *ae* gleich 5415 solcher Theile, von denen *ce* 18150 enthält. Wir haben also wieder in dem Dreiecke *eac* die Seiten *ea* und *ec*, so wie den Winkel *aec*, durch den Bogen *ac*, gleich 94° 10′ gegeben. Daraus ergiebt sich der Winkel *ace*, als über dem Bogen *ae*, gleich 30° 40′, welcher mit *ac* die Summe 124° 50′ giebt, dessen Sehne *ce* gleich 17727 solcher Theile wird, deren der Durchmesser des excentrischen Kreises 20000 enthält Und nach dem vorhin gegebenen Verhältnisse wird *de* gleich 10665 derselben Theile; der ganze Bogen *bcae* aber ist gleich 191°, folglich der Rest des Kreises, *eb* gleich 169°, und dazu die ganze Sehne *bde* gleich 19908, während *bd* gleich 9243 ist. Da also das Segment *bcae* das grössere ist: so enthält es den Mittelpunkt, welcher in *f* liegen mag. Nun werde der Durchmesser *gfdh* gezogen,



und es ist das Rechteck *ed* mal *db* gleich *gd* mal *dh*, welches letztere hierdurch gegeben ist. Weil aber *gd* mal *dh* nebst dem Quadrate von *fd* gleich ist dem Quadrate von *fdh*, so bleibt, wenn man von diesem das Rechteck *gd* mal *dh* abzieht, das Quadrat von *fd*. Hiernach ist die Länge von *fd* gleich 1193 Theilen, von denen auf *fg* 10000 kommen; wäre aber *fg* gleich 60, so würde *fd* gleich 7. 9ᴵ. Nun halbiren wir *be* in *k* und ziehen *fkl*, so steht dieselbe auf *be* rechtwinkelig, und weil die Hälfte *bdk* gleich 9954 und *db* gleich 9243: so bleibt *dk* gleich 711. In dem Dreiecke *dfk*, dessen Seiten gegeben sind, ist also der Winkel *dfk* gleich 36° 35′ und der Bogen *lh* also ebenfalls gleich 36° 35′. Der ganze Bogen *lhb* ist aber 84° 30′. folglich *bh* gleich 47° 55′, als Abstand des zweiten Ortes vom Perigeum und der Rest, also der Abstand vom Apogeum, *bcg* gleich 132° 5′; zieht man hiervon *bc* gleich 65° 10′ ab: so bleibt *cg* gleich 66° 55′ als Abstand des dritten Ortes vom Apogeum; dies von *ac* gleich 94° 10′, bleibt 27° 15′, als Abstand des ersten Ortes des Epicykels vom Apogeum. Dies stimmt freilich wenig mit den Erscheinungen, da der Planet nicht in dem angenommenen excentrischen Kreise sich bewegt, so dass diese Ableitungsmethode, weil sie sich auf ein unrichtiges Princip stützt, nichts Richtiges liefern kann. Dafür ist unter Andern auch dies ein Zeichen, dass dieselbe beim Ptolemäus für den Saturn eine Distanz der Mittelpunkte ergiebt, welche grösser als die wahre ist, für den Jupiter eine kleinere; bei uns dagegen auch für diesen eine grössere, woraus deutlich hervorgeht, dass wenn man bei einem und demselben Planeten immer andere Kreisbogen nimmt, das Gesuchte sich nicht in derselben Weise ergiebt. Es war nicht anders möglich, die gleichmässige und die erscheinende Bewegung des Jupiter für die drei vorliegenden und später für jeden Punkt zu construiren, als wenn wir die ganze Abweichung der Excentricität der Mittelpunkte so annahmen, wie sie vom Ptolemäus überliefert ist, nämlich gleich 5ᵖ 30ᴵ, wenn der Radius des excentrischen Kreises gleich 60ᵖ, oder gleich 917, wenn der Radius gleich 10000 ist, und dass die Bogen: von der grössten Abside bis zur ersten Opposition gleich 45° 2′, von der kleinsten Abside bis zur zweiten gleich 64° 42′ und von der dritten Opposition bis zur grössten Abside gleich 49° 8′ genommen wurden. Nun construire man wieder die frühere excentrisch-epicyklische Figur, mit den Abänderungen jedoch, welche unser Beispiel erheischt. Nach unserer Annahme werden nun drei Viertel der ganzen Entfernung der Mittelpunkte, also 687 Theile, auf *de* kommen, und das letzte Viertel, also 229, auf den Radius des Epicykels, während *fd* gleich 10000 ist. Da nun der Winkel *adf* gleich 45° 2′, so sind in dem Dreiecke *ade* zwei Seiten, *ad* und *de*, nebst dem Winkel *ade* gegeben, woraus die dritte Seite *ae* gleich 10496, während *ad* gleich 10000, und der Winkel *dae* gleich 2° 39′ hervorgehen. Da ferner der Winkel *dak* gleich *adf* vorausgesetzt ist, so wird der ganze Winkel *eak* gleich 47° 34′; und dieser nebst den beiden gegebenen Seiten *ak* und *ae*, ergeben in dem Dreiecke *aek* den Winkel *aek* gleich 57′. Zieht man denselben und auch noch den Winkel *dae* von *adf* ab, so



bleibt *ked* gleich 41° 26′ für die erste Opposition. Ebenso erweist sich in dem Dreiecke *bde*, in welchem die Seiten *bd* und *de* nebst dem Winkel *bde* gleich 64° 42′ gegeben sind, die dritte Seite *be* gleich 9725, wenn *bd* gleich 10000, und der Winkel *bde* gleich 3° 40′. Ferner in dem Dreiecke *bel*, dessen Seiten *be* und *bl*, nebst dem ganzen Winkel *ebl* gleich 118° 58′ gegeben sind, ist der Winkel *bel* gleich 1° 10′ und hieraus der Winkel *del* gleich 110° 28′. Es war aber *aed* gleich 41° 26′, folglich ist der ganze Winkel *kel* gleich 151° 54′, und was hiervon an vier Rechten oder 360° fehlt, nämlich 208° 6′, ist der erscheinende Winkel zwischen der ersten und zweiten Opposition, was mit den Beobachtungen übereinstimmt. In derselben Weise sind, für den dritten Ort, in dem Dreiecke *cde* die beiden Seiten *dc* und *de* nebst dem Winkel *cde* gleich 130° 52′, wegen des Winkels *fdc*, gegeben; daraus geht die dritte Seite *de* gleich 10463, wenn *cd* gleich 10000, und der Winkel *dce* gleich 2° 51′ hervor. Folglich ist der ganze Winkel *ecm* gleich 51° 59′. Ferner sind auch in dem Dreiecke *ecm* die beiden Seiten *cm* und *ce* nebst dem Winkel *mce* gegeben, daraus ergiebt sich *mec* gleich 1°, und die Summe von diesem nebst dem früher gefundenen *dce* ist gleich der Differenz zwischen den Winkeln *fdc* und *dem*, d. h. zwischen den Winkeln der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung; folglich ist der Winkel *dem* selbst gleich 45° 17′ für die dritte Opposition. Es ist aber schon gezeigt, dass *del* gleich 110° 28′, also ist der Rest *lem* gleich 65° 10′, als der Winkel zwischen der zweiten und dritten Opposition, welches ebenfalls mit den Beobachtungen übereinstimmt. Da aber der dritte Ort Jupiters in 113° 44′ der Fixsternsphäre beobachtet ist, so liegt der Ort der grössten Abside Jupiters etwa in 159°. Construiren wir um den Punkt *e* die Erdbahn *rst*, deren Durchmesser *res* parallel *dc* ist: so ist klar, dass



der Winkel *fdx* gleich 49° 8′ gleich *des*, und dass in *r* das Apogeum für die gleichmässige parallactische Bewegung ist. Wenn nun die Erde den Halbkreis und den Bogen *st* durchlaufen hat, so tritt sie in Conjunction mit dem Jupiter, der also in Opposition mit der Sonne steht. Dieser Bogen *st* ist aber gleich 3° 51′, weil der Winkel *set* als von dieser Grösse erwiesen ist. Hieraus ist also klar, dass im Jahre Christi 1529 den 1sten Februar 19 Stunden nach Mitternacht der Ort der gleichmässigen parallactischen Anomalie Jupiters in 183° 51′, der Ort seiner eigenen Bewegung aber in 109° 52′ lag und das Apogeum des excentrischen Kreises um etwa 159° vom Horn des Widders abstand, was wir suchten.

Capitel 12.

Bestätigung der gleichmässigen Bewegung des Jupiter.

Es ist aber weiter oben schon gesehen, dass bei der letzten der drei von Ptolemäus beobachteten Oppositionen, der Planet Jupiter, seiner mittleren Bewegung nach, in 4° 58′, und seiner parallactischen Anomalie nach, in 182° 47′ stand. Hieraus geht hervor, dass in der Zwischenzeit zwischen den beiden Beobachtungen[397]) bei der parallactischen Bewegung Jupiters, ausser den ganzen Umläufen, noch 1° 5′, und bei seiner eigenen Bewegung ungefähr 104° 54′ erwuchsen. Die Zeit aber, welche von dem ersten Jahre des Antoninus den 20sten des ägyptischen Monats Athyr 5 Stunden nach Mitternacht bis zum Jahre Christi 1529 den 1sten Februar 19 Stunden nach Mitternacht verflossen ist, beträgt 1392 ägyptische Jahre 99 Tage 37ᴵ[398]); und diese Zeit entspricht nach der oben dargelegten Berechnung 1° 5′, ausser den ganzen Umläufen, bei welchen die Erde den Jupiter 1276[399]) mal überholt hat; hieran haben wir also die sichere und geprüfte Zahl, welche mit den Beobachtungen übereinstimmt. In derselben Zeit ist aber sowohl die grösste, als auch die kleinste Abside des excentrischen Kreises um 4° 30′[400]) vorgerückt. Vertheilt man dies gleichmässig, so ergiebt sich in 300 Jahren ungefähr 1°.

Capitel 13.

Feststellung der Oerter für die Bewegung des Jupiter.

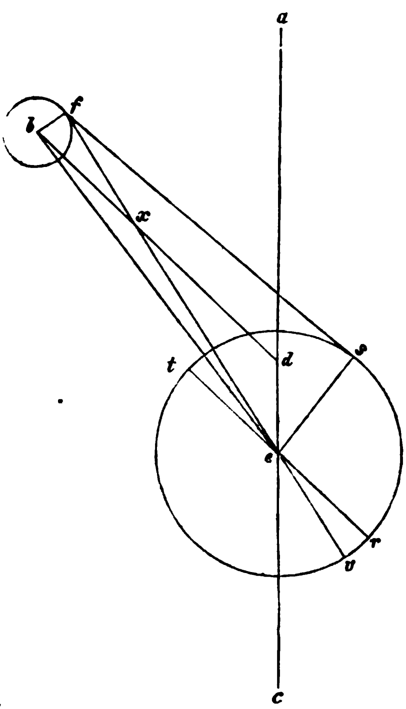
Nun beträgt aber die Zeit von der dritten Beobachtung, im ersten Jahre des Antoninus den 20sten Athyr 4 Stunden nach Mitternacht, rückwärts bis auf den Anfang der Jahre Christi gerechnet, 136 ägyptische Jahre 314 Tage 10ᴵ[401]), während derselben war die mittlere parallactische

Bewegung 84° 31'[402]), zieht man diese von 182° 47' ab: so bleiben 98° 16' für die Mitternacht des ersten Januar am Anfange der Jahre Christi. Von da bis zum Anfange der Olympiaden berechnet sich in 775 ägyptischen Jahren 12 Tagen 12 Stunden die Bewegung ausser den ganzen Umläufen auf 70° 58'; zieht man diese von 98° 16' ab, so bleiben 27°. 18' als Ort der Olympiaden. Von da erwachsen in 451 Jahren 247 Tagen, 110° 52', diese zu dem Orte der Olympiaden addirt, geben 138° 10', als Ort Alexanders um Mittag des ersten Thoth der Aegypter; und auf dieselbe Weise ergeben sich die Oerter für jede beliebige Epoche.

Capitel 14.

Ueber die Ermittelung der Parallaxen Jupiters, und seiner Entfernung im Vergleiche zu dem Radius der Erdbahn.

Um aber auch die übrigen Erscheinungen in Bezug auf den Jupiter zu ermitteln, welche von der Parallaxe abhängen, haben wir im Jahre Christi 1520 den 18ten Februar 6 Stunden vor Mittag seinen Ort auf das Sorgfältigste beobachtet. Wir fanden durch das Instrument, dass Jupiter dem helleren ersten Sterne an der Stirn des Scorpion[403]) um 4° 31' voraus war, und da der Ort dieses Fixsterns 209° 40' ist, so ergiebt sich der Ort Jupiters zu 205° 9' in Bezug auf die Fixsternsphäre. Es sind aber vom Anfange der Jahre Christi 1520 gleichmässige Jahre 62 Tage 15^{I} bis zur Stunde dieser Beobachtung verflossen, woraus sich die mittlere Bewegung der Sonne zu 309° 16', die parallactische Anomalie aber zu 111° 15' berechnet, wodurch der mittlere Ort des Planeten Jupiter in 198° 1' gefunden wird. Und da der Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises zu unserer Zeit in 159° sich ergeben hat, so betrug die Anomalie des excentrischen Kreises des Jupiter 39° 1'. Für dieses Beispiel werde der excentrische Kreis *abc* um den Mittelpunkt *d* beschrieben, und der Durchmesser *adc* gezogen, *a* sei das Apogeum, *c* das Perigeum, und deshalb liege der Mittelpunkt der Erdbahn in *e*. Der Bogen *ab* werde gleich 39° 1' gemacht und um den Mittelpunkt *b* der Epicykel beschrieben, so dass *bf* den dritten Theil des Abstandes *de* beträgt. Auch werde der Winkel *dbf* gleich *adb* gemacht und die Linien *bd*, *be* und

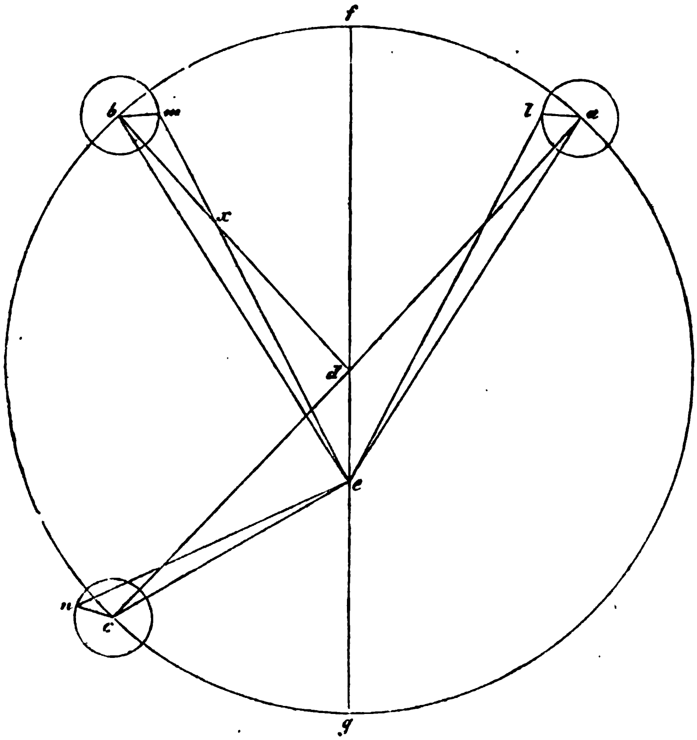


fe gezogen. In dem Dreiecke *bde* sind also die Seite *de* gleich 687, *bd* gleich 10000, und der von ihnen eingeschlossene Winkel *bde* gleich 140° 59′ gegeben. Hieraus berechnet sich die Basis *be* zu 10543 derselben Theile und der Winkel *dbe* zu 2° 21′, um welchen der Winkel *bed* vom Winkel *adb* verschieden ist. Folglich ist der ganze Winkel *ebf* gleich 41° 22′. Daher ist in dem Dreiecke *ebf* der Winkel *ebf* nebst den ihn einschliessenden Seiten *eb* gleich 10543 und *bf* gleich 229, als dem dritten Theile des Abstandes *de*, bekannt, während *bd* gleich 10000 ist. Es ergiebt sich hieraus die dritte Seite *fe* gleich 10373 und der Winkel *bef* gleich 50′. Da sich aber die Linien *bd* und *fe* in *x* schneiden, so ist der Winkel *dxe* die Differenz zwischen *fed* und *bda*, d. h. der mittleren und der wahren Bewegung. Zieht man die Summe der Winkel *dbe* und *bef*, also 3° 11′, von 39° 1′ ab: so bleibt der Winkel *fed* gleich 35° 50′, als Abstand des Planeten von der grössten Abside. Der Ort der grössten Abside war aber 159°, dies addirt, giebt 194° 50′. Dies war der wahre Ort Jupiters in Bezug auf den Mittelpunkt *e*; gesehen wurde er aber in 205° 9′, die Differenz von 10° 19′ machte also die Parallaxe aus. Nun werde die Erdbahn *rst* um den Mittelpunkt *e* construirt, und der Durchmesser *ret* parallel mit *db* gezogen so dass *r* das parallactische Apogeum ist. Der Bogen *rs* werde nach Maassgabe der mittleren parallactischen Anomalie gleich 111° 15′ gemacht, und *fe* über *e* hinaus bis *v* im entgegengesetzten Bogen der Erdbahn verlängert, dann wird in *v* das wahre Apogeum des Planeten sein, und die Winkeldifferenz *rev*, gleich *dxe*, ergiebt den ganzen Bogen *vrs* zu 114° 26′ und das Supplement *fes* gleich 65° 34′. Da aber *efs* gleich 10° 19′ gefunden ist, so ist *fse* gleich 104° 7′. Da also in dem Dreiecke *efs* die Winkel gegeben sind, so ist auch das Verhältniss der Seiten bekannt, nämlich *fe* zu *es* wie 9698 zu 1791; ist also *fe* gleich 10373, so ist *es* gleich 1916, während *bd* gleich 10000. Ptolemäus aber fand *es* gleich 11. 30^{I}, wenn der Radius gleich 60 war, dies ist auch ungefähr das Verhältniss von 10000 zu 1916, und deshalb besteht zwischen ihm und uns keine Differenz. Der Durchmesser *adc* verhält sich also zum Durchmesser *ret* wie 5. 13^{I} zu 1. Ebenso verhält sich *ad* zu *es* oder zu *re* wie 5. 13^{I} 9^{II} zu 1., folglich ist *de* gleich 21^{I} 29^{II} und *bf* gleich 7^{I} 10^{II}. Also verhält sich die ganze Linie *ade* weniger *bf*, d. h. die Entfernung Jupiters im Apogeum, zum Halbmesser der Erdbahn, wie 5. 27^{I} 29^{II} zu 1., und die Summe von *ec* und *bf*, als Entfernung im Perigeum, ist 4. 58^{I} 49^{II}, und für die mittleren Oerter je nach Maassgabe derselben. Hieraus ergiebt sich auch, dass die grösste Parallaxe Jupiters im Apogeum gleich 10° 35′, im Perigeum gleich 11° 35′ ist. Zwischen beiden besteht ein Unterschied von 1°. Hiermit sind sowohl die gleichmässigen als auch die erscheinenden Bewegungen Jupiters entwickelt.

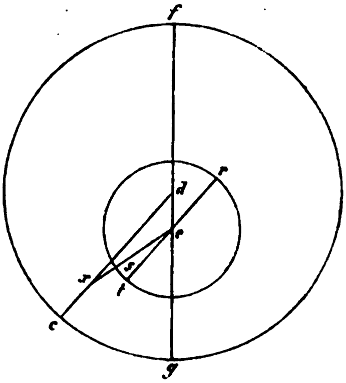
Capitel 15.

Ueber den Planeten Mars.

Nun haben wir die Bewegungen des Mars zu untersuchen, indem wir drei alte Oppositionen vornehmen, und mit denselben die auch schon damals stattfindende Bewegung der Erde verbinden. Von denen, welche Ptolemäus[404]) überliefert hat, war die erste im Jahre 15 Hadrians den 26sten des 5ten ägyptischen Monats Tybi, eine Aequinoctialstunde nach der folgenden Mitternacht, und, wie er sagt, stand Mars in 21° der Zwillinge, in Bezug auf die Fixsternsphäre aber in 74° 20′[405]). Die zweite Beobachtung zeichnete er im Jahre 19 Hadrians am 6ten Tage des 8ten ägyptischen Monats Pharmuthi 3 Stunden vor der folgenden Mitternacht auf, und zwar in 28° 50′ des Löwen, in Bezug auf die Fixsternsphäre aber in 142° 10′. Die dritte war im 2ten Jahre des Antoninus am 12ten Tage des 11ten ägyptischen Monats Epiphi 2 Aequinoctial-Stunden vor der folgenden Mitternacht, in 2° 34′ des Schützen, in Bezug auf die Fixsternsphäre aber in 235° 54′. Es liegen also zwischen der ersten und zweiten 4 ägyptische Jahre 69 Tage 20 Stunden oder 50^{I}, und die erscheinende Bewegung des Planeten betrug während dem, ausser den ganzen Umläufen, 67° 50′. Zwischen der zweiten und dritten Opposition sind es 4 Jahre 96 Tage 1 Stunde, oder $2^{\mathrm{I}}\ 30^{\mathrm{II}}$, und die erscheinende Bewegung des Planeten ist 93° 44′. Die mittlere Bewegung war aber im ersten Zeitraume, ausser den ganzen Umläufen, 81° 44′; im zweiten 95° 28′. Den ganzen Abstand der Mittelpunkte fand er zu 12 solcher Theile, von denen der Radius des excentrischen Kreises 60 enthält; wird Letzterer aber zu 10000 angenommen: so sind es 2000. In mittlerer Bewegung lagen zwischen der ersten Opposition und der grössten Abside 41° 33′, zwischen der zweiten und der grössten Abside 40° 11′ und zwischen der dritten und der kleinsten Abside 44° 21′. Nach unserer Annahme aber von gleichmässigen Bewegungen, liegen zwischen den Mittelpunkten des excentrischen Kreises und der Erdbahn, drei Viertel von jenen 2000, also 1500, und das noch übrige Viertel, gleich 500, ist der Halbmesser des Epicykels. Hiernach werde der excentrische Kreis *abc* construirt, sein Mittelpunkt sei *d*, der Durchmesser durch beide Absiden *fdg*, in diesem liege der Mittelpunkt der Erdbahn, und es seien der Reihe nach die Punkte der beobachteten Oppositionen: *a*, *b* und *c*. Der Bogen *af* sei gleich 41° 33′[406]), *fb* gleich 40° 11′ und *cg* gleich 44° 21′. Um die einzelnen Punkte *a*, *b* und *c* werden die Epicykel construirt, deren Radien ein Drittel des Abstandes *de* betragen, und die Linien *ad*, *bd* und *cd* gezogen; in den Epicykeln aber werden *al*, *bm* und *cn* so gezogen, dass die Winkel *dal*, *dbm* und *dcn*, den Winkeln *adf*, *bdf* und *cdf* gleich sind. Da nun in dem Dreiecke *ade* der Winkel *ade* gleich 138° 27′[407]), gemäss dem Winkel *fda*, und die beiden Seiten *ad* und *de*, nämlich *de* gleich 1500, wenn *ad* gleich 10000, gegeben sind, so folgt daraus die dritte Seite *ae* gleich 11172 derselben Theile, und der Winkel *dae* gleich 5° 7′; der ganze Winkel *eal*



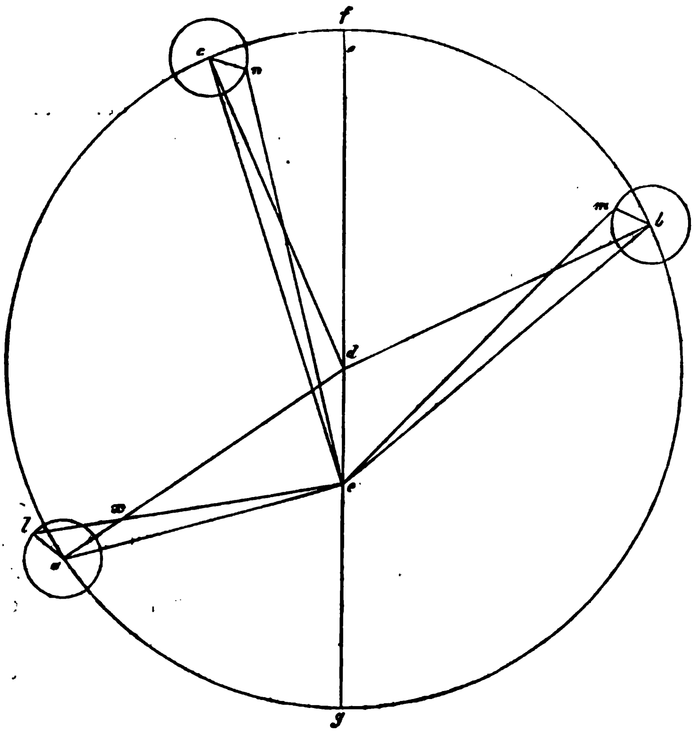
also gleich 46° 40′[408]). Ebenso ist in dem Dreiecke *eal* der Winkel *eal* und die beiden Seiten *ae* gleich 11172 und *al* gleich 500, wenn *ad* gleich 10000, gegeben; daraus folgt der Winkel *ael* gleich 1° 56′, welcher zu dem Winkel *dae* addirt, als Summe die ganze Differenz zwischen den Winkeln *adf* und *aed* gleich 7° 3′, und den Winkel *del* gleich 34° 30′[409]) ergiebt. Ebenso ist bei der zweiten Opposition in dem Dreiecke *bde* der Winkel *bde* gleich 139° 49′ und die Seite *de* gleich 1500, während *bd* gleich 10000; es ergeben sich daraus: die Seite *be* gleich 11188, der Winkel *bed* gleich 35° 13′ und der dritte Winkel *dbe* gleich 4° 58′. Der ganze Winkel *ebm* ist also gleich 45° 13′, und dieser wird von den gegebenen Seiten *be* und *bm* eingeschlossen, woraus folgt, dass Winkel *bem* gleich 1° 53′ und der dritte Winkel *dem* gleich 33° 20′. Der ganze Winkel *lem* ist also gleich 67° 50′, unter diesem Winkel ist auch die Bewegung des Planeten von der ersten zur zweiten Opposition beobachtet, und die Rechnung stimmt also mit der Erfahrung überein. Bei der dritten Opposition liefern wiederum in dem Dreiecke *cde*, die gegebenen Seiten *cd* und *de* und der eingeschlossene Winkel *cde* gleich 44° 21′, die Basis *ce* gleich 8988, während *cd*[410]) gleich 10000, und *de* gleich 1500, und den Winkel *ced* gleich 128° 57′[411]), und auch den dritten Winkel *dce* gleich 6° 42′. Daher ergiebt sich auch wieder in dem Dreiecke *cen* der ganze Winkel *ecn* gleich 142° 21′[412]), zwischen bekannten Seiten eingeschlossen, und daraus auch der Winkel *cen* gleich 1° 52′. Es bleibt also für die dritte Opposition der Winkel *ned* gleich 127° 5′[413]). Es ist aber schon gezeigt, dass *dem* gleich 33° 20′, folglich ist *men* gleich 93° 45′. Und dies ist der erscheinende Winkel zwischen der zweiten und dritten Opposition, wobei ebenfalls die Berechnung mit der Beobachtung genügend übereinstimmt. Da aber bei der letzten Opposition des Mars, der Planet in 235° 54′ gesehen wurde, und vom Apogeum des excentrischen Kreises, wie bewiesen, um 127° 5′ abstand: so war der Ort des Apogeums des Mars in 108° 50′ in Bezug auf die Fixsternsphäre. Nun werde um den Mittelpunkt *e* die Erdbahn *rst* beschrieben, und der Durchmesser *ret* parallel mit *dc* gezogen, so dass *r* das Apogeum der Parallaxe und *t* das Perigeum ist. Da also der Planet in der Richtung *ex*, in 235° 54′ der Länge gesehen wurde, und der Winkel *dxc*, als der Unterschied zwischen der gleichmässigen und der erscheinenden Bewegung, gleich 8° 34′ nachgewiesen ist: so beträgt die mittlere Bewegung 244° 30′. Der Winkel *dxe* ist aber gleich dem Centriwinkel *set*, also ist auch dieser gleich 8° 34′. Wenn man aber den Bogen *st*, gleich 8° 34′, vom Halbkreise abzieht: so erhält man die mittlere parallactische Bewegung des Planeten, als den Bogen *rs* gleich 171° 26′. Und so haben wir auch hier, durch unsere Annahme von der Bewegung der Erde abgeleitet: dass im 2ten Jahre des Antoninus am 12ten Tage des ägyptischen Monats Epiphi, 10 gleichmässige Stunden nach Mittag, der Planet Mars nach seiner mittleren Bewegung der Länge in 244° 30′, und nach der parallactischen Anomalie in 171° 26′ stand.



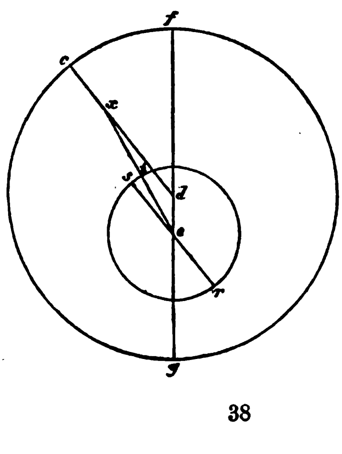
Capitel 16.

Ueber drei andere neuerlich beobachtete Oppositionen des Planeten Mars.

Auch mit diesen Ptolemäischen Beobachtungen des Mars, haben wir drei andere verglichen, welche wir nicht ohne Sorgfalt ausgeführt haben. Die erste im Jahre Christi 1512 am 5ten Juni eine Stunde nach Mitternacht. Der Ort des Mars wurde in 235° 33′ gefunden, insofern die Sonne auf der entgegengesetzten Seite, um 55° 33′ vom ersten Stern des Widders, als von dem Anfange der Fixsternsphäre abstand. Die zweite war im Jahre Christi 1518 den 12ten December 8 Stunden nach Mittag, und fand sich der Planet in 63° 2′. Die dritte war aber im Jahre Christi 1523 den 22sten Februar 7 Stunden vor Mittag in 133° 20′. Es liegen also zwischen der ersten und zweiten 6 ägyptische Jahre 191 Tage 45ᴵ; zwischen der zweiten und dritten 4 Jahre 72 Tage 23ᴵ. Die erscheinende Bewegung war im ersten Zeitraume 187° 29′, die gleichmässige aber 168° 7′; im zweiten Zeitraume war die erscheinende Bewegung 70° 18′ und die gleichmässige 83°. Es werde wieder der excentrische Kreis des Mars construirt, nur dass *ab* jetzt gleich 168° 7′ und *bc* gleich 83° ist. In derselben Weise (um die Weitläufigkeit, Umständlichkeit und den Ueberdruss jener Berechnungen mit



Stillschweigen zu übergehen) wie beim Saturn und Jupiter haben wir endlich gefunden, dass das Apogeum beim Mars in dem Bogen *bc* liegt. Denn dass es nicht in *ab* liegen konnte, war daraus klar, dass die erscheinende Bewegung um 19° 22′ grösser war, als die mittlere; und wiederum, dass es nicht in *ca* lag, ergab sich daraus, dass, obgleich die mittlere Bewegung in *bc* weniger vorrückte, dennoch dieselbe die erscheinende Bewegung um mehr übertraf, als in *ca;* wie aber oben bewiesen ist, findet im excentrischen Kreise in der Gegend des Apogeums eine kleinere oder langsamere Bewegung statt. Folglich liegt wirklich das Apogeum im Bogen *bc*, dasselbe sei *f*, und *fdg* möge der Durchmesser des Kreises sein, in welcher Linie auch der Mittelpunkt der Erdbahn liege. Wir haben nun gefunden, dass *fca* gleich 125° 29′, folglich *bf* gleich 66° 18′ und *fc* gleich 16° 36′ ist. Im Uebrigen aber ist die Distanz *de* gleich 1460, wenn der Radius *df* gleich 10000, und der Halbmesser des Epicykels gleich 500. Hieraus erweist sich die gegenseitige Abhängigkeit der erscheinenden und der gleichmässigen Bewegung, und ihre vollständige Uebereinstimmung mit den Beobachtungen. Es werde also die Figur wie früher vervollständigt. Da nun im Dreiecke *ade* die beiden Seiten *ad* und *de* nebst dem Winkel *ade*, welcher als Abstand des Mars vom Perigeum bei seiner ersten Opposition gleich 54° 31′ ist, bekannt sind: so ergeben sich die Winkel *dae* gleich 7° 24′ und *aed* gleich 118° 5′, und die dritte Seite *ae* gleich 9229. Es ist aber, nach der Annahme, der Winkel *dal* gleich dem Winkel *fda*, also ist der ganze Winkel *eal* gleich 132° 53′. Daher sind in dem Dreiecke *eal* die beiden Seiten *ea* und *al* und der eingeschlossene Winkel *eal* gegeben, woraus Winkel *ael* gleich 2° 12′ und *led* gleich 115° 53′. Ebenso zeigt sich bei der zweiten Opposition, dass, da in dem Dreiecke *bde* die beiden gegebenen Seiten *db* und *de* den Winkel *bde* gleich 113° 35′ einschliessen, der Winkel *dbe* nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke, gleich 7° 11′ und *deb* gleich 59° 13′, und die Basis *be* gleich 10668, während *db* gleich 10000 und *bm* gleich 500 ist. Der ganze Winkel *ebm* ist daher gleich 73° 36′. Auf diese Weise erweist sich in dem Dreiecke *ebm*, aus dessen beiden gegebenen Seiten und dem eingeschlossenen Winkel, der Winkel *bem* gleich 2° 36′ und *dem* gleich 56° 38′; und daraus, als Aussenwinkel, der Abstand vom Perigeum *meg* gleich 123° 22′. Es ist aber schon gezeigt, dass der Winkel *led* gleich 115° 53′, folglich ist *leg* gleich 64° 7′; und addirt man dies zu dem Winkel *gem:* so findet man 187° 29′, wenn 360° vier Rechte ausmachen, und dieser Winkel stimmt mit dem erscheinenden Abstande der zweiten von der ersten Opposition überein. In gleicher Weise verfährt man bei der dritten Opposition. Es zeigt sich der Winkel *dce* gleich 2° 6′ und die Seite *ce* gleich 11407, während *cd* gleich 10000. Daher ist der ganze Winkel *ecn* gleich 18° 42′, und da auch die Seiten *ce* und *cn* in dem Dreiecke *ecn* gegeben sind, so erweist sich der Winkel *cen* gleich 50′, der zu dem Winkel *dce* addirt 2° 56′ ergiebt; um diese Summe ist der erscheinende Winkel *den* kleiner, als derjenige der gleichmässigen Bewegung, *fdc*. Folglich ist *den* gleich 13° 40′, was auch dem beobachteten erscheinenden Abstande zwischen der zweiten und dritten Opposition ungefähr entspricht. Da nun, wie wir angegeben haben, der Planet Mars an dieser Stelle um 133° 20′ vom Kopfe des Widders abstehend beobachtet wurde, und der Winkel *fen* gleich 13° 40′ nachgewiesen ist: so ergiebt sich, wenn man zurückrechnet, dass der Ort des Apogeums des excentrischen Kreises, bei dieser letzten Beobachtung in 119° 40′ der Fixsternsphäre lag. Diesen Ort fand Ptolemäus zur Zeit des Antoninus in 108° 50′; also ist derselbe bis auf uns um 10° 50′ rechtläufig fortgerückt. Den Abstand der Mittelpunkte haben wir um 40 solcher Theile kleiner gefunden, von denen auf den Radius des excentrischen Kreises 10000 kommen. Nicht als ob Ptolemäus oder wir uns geirrt hätten, sondern zum sicheren Beweise, dass der Mittelpunkt der Erdbahn sich dem Mittelpunkte der Marsbahn genähert hat, während die Sonne unbeweglich geblieben ist. Es steht dies in gegenseitiger Abhängigkeit, wie sich unten auf das Klarste zeigen wird. Nun werde die Jahresbahn der Erde um den Mittelpunkt *e* beschrieben und der Durchmesser *ser* parallel mit *cd* gezogen, dann ist *r* das gleichmässige Apogeum in Bezug auf den Planeten und *s* das Perigeum, in *t* steht die Erde. Die verlängerte Linie *et*, in welcher der Planet gesehen wird, schneidet *cd* in *x*; in dieser Linie, also in *x*, wurde der Planet in 133° 20′ der Länge, wie bei der letzten Opposition angegeben ist, beobachtet. Der Winkel *dxe* ist, wie nachgewiesen, gleich 2° 56′, er ist nämlich die Differenz, um welche



der mittlere Winkel *xdf* grösser ist, als der erscheinende Winkel *xed*. Der Winkel *set* ist aber gleich dem Winkel *dxe*, als Wechselwinkel, und macht zugleich die parallactische Prosthaphärese aus; zieht man dieselbe von dem Halbkreise ab: so bleiben 177° 4′ als gleichmässige parallactische Anomalie, von dem gleichmässigen Apogeum *r* aus gerechnet. So dass wir auch hier nachgewiesen haben, dass im Jahre Christi 1523 den 22sten Februar 7 Aequinoctialstunden vor Mittag, der Planet Mars seiner mittleren Bewegung nach in 136° 16′ der Länge, seiner gleichmässigen parallactischen Anomalie nach in 177° 4′ stand, und dass die grösste Abside des excentrischen Kreises in 119° 40′ lag; was wir zu zeigen hatten.

Capitel 17.

Bestätigung der Bewegung des Mars.

Es hatte sich oben gezeigt, dass Mars bei der letzten der drei Beobachtungen des Ptolemäus, seiner mittleren Bewegung nach, in 244° 30′, und seiner parallactischen Anomalie nach, in 171° 26′ sich befand. Also sind in der Zwischenzeit, ausser den ganzen Umläufen, 5° 38′ erwachsen. Von dem zweiten Jahre des Antoninus, dem 12ten Tage des 11ten ägyptischen Monats Epiphi, 9 Stunden nach Mittag, d. h. 3 Aequinoctialstunden vor Mitternacht des folgenden Tages, in Bezug auf den Meridian von Krakau, bis zum Jahre Christi 1523 den 22sten Februar 7 Stunden vor Mittag, sind 1384 ägyptische Jahre 251 Tage 19^{I} verflossen. In dieser Zeit kommen, nach der oben gegebenen Berechnung zu den 648 ganzen Umläufen der parallactischen Anomalie 5° 38′ hinzu. Die vermeintliche gleichmässige Bewegung der Sonne beträgt aber 257° 30′; zieht man davon die 5° 38′ der parallactischen Bewegung ab, so bleiben 251° 52′, als mittlere Bewegung des Mars, was Alles mit demjenigen nahe übereinstimmt, was oben entwickelt ist.

Capitel 18.

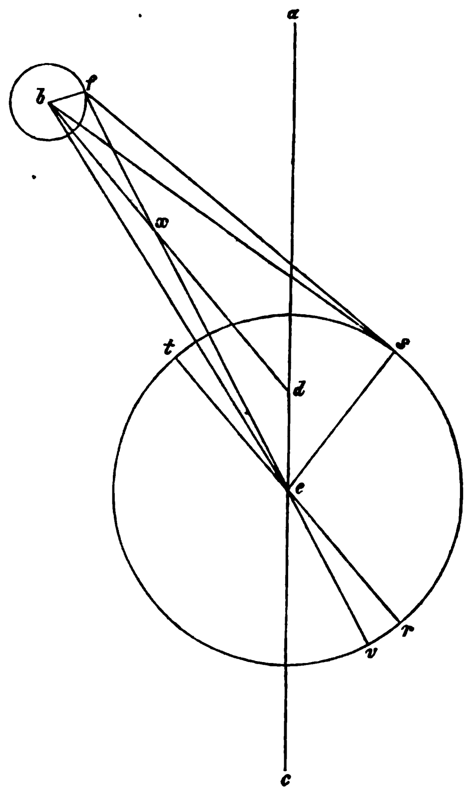
Feststellung der Oerter des Mars.

Man zählt vom Anfange der Jahre Christi bis zum 2ten Jahre des Antoninus dem 12ten Tage des ägyptischen Monats Epiphi 3 Stunden vor Mitternacht, 138 ägyptische Jahre 180 Tage 52^{I}. Die parallactische Bewegung beträgt in dieser Zeit 293° 4′; zieht man diese von den 171° 26′ der letzten Ptolemäischen Beobachtung ab, so bleiben, indem sich die Anzahl der ganzen Umläufe ändert, 238° 22′ für das erste Jahr Christi um Mitternacht des ersten Januar. Von der ersten Olympiade bis hierher sind es 775 ägyptische Jahre 12 Tage 30^{I}, in welcher Zeit die parallactische Bewegung gleich 254° 1′ ist; zieht man dies von 238° 22′ ab: so bleibt, indem sich ebenfalls die Anzahl der ganzen Umläufe ändert, als Ort der Olympiaden: 344° 21′. Durch eine gleiche Berechnung der Bewegung für die andern Zwischenzeiten erhalten wir als Ort Alexanders 120° 39′, und als Ort Cäsars 111° 25′.

Capitel 19.

Wie viel die Marsbahn in solchen Theilen beträgt, von denen die Erdbahn einen darstellt.

Hierzu haben wir eine Conjunction des Mars mit dem ersten hellen Sterne der Waage, welcher die südliche Schale genannt wird[414]), beobachtet; dieselbe trat im Jahre Christi 1512 den 1sten Januar ein. Wir fanden Morgens 6 Aequinoctialstunden vor dem Mittage dieses Tages, dass Mars um den vierten Theil eines Grades von jenem Fixsterne gegen den Aufgang der im Solstitium stehenden Sonne abstand, wodurch angezeigt wurde, dass Mars in rechtläufiger Länge um $^1/_8{}^0$, in nördlicher Breite um $^1/_5{}^0$ von dem Fixsterne getrennt war. Der Ort des Fixsternes ist aber vom ersten Sterne des Widders 191° 20′, mit einer nördlichen Breite von 40′, also war der Ort des Mars in 191° 28′ und seine nördliche Breite 51′. Zu dieser Zeit war aber nach der Berechnung die parallactische Anomalie 98° 28′. Der mittlere Ort der Sonne war 262°, und der mittlere Ort des Mars 163° 32′, seine excentrische Anomalie betrug 43° 52′. Nachdem dies so festgestellt ist, werde der excentrische Kreis *abc* um den Mittelpunkt *d* beschrieben und der Durchmesser *adc* gezogen, so dass *a* das Apogeum und *c* das Perigeum ist. Die Excentricität *de* betrage 1460 Theile, von denen *ad* 10000 enthält. Der Bogen *ab* ist gleich 43° 52′. Um den Mittelpunkt *b* werde mit der Entfernung *bf* gleich 500, deren 10000 auf *ad* kommen, der Epicykel beschrieben, der Winkel *dbf* gleich *adb* gemacht, und die Linien *bd*, *be* und *fe* gezogen. Um den Mittelpunkt *e* werde die Erdbahn *rst* construirt, und der Durchmesser *ret* parallel mit *bd* gezogen; in diesem liegt das parallactische Apogeum des Planeten in *r*, sein entsprechendes Perigeum in *t*. Die Erde sei in *s*, wobei der Bogen *rs*, gemäss der berechneten gleichmässigen parallactischen Anomalie, gleich 98° 28′ ist. Die grade Linie *fe* werde über *e* hinaus nach *v* verlängert, dieselbe schnei-



det *bd* im Punkte *x*, und den concaven Bogen der Erdbahn im Punkte *v*; hier liegt das wahre parallactische Apogeum. Da nun in dem Dreiecke *bde* die beiden Seiten *de* gleich 1460 und *bd* gleich 10000, nebst dem eingeschlossenen Winkel *bde* gleich 136° 8′, als Nebenwinkel des Winkels *adb* gleich 43° 52′, gegeben sind: so ergiebt sich die dritte Seite *be* gleich 11097 derselben Theile, und der Winkel *dbe* gleich 5° 13′. Der Winkel *dbf* ist aber gleich dem Winkel *adb*, nach der Voraussetzung: also ist der ganze Winkel *ebf* gleich 49° 5′, und dieser ist von den bekannten Seiten *eb* und *bf* eingeschlossen, deshalb ist der Winkel *bef* gleich 2°, und die Seite *fe* gleich 10776, während *db* gleich 10000. Daher ist der Winkel *dxe* gleich 7° 13′, als gleich der Summe der beiden inneren gegenüberliegenden Winkel *xbe* und *xeb*. Dies ist die abzuziehende Prosthaphärese, um welche der Winkel *adb* grösser als der Winkel *xed*, oder: der mittlere Ort des Mars grösser als der wahre ist. Der mittlere Ort ist aber zu 163° 32′ berechnet, also ist der wahre in 156° 19′. Er wurde aber bei der Beobachtung von *s* aus in 191° 28′ gesehen, also beträgt seine rechtläufige Parallaxe 35° 9′. Folglich ist der Winkel *efs* gleich 35° 9′. Da aber *rt* parallel *bd*, so ist der Winkel *dxe* gleich *rev*, und also der Bogen *rv* ebenfalls gleich 7° 13′, also der ganze Bogen *vrs* gleich 105° 41′, als ausgeglichene parallactische Anomalie. Hieraus ergiebt sich der Winkel *ves*, als Aussenwinkel des Dreiecks *fes*, und folglich ist auch der innere gegenüberliegende Winkel *fse* gleich 70° 32′, und zwar alle Winkel so angegeben, dass 180° zwei Rechte betragen. In einem Dreiecke von gegebenen Winkeln ist auch das Verhältniss der Seiten gegeben, also *fe* gleich 9428, *es* gleich 5757, wenn der Radius des um das Dreieck beschriebenen Kreises 10000 beträgt. Ist aber *ef* gleich 10776, so wird *es* gleich 6580, während *bd* gleich 10000, — entsprechend dem von Ptolemäus Gefundenen, und fast damit gleich. Die ganze Linie *ade* wird aber gleich 11460, und der Rest *ec* gleich 8540 derselben Theile. Zieht man von dem Ersten den Radius des Epicykels gleich 500 ab, so wird die grösste Abside gleich 10960; addirt man dieselbe Grösse zu dem Letzteren, so wird die kleinste Abside gleich 9040. Nimmt man daher den Halbmesser der Erdbahn zur Einheit, so haben wir für das Apogeum, als grösste Entfernung des Mars 1. 39^{I} 57^{II}, für das Perigeum 1. 22^{I} 26^{II} und als mittlere Entfernung 1. 31^{I} 11^{II}. So ist denn auch für den Mars die Grösse der Bewegung und der Entfernung durch sichere Schlussfolge aus der Bewegung der Erde entwickelt.

Capitel 20.

Ueber den Planeten Venus.

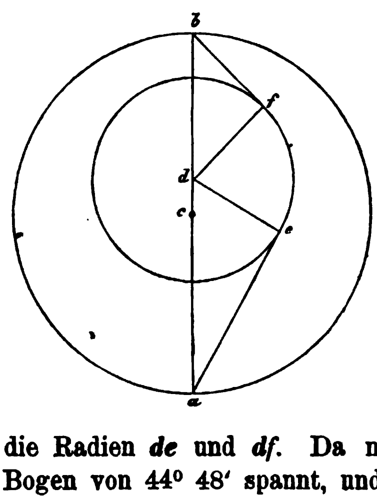
Nachdem die Bewegungen der drei oberen, ausserhalb der Erdbahn umlaufenden Planeten, Saturn, Jupiter und Mars, entwickelt sind, haben wir nun von denen zu sprechen, welche die Erdbahn umschliesst, und zwar zuerst von der Venus, welche eine leichtere und klarere Darlegung ihrer Bewegung zulässt, als jene, wenn nur die nöthigen Beobachtungen einiger Oerter nicht fehlen. Werden nämlich die grössten Entfernungen derselben von dem mittleren Orte der Sonne auf beiden Seiten, des Morgens und des Abends, einander gleich gefunden: so können wir mit Sicherheit schliessen, dass in der Mitte zwischen jenen beiden Oertern der Sonne, die grösste oder kleinste Abside des excentrischen Kreises der Venus liege; und diese beiden lassen sich danach von einander unterscheiden, dass gleiche Bewegungen am Apogeum kleiner, am Perigeum grösser erscheinen. Für die übrigen Oerter endlich wird aus den Differenzen, um welche sie sich von einander unterscheiden, zweifellos erkannt, um wie viel sie von der grössten oder kleinsten Abside der Venusbahn entfernt sind, und wie gross die Excentricität derselben ist; wie dies Ptolemäus auf das Deutlichste dargestellt hat: so dass es nicht nöthig gewesen wäre, dies im Einzelnen zu wiederholen, ausser insofern die Beobachtungen des Ptolemäus selber, unsrer Annahme von der Bewegung der Erde angepasst werden müssen. Als erste dieser Beobachtungen nahm er, wie er sagt[415]) diejenige, welche der Alexandriner Mathematiker Theon, im Jahre 16 Hadrian's den 21sten Pharmuthi, in der ersten Stunde der folgenden Nacht anstellte; und dies war im Jahre Christi 132 den 8ten März in der Abenddämmerung[416]). Venus wurde in ihrem grössten östlichen Abstande, von dem mittleren Orte der Sonne um 47° 15′ entfernt, gesehen; während eben dieser mittlere Ort der Sonne nach der Berechnung in 337° 41′ der Fixsternsphäre lag. Hierzu fügte er eine andere eigene Beobachtung, welche er nach seiner Angabe im 4ten Jahre des Antoninus den 12ten Thoth bei anbrechendem Tage anstellte; also im Jahre Christi 140[417]) bei der Morgendämmerung des 30sten Juli, wo, wie er sagt, die äusserste Grenze der Abweichung der Venus, als Morgensterns, von dem mittleren Orte der Sonne wieder 47° 15′, wie damals, gewesen ist. Der mittlere Ort der Sonne lag aber in 119° der Fixsternsphäre, und vorher hatte er in 337° 41′ gelegen. Also liegen die mittleren Oerter der Absiden zwischen diesen in der Mitte, nämlich in 48° 20′ und 228° 20′[418]) einander gegenüber; addirt man zu Beiden 6° 40′ als die Präcession der Nachtgleichen, so erhält man 25° vom Stier und vom Scorpion, wie Ptolemäus angiebt; und hier mussten sich die grösste und die kleinste Abside der Venus gegenüberliegen. Zur weiteren Bestätigung dieser Thatsache, nahm er noch eine Beobachtung des Theon aus dem 4ten Jahre Hadrians bei der Morgendämmerung des 20sten Athyr, das war im Jahre 119 nach Christi Geburt den 12ten October früh[419]), wo Venus wieder in ihrer grössten Entfernung von 47° 32′, von dem mittleren Orte der Sonne, welcher in 191° 13′ war, stand. Hiermit verband er seine eigene Beobachtung aus dem Jahre 21 Hadrians oder dem Jahre Christi 136, am 9ten Tage des ägyptischen Monats Mechir, also nach römischem Kalender den 25ten December, in der ersten Stunde der folgenden Nacht, wo der östliche Abstand wieder zu 47° 32′, von der mittleren Sonne in 265° gefunden wurde. Bei der vorangegangenen Beobachtung des Theon war aber der mittlere Ort der Sonne in

191° 13′. Zwischen diesen fallen wieder die mittleren Oerter ungefähr in 48° 20′ und 228° 20′, und hier mussten das Apogeum und das Perigeum liegen, d. h. nach dem Frühlingspunkte in 25° vom Stier und vom Scorpion. Diese Absiden unterschied er wieder durch folgende beiden anderen Beobachtungen von einander. Die erste von Theon im Jahre 13 Hadrians den 3ten Tag des Monats Epiphi, im Jahre Christi aber 129 den 21sten Mai bei der Morgendämmerung, wo er die äusserste westliche Abweichung der Venus zu 44° 48′ fand, während die mittlere Bewegung der Sonne 48° 50′ und die erscheinende Bewegung der Venus 4°, in Bezug auf die Fixsternsphäre, betrug. Die zweite stellte Ptolemäus selbst an im Jahre 21 Hadrians am 2ten Tage des ägyptischen Monats Tybi, wofür wir erhalten das 136ste römische Jahr nach Christi Geburt den 28sten December in der ersten Stunde der Nacht[420]). Die Sonne war in ihrer mittleren Bewegung in 228° 54′, und von derselben war Venus bei ihrer grössten östlichen Abweichung um 47° 16′ entfernt, da ihre erscheinende Bewegung 276° 10′ betrug. Hiernach sind die Absiden von einander unterschieden, nämlich die grösste liegt in 48° 20′, wo die seitlichen Abweichungen der Venus am kleinsten erscheinen, und die kleinste Abside liegt in 228° 20′, wo die Abweichungen am grössten erscheinen, und dies hatten wir nachzuweisen.

Capitel 21.

In welchem Verhältnisse die Durchmesser der Erd- und Venusbahn zu einander stehen.

Hieraus ergiebt sich auch ferner das Verhältniss der Durchmesser der Erd- und Venusbahn. Man construire nämlich die Erdbahn *ab* um den Mittelpunkt *c*, ihr Durchmesser *acb* gehe durch die beiden Absiden; in demselben werde *d* als Mittelpunkt der Venusbahn, welche zum Kreise *ab* excentrisch ist, angenommen. Es sei aber *a* der Ort des Apogeums, so dass die Erde, wenn sie sich hier befindet, von dem Mittelpunkte der Venusbahn am weitesten absteht, während *ab* selbst, die Linie der mittleren Bewegung der Sonne, mit *a* auf 48° 20′ und mit *b* auf 228° 20′ gerichtet ist. Man ziehe die geraden Linien *ae* und *bf*, als Tangenten an die Venusbahn in den Punkten *e* und *f*, und

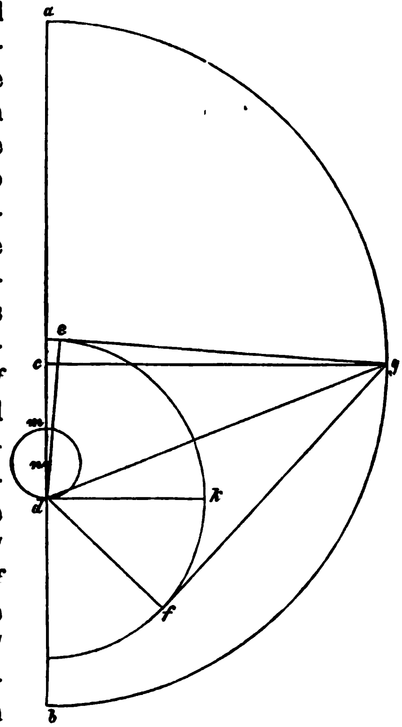


die Radien *de* und *df*. Da nun der Winkel *dae* als Centriwinkel einen Bogen von 44° 48′ spannt, und der Winkel *aed* ein Rechter ist, so sind die Winkel des Dreiecks *dae*, und also auch die Seiten desselben gegeben, nämlich *de*, als halbe Sehne des doppelten Winkels *dae* gleich 7046, wenn *ad* gleich 10000. In derselben Weise ist in dem rechtwinkligen Dreiecke ***bdf***, der Winkel ***dbf*** gleich 47° 20′ gegeben, also wird auch ***df*** gleich 7346, wenn ***bd*** gleich 10000, woraus folgt, dass, wenn man ***df*** gleich ***de*** gleich 7046 nimmt, ***bd*** gleich 9582 wird; also die ganze Linie ***acb*** gleich 19582 und ***ac***, als Hälfte, gleich 9791, also ***cd*** gleich 209. Wenn aber ***ac*** gleich 1, so ist ***de*** gleich 0. 43^{I} 10^{II} und ***cd*** gleich 0. 1^{I} 15^{II}; und wenn ***ac*** gleich 10000, so ist ***df*** gleich 7193 und ***cd*** gleich 213, was nachzuweisen war[421]).

Capitel 22.

Ueber die doppelte Bewegung der Venus.

Um den Punkt ***d*** ist jedoch die gleichmässige Bewegung der Venus nicht einfach, was sich vorzüglich aus zweien Beobachtungen des Ptolemäus[422]) erweist, von denen er die erste im 18ten Jahre Hadrians am 2ten Tage des ägyptischen Monats Pharmuthi anstellte. Das war nach römischem Kalender das Jahr 134 nach Christo den 18ten Februar bei anbrechendem Tage. Damals war die mittlere Bewegung der Sonne 318° 50′. Venus erschien als Morgenstern in 275° 15′ der Ekliptik und hatte die Grenze ihrer grössten Abweichung von 43° 35′ erreicht. Die zweite Beobachtung machte er im 3ten Jahre des Antoninus am vierten Tage desselben ägyptischen Monats Pharmuthi; das war nach römischem Kalender das Jahr 140 nach Christo den 18ten Februar in der Abenddämmerung. Damals war der mittlere Ort der Sonne auch in 318° 50′, und Venus stand von derselben in ihrer grössten östlichen Entfernung um 48° 20′ ab, sie befand sich aber in 7° 50′ der Länge. Nach diesen Feststellungen nehme man an, die Erde stehe in ihrer Bahn im Punkte ***g***, so dass ***ag*** ein Kreisquadrant ist, und um diesen war bei beiden Beobachtungen die Sonne nach ihrer mittleren Bewegung dem Apogeum des excentrischen Kreises der Venus voraus. Nun ziehe man ***gc*** und damit parallel ***dk***, ferner die Tangenten, ***ge*** und ***gf*** an die Venusbahn, endlich noch ***de***, ***df*** und ***dg***. Da nun der Winkel ***egc*** als die westliche Abweichung bei der ersten Beobachtung gleich 43° 35′ und ***cgf*** als die östliche Abweichung bei der zweiten gleich 48° 20′ war, und sich beide zu dem Winkel ***egf*** gleich 91° 55′ summiren, so ist die Hälfte davon, oder der Winkel ***dgf*** gleich 45° 57′ 30″ und ***cgd*** gleich 2° 23′. Aber der Winkel ***dcg*** ist ein Rechter, also sind in dem



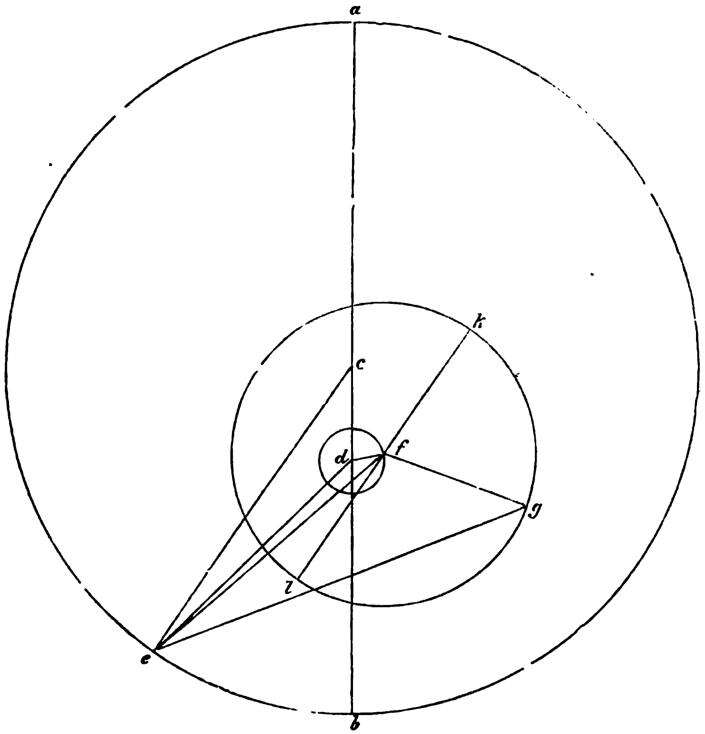
Dreiecke *cgd* die Winkel, und also auch das Verhältniss der Seiten gegeben, und *cd* ist gleich 416, wenn *cg* gleich 10000. Vorhin ist aber bewiesen, dass dieser Abstand der Mittelpunkte gleich 208 derselben Theile war, also ist derselbe jetzt doppelt so gross. Halbirt man daher *cd* im Punkte *m*, so ist *dm* gleich 208 als ganze Differenz dieses Hin- und Herganges; und halbirt man diese Differenz wieder im Punkte *n*, so scheint dieser Punkt der mittlere Ort oder der Punkt der gleichmässigen Bewegung zu sein. Es kommt also wie bei den drei oberen Planeten, auch bei der Venus eine Bewegung vor, welche aus zweien gleichmässigen zusammengesetzt ist, mag dieselbe in einem excentrischen Epicykel, wie dort, vor sich gehen, oder in einer andern der früher bezeichneten Weisen. Jedoch hat dieser Planet etwas von Jenen Verschiedenes in dem Gesetze und dem Maasse dieser Bewegungen, und dies wird, denke ich, leichter und bequemer an einem excentrischen Kreise eines excentrischen Kreises nachgewiesen. Wir beschreiben also um den Mittelpunkt *n* mit dem Radius *dn* einen kleinen Kreis und nehmen an, dass die Kreisbahn der Venus in der Peripherie desselben herumgeführt und dadurch verändert wird, und zwar nach dem Gesetze: dass, so oft die Erde in den Durchmesser *acb* kommt, in welchem die grösste und kleinste Abside des excentrischen Kreises liegt, der Mittelpunkt der Kreisbahn des Planeten immer in der kleinsten Entfernung, d. h. im Punkte *m*, sich befindet. Bei den mittleren Absiden aber, wie in *g*, kommt der Mittelpunkt der Kreisbahn in den Punkt *d*, und gelangt also zu seiner grössten Entfernung *cd*. Hieraus lässt sich einsehen, dass in der Zeit, in welcher die Erde einmal ihre Kreisbahn durchläuft, der Mittelpunkt der Kreisbahn des Planeten zwei Umläufe um den Mittelpunkt *n* vollendet, und zwar in demselben Sinne, wie die Erde, d. h. rechtläufig. Durch eine solche Annahme über die Venus, stehen, bei jedem Beispiele, die gleichmässige und die erscheinende Bewegung im Einklange, wie sich bald zeigen wird. Alles das aber, was bisher über die Venus entwickelt ist, zeigt sich auch für unsere Zeiten so weit in Uebereinstimmung, als nur der ganze Abstand, welcher früher 416 Theile betrug, fast um seinen sechsten Theil abgenommen hat, und jetzt 350 Theile enthält, was uns viele Beobachtungen lehren.[423])

Capitel 23.

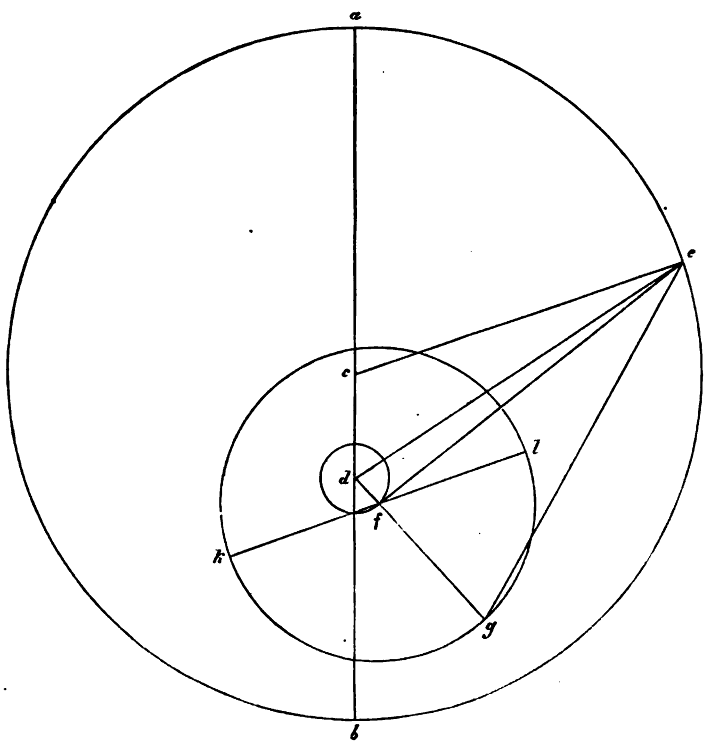
Ueber die Prüfung der Bewegung der Venus.

Unter diesen heben wir zwei sehr sorgfältig beobachtete Oerter hervor; den einen von Timochares beobachtet im Jahre 13 des Ptolemäus Philadelphus, also im Jahre 52 nach Alexanders Tode, bei anbrechendem 18ten Tage des ägyptischen Monats Mesori[424]), wovon berichtet wird, dass Venus den Vorangehenden von den vier Fixsternen am linken Flügel der Jungfrau bedeckt habe; es ist dieser der sechste Stern in der Beschreibung jenes Sternbildes, welcher eine Länge von 151^0 $30'$, eine nördliche Breite von

1° 10′ und die dritte Grösse hat. Es war daher auch der Ort der Venus selbst hierdurch bestimmt. Der mittlere Ort der Sonne war aber nach der Berechnung 194° 23′. Für dieses Beispiel wird, während in der construirten Figur der Punkt *a* in 48° 20′ liegt, der Bogen *ae* = 146° 3′, der Rest *be* = 33° 57′ und der Winkel *ceg*, des Abstandes des Planeten vom mittleren Orte der Sonne, = 42° 53′. Da nun die Linie *cd* 312 solcher Theile enthält, von denen auf *ce* 10000 kommen, und der Winkel *bce* = 33° 57′ beträgt: so sind in dem Dreiecke *cde* der Winkel *ced* = 1° 1′ und die dritte Seite *de* = 9743. Der Winkel *cdf* ist aber doppelt so gross, als der Winkel *bce*,



also gleich 67° 54′, es bleibt also als Rest vom Halbkreise, der Winkel *bdf* gleich 112° 6′, und der Winkel *bde*, als Aussenwinkel des Dreiecks *cde*, gleich 34° 58′[425]. Daraus summirt sich der ganze Winkel *edf* zu 147° 4′[426]) und *df* ist gleich 104, wenn *de* gleich 9743; folglich wird in dem Dreiecke *def* der Winkel *def* gleich 20′, der ganze Winkel *cef* gleich 1° 21′, und die Seite *ef* gleich 9831[427]). Nun war aber schon der ganze Winkel *ceg* gleich 42° 53′, also ist der Rest *feg* gleich 41° 32′ und der Radius der Bahn *fg* ist gleich 7193, wenn *ef* gleich 9831; also ergeben sich in dem Dreiecke *efg* aus dem gegebenen Verhältnisse der Seiten und aus dem Winkel *feg* die übrigen Winkel, und zwar: *efg* gleich 72° 5′[428]) addirt man diesen zu einem Halbkreise: so erhält man 252° 5′, als für den Bogen *klg*, von der grössten Abside der Bahn selbst gerechnet. So haben wir also auch bewiesen, dass im Jahre 13 des Ptolemäus Philadelphus bei anbrechendem 18ten Tage des Monats Mesori die parallactische Anomalie der Venus 252° 5′ betrug. Einen andern Ort der Venus haben wir selbst beobachtet: im Jahre Christi 1529 den 12. März eine Stunde nach Untergang der Sonne, und am Anfange der 8ten Stunde nach Mittag. Wir sahen, dass der Mond mit seinem dunkeln Theile anfing, die Venus zu bedecken, und zwar in gleicher Entfernung von beiden Hörnern. Diese Bedeckung dauerte bis zum, oder etwas nach dem Ende derselben Stunde, wo der Planet an der andern Seite, in der Mitte des convexen westlichen Randes wieder zum Vorschein kam. Es ergiebt sich hieraus, dass die Conjunction der Mittelpunkte von Mond und Venus ungefähr um die Mitte dieser Stunde stattgefunden hat. Diese Erscheinung haben wir in Frauenburg beobachtet. Die Venus war als Abendstern noch im Zunehmen und diesseits der Tangente an ihre Bahn. Seit Christi Geburt waren 1529 ägyptische Jahre 87 Tage 7 Stunden 30 Minuten scheinbare Zeit verstrichen, ausgeglichene aber 7 Stunden 34^m, und der einfache mittlere Ort der Sonne ergiebt sich zu 232^0 $11'$, die Präcession der Nachtgleichen ist 27^0 $24'$, die gleichmässige Bewegung des Mondes von der Sonne 33^0 $57'$, die Bewegung seiner gleichmässigen Anomalie 205^0 $1'$, und die Bewegung der Breite 71^0 $59'$. Hieraus ist der wahre Ort des Mondes gleich 10^0, vom Frühlingsnachtgleichenpunkte aber 7^0 $24'$ des Stiers mit einer nördlichen Breite von 1^0 $13'$ berechnet. Da aber 15^0 der Waage aufgingen, so betrug die Parallaxe des Mondes in Länge $48'$, in Breite $32'$, und daher lag der scheinbare Ort in 6^0 $26'$ des Stiers, in Bezug auf die Fixsternsphäre aber in 9^0 $11'$ Länge, mit einer nördlichen Breite von $41'$; und derselbe erscheinende Ort kommt der Venus, als Abendstern, zu, welche vom mittleren Orte der Sonne um 37^0 $1'$ abstand. Der Abstand der Erde von der grössten Abside der Venus betrug aber 76^0 $9'$. Jetzt werde die Figur nach der vorhergehenden Constructionsweise wieder ausgeführt, nur dass der Bogen *ea* oder der Winkel *eca* 76^0 $9'$ misst. Doppelt so gross ist *cdf*, also gleich 152^0 $18'$[420]), die Excentricität *cd*, wie sie jetziger Zeit gefunden wird, ist gleich 246, und *df* gleich 104, wenn *ce*



gleich 10000. Wir haben also im Dreiecke *cde* den gegebenen Nebenwinkel *dce* gleich 103° 51′, von gegebenen Seiten eingeschlossen, und daraus ergiebt sich der Winkel *ced* gleich 1° 15′, und die dritte Seite *de* gleich 10056, und der Winkel *cde* gleich 74° 54′. Aber *cdf* ist doppelt so gross als *ace*, also 152° 18′, zieht man davon *cde* ab, so bleibt *edf* gleich 77° 24′; also schliessen in dem Dreiecke *def* die beiden Seiten, *df* gleich 104 und *dc* gleich 10056, den gegebenen Winkel *edf* ein, und es ergiebt sich: Winkel *def* gleich 35′, und die dritte Seite *ef* gleich 10034, und hieraus der ganze Winkel *cef* gleich 1° 50′. Da ferner der ganze Winkel *ceg* gleich 37° 1′ ist, und um diesen Winkel der Planet vom mittleren Orte der Sonne abstehend beobachtet wurde, so wird, wenn man davon *cef* abzieht, der Winkel *feg* als Rest gleich 35° 11′. Ferner sind in dem Dreiecke *efg* mit dem gegebenen Winkel bei *e* auch die beiden Seiten *ef* gleich 10034 und *fg* gleich 7193 gegeben, woraus sich die übrigen Winkel *egf* gleich 53° 30′ und *efg* gleich 91° 19′ berechnen, und um diesen letzten Winkel stand der Planet von dem wahren Perigeum seiner Bahn ab. Da aber der Durchmesser *kfl* parallel mit *ce* gezogen, so dass *k* das mittlere Apogeum, *l* das Perigeum ist: so bleibt, wenn man den Winkel *efl* gleich *cef* von *efg* abzieht, der Winkel *lfg*[430]) oder der Bogen *lg* gleich 89° 29′, und der Rest des Halbkreises *kg* gleich 90° 31′ als die parallactische Anomalie des Planeten von der berechneten gleichmässigen grössten Abside seiner Bahn,[429]) welche wir für diese Stunde unserer Beobachtung suchten. Bei der Beobachtung des Timochares war dieselbe aber 252° 5′. In der Zwischenzeit sind also, ausser den 1115 ganzen Umläufen noch 198° 26′[431]) erwachsen. Die Zeit aber von dem 13ten Jahre des Ptolemäus Philadelphus, bei Morgendämmerung des 18ten Mesori, bis zum 1529sten Jahre Christi den 12ten März 7^h 30^m nach Mittag, beträgt 1800 ägyptische Jahre 236^d 40^I. Multipliciren wir daher die Bewegung von 1115^c 198° 26′ mit 365^d und dividiren das Product durch 1800^a 236^d 40^I, so erhalten wir die jährliche Bewegung gleich 225° 1′ 45″ 3‴ 40⁗. Und dies wieder auf 365 Tage vertheilt, giebt eine tägliche Bewegung von 36′ 59″ 28‴. Hiernach ist die oben[432]) gegebene Tafel berechnet.[433])

Capitel 24.

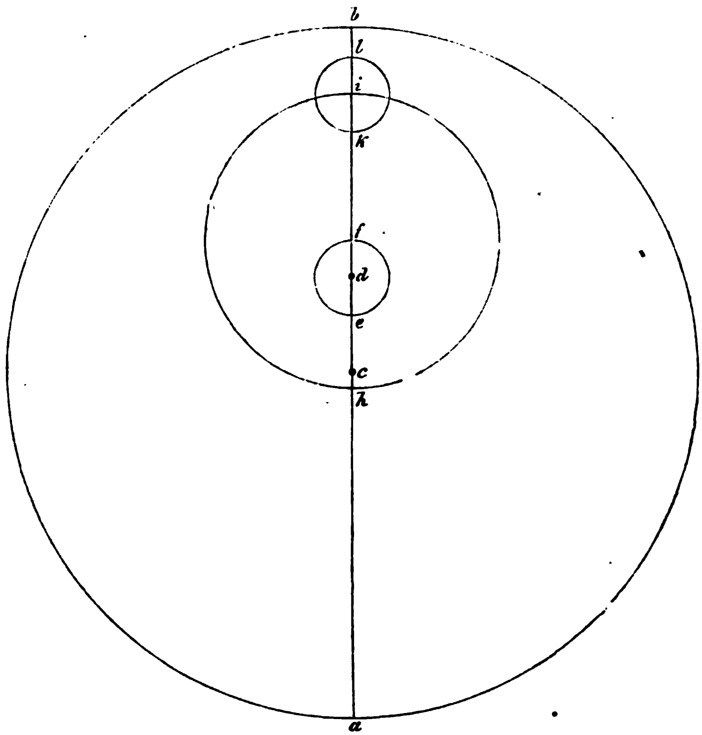
Ueber die Oerter der Anomalie der Venus.

Vom Anfange der Olympiaden bis zum 13ten Jahre des Ptolemäus Philadelphus, bei Morgendämmerung des 18ten Mesori sind 503 ägyptische Jahre 228^d 40^I vergangen. Für diese Zeit berechnet sich die Bewegung auf 290° 39′, zieht man diese von 252° 5′, mit Hinzunahme eines Umlaufes, ab, so bleiben 321° 26′ als Ort der Olympiaden. Hiernach erhält man nach Verhältniss der oft wiederholten Bewegung und Zeit, die übrigen Oerter: für Alexander 81° 52′, für Cäsar 70° 26′, für Christus 126° 45′.

Capitel 25.

Ueber den Merkur.

Auf welche Weise Venus mit der Bewegung der Erde zusammenhängt, und worin die Gleichmässigkeit ihrer Kreise zu finden ist, haben wir gezeigt. Es bleibt noch Merkur übrig, welcher sich ohne Zweifel demselben angenommenen Grundsatze fügen wird, obgleich er sich unter noch mehr Verhüllungen bewegt, als jene, ja als irgend einer von den vorher Besprochenen. Das steht durch die Erfahrung der alten Beobachter fest, dass Merkur seine kleinsten Abweichungen von der Sonne im Zeichen der Waage, grössere auf der entgegengesetzten Seite zeigt, wie das auch in der Ordnung ist; — er erreicht jedoch an diesem letzteren Orte nicht seine grössten, sondern an gewissen anderen, diesseits und jenseits, wie in den Zwillingen und im Wassermann, besonders zur Zeit des Antoninus, nach des Ptolemäus Meinung,[434]) was bei keinem andern Planeten vorkommt. Da die alten Mathematiker, — welche glaubten, dass die Erde unbeweglich sei, und der Merkur sich in einem grossen excentrischen Epicykel bewege, — einsahen, dass ein einziger und einfacher excentrischer Kreis diesen Erscheinungen nicht genügen könne, auch wenn man annähme, dass dieser excentrische Kreis sich nicht um seinen eigenen, sondern um einen fremden Mittelpunkt bewegte: — so sahen sie sich aus jenem Grunde gezwungen, ausserdem anzunehmen, dass derselbe excentrische Kreis, während er den Epicykel leitete, sich auf einem andern kleinen Kreise bewege, wie sie einen solchen bei dem excentrischen Kreise des Mondes angenommen hatten; so dass es also drei Mittelpunkte gab, nämlich erstens denjenigen des den Epicykel leitenden excentrischen Kreises, zweitens den des kleinen Kreises, und drittens den Mittelpunkt desjenigen Kreises, den die Neueren den ausgleichenden nennen. Mit Uebergehung der beiden Ersteren, nahmen sie an, dass der Epicykel nur um den Mittelpunkt des ausgleichenden Kreises sich gleichmässig bewege, welcher doch dem wahren Mittelpunkte und dessen Beziehung, sowie den beiden anderen Mittelpunkten, ganz fremd ist. Auch glaubten sie, dass die Erscheinungen dieses Planeten auf keine andere Weise erhalten werden könnten, wie dies im Almagest[435]) des Ptolemäus weitläufiger auseinandergesetzt ist. Um aber auch diesen letzten Planeten gegen die Unbill und den Vorwurf solcher Verläumder zu vertheidigen, und um bei diesem nicht weniger, als bei den anderen Vorhergehenden, unter der Annahme der Bewegung der Erde, seine Gleichmässigkeit darzuthun: — legen wir ihm, anstatt dessen, was man im Alterthume für einen Epicykel ansah, einen excentrischen Kreis eines excentrischen Kreises bei; aber in etwas anderer Weise, als bei der Venus, und zwar bewegt sich nichtsdestoweniger ein Epicykel auf jenem excentrischen Kreise, bei welchem der Planet nicht in der Peripherie, sondern in dessen Durchmesser sich hin und her bewegt, was ebenfalls aus gleichmässigen Kreisbewegungen herrühren kann, wie das oben bei der Präcession der Nachtgleichen dargethan ist. Und dies kann nicht befremden, da auch Proclus in seiner Erläuterung der Elemente Euklid's behauptet, dass auch durch mehrere Bewegungen, eine grade Linie beschrieben werden könne. Aus allen Diesen werden seine Erscheinungen sich ergeben. Damit aber diese Annahme deutlicher erfasst werde, sei *ab* die grosse Erdbahn, *c* ihr Mittelpunkt, *acb* ihr Durchmesser; in diesem werde zwischen den Punkten *b* und *c* der Punkt *d* als ein Mittelpunkt angenommen, und um denselben mit einem Radius, der ein Drittel von *cd* beträgt, ein kleiner Kreis *ef* beschrieben, so dass in *f* der grösste, in *e* der kleinste Abstand von *c* liegt. Um *f* aber werde die Kreisbahn *ih* des Merkur construirt, und dann um deren grösste Abside *i* noch ein Epicykel hinzugefügt, welchen der Planet durchläuft. Nun werde der Kreis *hi*, welcher ein excentrischer Kreis eines excentrischen Kreises, in Wirklichkeit aber ein excentrischer Epicykel ist. Wenn auf diese Weise die Figur construirt worden, so mögen der Reihe nach alle die Punkte *ahcedfkilb* in eine grade Linie fallen; der Planet aber stehe inzwischen in *k*, d. h. in seinem kleinsten Abstande *kf* vom Mittelpunkte. Wenn so der Anfang der Kreisbewegungen des Merkur festgesetzt ist, so stelle man sich vor, dass der Mittelpunkt *f* auf einen Umlauf der Erde zwei Kreisbewegungen vollendet, und zwar nach derselben Seite wie die Erde, d. h. rückläufig. Ebenso bewege sich auch der Planet in *kl*, aber in dem Durchmesser selbst hin und her, in Bezug auf den Mittelpunkt des Kreises *hi*. Hieraus folgt nämlich, dass so oft die Erde in *a* oder *b* ankommt, der Mittelpunkt der Merkursbahn in dem von *c* entferntesten Punkte *f* sich befindet; wenn aber die Erde in dem mittleren Quadranten steht, so liegt der Mittelpunkt der Merkursbahn, dem *c* am nächsten, in *e*: also in entgegengesetzter Weise, als bei der Venus. Und indem Mer-



kur nach demselben Gesetze den Durchmesser *kl* des Epicykels durchläuft, befindet er sich im Punkte *k*, dem Mittelpunkte des den Epicykel leitenden Kreises am nächsten, wenn die Erde in den Durchmesser *ab* eintritt; und ist Letztere zu beiden Seiten in ihrer mittleren Stellung, so gelangt der Planet zu dem entferntesten Punkte *l*. Auf diese Weise verlaufen für den Mittelpunkt der Bahn auf der Peripherie des kleinen Kreises *ef*, und für den Planeten auf dem Durchmesser *lk*[436]), zwei geschwisterte, einander entsprechende, und mit dem Zeitraume eines Erdenjahres commensurable Bewegungen. Unterdessen bewegt sich aber der Epicykel, oder die Linie *fi*, mit eigener Bewegung in dem Kreise *hi* um dessen Mittelpunkt gleichmässig, ungefähr in 88 Tagen; vollendet auch in Bezug auf die Fixsternsphäre einfach einen Umlauf, kehrt aber mit der Bewegung, um welche diejenige der Erde übertroffen wird, und welche wir die parallactische nennen, in 116 Tagen in dieselbe Lage zurück, wie das genauer aus der Tafel der mittleren Bewegungen entnommen werden kann. Ferner folgt, dass Merkur bei seiner eigenen Bewegung nicht immer dieselbe Kreisperipherie beschreibt, sondern, nach Verhältniss des Abstandes von dem Mittelpunkte seiner Bahn, sehr verschiedene; und zwar die kleinste im Punkte *k*, die grösste in *l*, die mittlere in *i*, fast in derselben Weise, welche man an dem Epicykel des Epicykels beim Monde wahrnehmen kann; denn was beim Monde in der Peripherie, das geschieht beim Merkur im Durchmesser in veränderlicher, jedoch aus gleichmässigen zusammengesetzter Bewegung. Wie dies zugeht, haben wir oben bei der Präcession der Nachtgleichen gezeigt. Wir werden aber hierüber noch einiges Andere und Näheres weiter unten bei den Breiten anführen. Diese Annahme genügt allen Erscheinungen, welche man am Merkur auftreten sieht, was aus der Geschichte der Beobachtungen des Ptolemäus und Anderer deutlich werden wird.

Capitel 26.

Ueber den Ort der grössten und kleinsten Abside des Merkur.

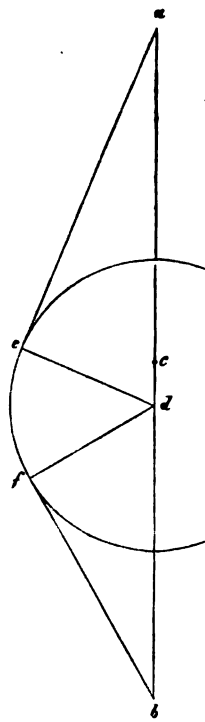
Ptolemäus beobachtete den Merkur im ersten Jahre des Antoninus nach Sonnenuntergang des 20sten Tages des Monats Epiphi,[437]) während der Planet als Abendstern in seiner grössten östlichen Entfernung von dem mittleren Orte der Sonne sich befand. Vom Anfange der Jahre Christi bis zu dieser Zeit waren es aber 137 ägyptische Jahre[438]) 188^d 42^I 30^{II} Krakauer Zeit, und folglich lag der mittlere Ort der Sonne nach unserer Berechnung in 63^0 $50'$, und der Planet wurde durch das Instrument, wie er sagt, in 7^0 des Krebses gesehen. Zieht man davon die Präcession der Nachtgleichen, welche damals 6^0 $40'$ betrug, ab, so war der Ort des Merkur in 90^0 $20'$ vom ersten Sterne des Widders in der Fixsternsphäre; und seine grösste Entfernung von der mittleren Sonne gleich 26^0 $30'$. Eine zweite Beobachtung machte er im 4ten Jahre des Antoninus bei anbrechendem 19ten Tage des Monats Phamenoth[437]), nachdem seit dem Anfange der Jahre Christi

140 ägyptische Jahre und 67^d 12^I ungefähr verstrichen waren, und wobei der mittlere Ort der Sonne in 303° 19′ sich fand. Merkur erschien aber durch das Instrument in 13° 30′ des Steinbocks, vom festen Anfange des Widders aber in 276° 49′ ungefähr. Folglich betrug seine grösste westliche Entfernung 26° 30′. Da also die Grenzen der Abweichung zu beiden Seiten von dem mittleren Orte der Sonne gleich waren, so müssen nothwendig die Absiden des Merkur einander gegenüber in der Mitte zwischen eben diesen Oertern liegen, d. h. zwischen 63° 50′ und 303° 19′[439]), also in 3° 34′ und 183° 34′; hier mussten die grösste und die kleinste Abside Merkurs sich befinden, und man kann dieselben, wie bei der Venus, durch zwei Beobachtungen von einander unterscheiden. Die erste dieser Beobachtungen stellte Ptolemäus im 19ten Jahre Hadrians, bei anbrechendem 15ten Tage des Monats Athyr[437]), an, während der mittlere Ort der Sonne 182° 38′ war; die grösste westliche Entfernung des Merkur von demselben betrug 19° 3′, indem der erscheinende Ort Merkurs in 163° 35′[440]) lag. Und in demselben Jahre Hadrians, welches seit der Geburt Christi das 135ste war[441]) bei der Abenddämmerung des 19ten Tages des ägyptischen Monats Pachon[437]) wurde Merkur mit Hülfe des Instruments in 27° 43′ der Fixsternsphäre gefunden; während die Sonne, ihrer mittleren Bewegung nach, in 4° 28′ stand. Der grösste östliche Abstand des Planeten ergab sich zu 23° 15′, also grösser als vorhin. Woraus hinreichend klar wird, dass das Apogeum Merkurs zu jener Zeit nur in ungefähr 183° 20′ liegen konnte, was zu bemerken war.

Capitel 27.

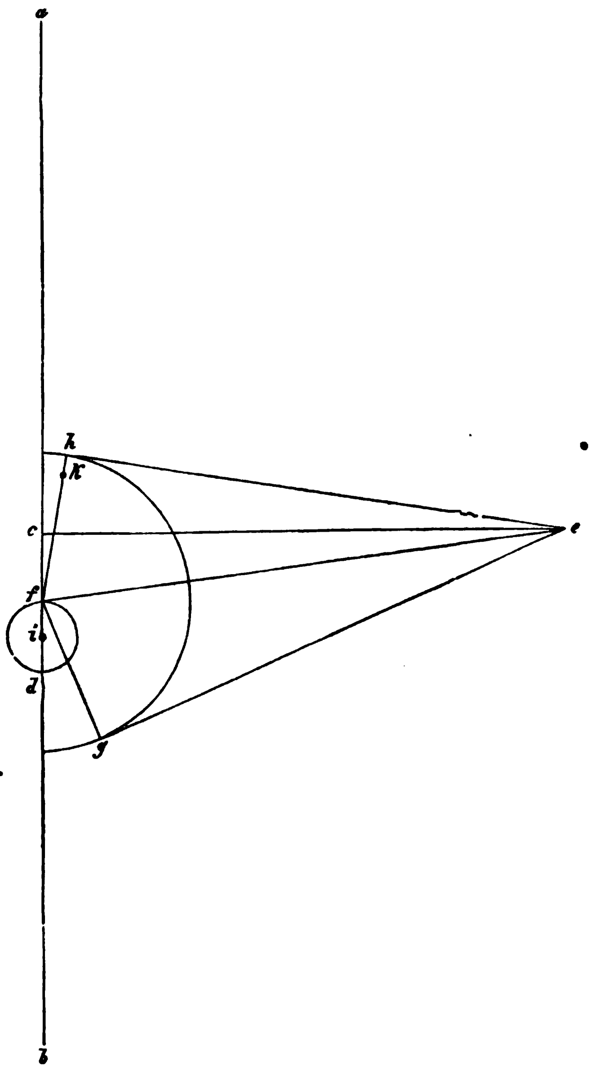
Wie gross die Excentricität des Merkur ist, und welches Verhältniss der Bahnen herrscht.

Hieraus ergeben sich auch zugleich die Entfernung der Mittelpunkte und die Grössen der Kreise. Es schneide die Linie ab die Absiden des Merkur, und zwar bei a die grösste, bei b die kleinste derselben; zugleich stelle dieselbe den Durchmesser der Erdbahn dar, deren Mittelpunkt in c liege. Um den Mittelpunkt d werde die Bahn des Planeten beschrieben. Man ziehe an dieselbe die Tangenten ae und bf, und endlich die Radien de und df. Da nun bei der ersten der beiden letzten Beobachtungen die grösste westliche Abweichung zu 19° 3′ gefunden wurde, so war der Winkel cae gleich 19° 3′. Bei der zweiten Beobachtung aber erschien die grösste östliche Abweichung gleich 23° 15′. Es sind also in den beiden rechtwinkligen Dreiecken aed und bfd wegen der gegebenen Winkel auch die Verhältnisse der Seiten gegeben, so dass, wenn ad gleich 100000[442]), der Radius ed gleich 32639; wenn aber bd gleich 100000[442]) war, so wurde fd gleich 39474 solcher Theile. Da aber fd gleich ed, als Radien eines Kreises und beide gleich 32639, so wird db gleich 82685 solcher Theile, von denen ad 100000 enthält. Daher ist die Hälfte ac gleich 91342, und als Rest die



Entfernung der Mittelpunkte *cd* gleich 8658. Wenn aber *ac* gleich 1, oder gleich 60^{I} wäre, so würde der Radius der Merkursbahn gleich 0. 21^{I} 26^{II} und *cd* gleich 0. 5^{I} 41^{II}. Und wenn *ac* gleich 100000, so ist *df* gleich 35733 und *cd* gleich 9479, was nachzuweisen war. Aber auch diese Grössen bleiben nicht überall dieselben, und zwar sind sie von denen am meisten verschieden, welche in der Gegend der mittleren Absiden stattfinden, was die an diesen Punkten beobachteten westlichen und östlichen Abweichungen lehren, wie solche von Theon und Ptolemäus angegeben werden. Theon beobachtete nämlich die grösste östliche Abweichung Merkurs im Jahre 14 Hadrians am 18ten Tage des Monats Mesori, nach Sonnenuntergang[443]), das sind 129 ägyptische Jahre 216^{d} 45^{I} nach Christi Geburt. Damals war der mittlere Ort der Sonne in 93° 30′, d. h. fast in der mittleren Abside des Merkur. Durch das Instrument wurde aber gemessen, dass der Planet den Basiliskus des Löwen um 3° 50′ voranging, sein Ort war also 119° 45′ und seine östliche Abweichung betrug 26° 15′. Eine andere grösste Abweichung, überliefert Ptolemäus, als von ihm selbst im zweiten Jahre des Antoninus bei anbrechendem 21sten[444]) Tage des Monats Mesori beobachtet; bis zu dieser Zeit waren 138 ägyptische Jahre 219^{d} 12^{I} seit Christus verflossen. Der mittlere Ort der Sonne war ebenfalls 93° 39′, und die grösste westliche Abweichung Merkurs fand er zu 20° 15′. Denn Merkur wurde in 73° 24′ der Fixsternsphäre gesehen. Nun sei, wie vorher *acdb* der durch die Absiden des Merkur gezogene Durchmesser der Erdbahn und im Punkte *c* werde die Linie *ce*, als die Linie der mittleren Bewegung der Sonne rechtwinklig errichtet; um den Punkt *f* zwischen *c* und *d*, werde die Bahn Merkurs beschrieben, an welche die graden Linien *eh* und *eg* Tangenten sein mögen, und endlich werden noch die graden Linien *fg*, *fh* und *ef* gezogen. Es ist wieder die Aufgabe, den Punkt *f* und das Verhältniss zu finden, in welchem der Radius *fg* zu *ac* steht. Da nun der Winkel *ceg* gleich 26° 15′ und der Winkel *ceh* gleich 20° 15′ gegeben ist: so misst der ganze Winkel *heg* 46° 30′, dessen Hälfte *hef* 23° 15′, also der Rest *cef* 3°; folglich sind in dem rechtwinkligen Dreiecke *cef*, die Seiten *cf* gleich 524 und *fe* gleich 10014 solcher Theile, von denen *ce* oder *ac* 10000 enthält. Früher ist aber gezeigt, dass die ganze Linie *cd* gleich 948 derselben Theile ist, wenn die Erde in der grössten oder kleinsten Abside des Planeten steht; die Differenz *df*, als Durchmesser des kleinen Kreises, welchen der Mittelpunkt der Merkursbahn beschreibt, wird also gleich 424, und der Radius *if* gleich 212;

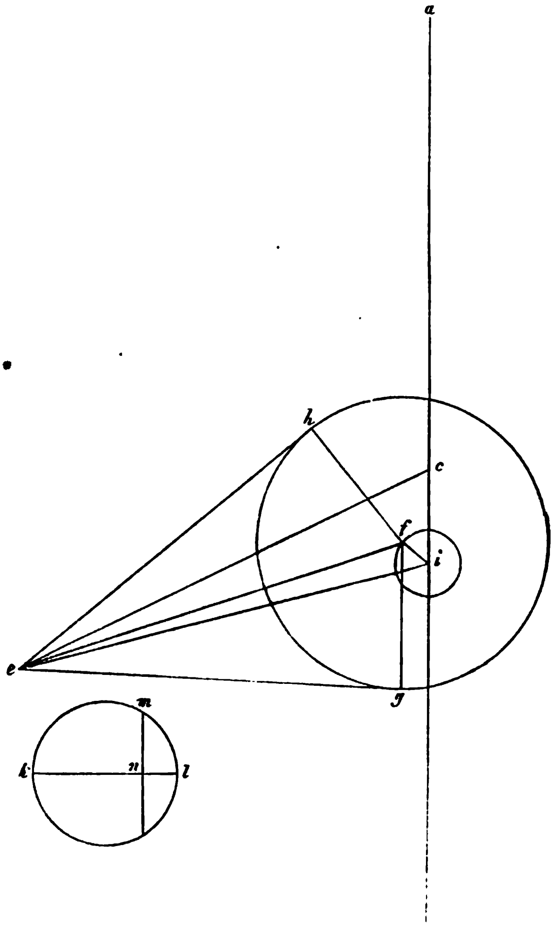
folglich die ganze Linie *cfi* gleich 736. Ebenso ist in dem Dreiecke *hef* der Winkel bei *h* als ein rechter, und der Winkel *hef* gleich 23° 15′ gegeben, daraus ergiebt sich *fh* gleich 3947, wenn *ef* gleich 10000; wenn aber *ef* gleich 10014, also *ce* gleich 10000; so wird *fh* gleich 3953. Früher ist aber gezeigt, dass *fh* gleich 3573 sei, und dies mag *fk* darstellen, also ist der Rest *hk* gleich 380, als grösste Differenz der Entfernung des Planeten vom Mittelpunkte *f* seiner Bahn, welche zwischen den mittleren und den grössten und kleinsten Absiden eintritt. Wegen dieser Entfernung und ihrer Verschiedenheit, beschreibt der Planet um den Mittelpunkt *f* seiner Bahn ungleiche Kreise in ungleichen Abständen, von denen der kleinste 3573, der grösste 3953 und der mittlere 3763 sein muss, was nachzuweisen war.



Capitel 28.

Weshalb die Abweichungen des Merkur in den Gegenden der Sechseckseiten grösser erscheinen, als diejenigen, welche im Perigeum eintreten.

Hiernach wird es auch wenig befremdend erscheinen, dass Merkur in den Gegenden der Seiten eines Sechsecks im Kreise grössere Abweichungen zeigt, als im Perigeum; da jene auch wirklich grösser sind, als diejenigen, von denen wir bereits nachgewiesen haben; dass die Alten glaubten, die Merkursbahn käme, bei einem Umlaufe der Erde, zweimal der Erde am nächsten. Man mache den Winkel *bce* gleich 60°, folglich den Winkel *bif* gleich 120°, denn *f* soll ja, während eines Umlaufes der Erde *e*, zwei Umläufe vollenden[445]) Man ziehe noch *ef* und *ei*. Da nun erwiesen, dass *ci* gleich 736, während *ec* gleich 10000, und da der Winkel *eci* gleich 60° gegeben ist, so wird in dem Dreiecke *eci* die dritte Seite *ei* gleich 9655, und der Winkel *cei* nahe gleich 3° 47′, und um diesen ist *cie* kleiner als *ace;* dieser ist aber gleich 120° gegeben, also wird *cie* gleich 116° 13′[446]). Der Winkel *fib* ist aber auch gleich 120°, als, nach der Voraussetzung, doppelt so gross als *eci*, und also der Rest des Halbkreises *cif* gleich 60°, es wird also *eif* gleich 56° 13′. Es ist aber gezeigt, dass *if* gleich 212, wenn *ei* gleich 9655[447]), und diese Seiten schliessen den gegebenen Winkel *eif* ein; hieraus berechnet sich der Winkel *fei* zu 1° 4′ und der Rest *cef* zu 2° 43′, um welchen Winkel der Mittelpunkt der Planetenbahn von dem mittleren Orte der Sonne abweicht, — und die dritte Seite *ef* wird gleich 9540. Nun werde um den Mittelpunkt *f* die Merkursbahn *gh* beschrieben, von *e* aus die Tangenten *eg* und *eh*, und endlich noch *fg* und *fh* gezogen. Wir haben zuerst zu berechnen, wie gross bei dieser Stellung der Radius *fg* oder *fh* ist, und das führen wir so aus. Wir nehmen an, dass der Durchmesser *kl*, des kleinen Kreises, gleich 380 Theilen sei, von denen *ac* 10000 enthält; in diesem Durchmesser, oder in einem ihm gleichen, bewege sich der Planet in der Richtung der graden Linie *fg* oder *fh*, in Bezug auf den Mittelpunkt *f*, hin und her, in der Weise, welche wir früher bei der Präcession der Nachtgleichen dargethan haben. Der Voraussetzung gemäss, dass der Winkel *bce* einen Bogen von 60° misst, machen wir *km* gleich 120° und ziehen *mn* rechtwinklig gegen *kl*, welche, als halbe Sehne des doppelten *km* oder *ml*, das Stück *ln* gleich dem vierten Theile des Durchmessers, also gleich 95 abschneidet, was sich aus dem 12ten und

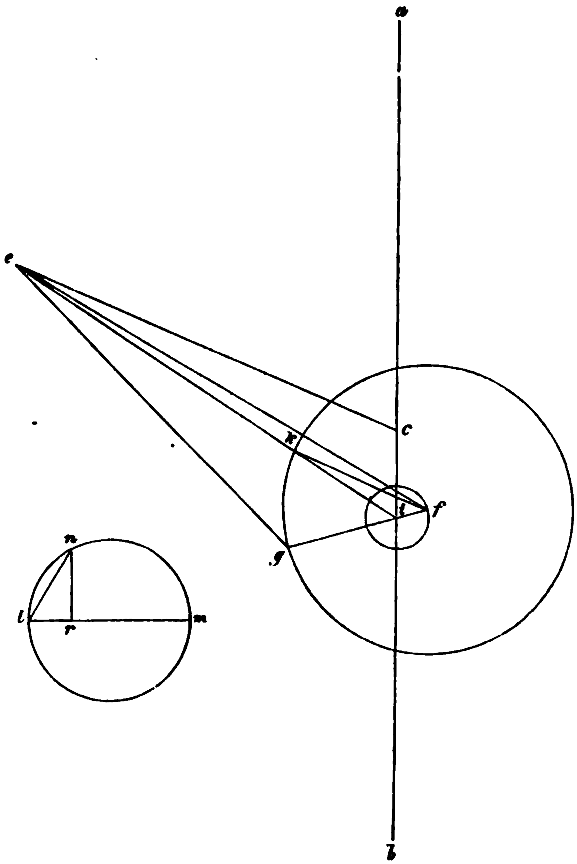


13ten Lehrsatze, in Verbindung mit dem 15ten des 5ten Buches der Elemente Euklid's ergiebt. Die übrigen drei Theile, also *kn*, betragen 285, welche zu der kleinsten Entfernung des Planeten addirt, die hier gesuchte Länge von *fg* oder *fh* zu 3858 ergeben, während *ac* 10000, und *ef*, wie gezeigt ist, 9540 enthält. Folglich sind in den rechtwinkligen Dreiecken *feg* oder *feh* zwei Seiten gegeben, und deshalb ist der Winkel *feg* oder *feh* auch bestimmt. Wenn nämlich *ef* gleich 10000: so wird *fg* oder *fh* gleich 4054, als halbe Sehne des doppelten Winkels von 23° 52′, woraus sich der ganze Winkel *geh* zu 47° 45′ ergiebt. Aber bei der kleinsten Abside, so wie bei der mittleren, sind nur 46° 30′ beobachtet, also ist hier der Winkel um 1° 14′ grösser geworden, als bei jenen Stellungen; — nicht weil die Bahn des Planeten der Erde näher als beim Perigeum wäre, sondern weil der Planet hier einen grösseren Kreis beschreibt, als dort. Alles dieses stimmt sowohl mit heutigen als auch mit ehemaligen Beobachtungen überein, und geht aus gleichmässigen Bewegungen hervor.

Capitel 29.

Prüfung der mittleren Bewegung des Merkur.

Unter den alten Beobachtungen findet man, dass im 21sten Jahre des Ptolemäus Philadelphus, bei anbrechendem 19ten Tage des ägyptischen Monats Thoth[448]), Merkur von der, durch den ersten und zweiten derjenigen Sterne, welche an der Stirn des Skorpion[449]) stehen, gezogenen graden Linie, um zwei Monddurchmesser nach Osten, und von dem ersten Sterne um einen Monddurchmesser nach Norden, abstand. Nun ist bekannt, dass der Ort des ersten Sterns in 209° 40′ der Länge, und in 1° 20′ nördlicher Breite, und der des zweiten in 209° der Länge und in 1° 40′ südlicher Breite liegt. Hieraus wurde der Ort Merkurs zu 210° 40′ der Länge und 1° 50′ nördlicher Breite berechnet. Seit Alexanders Tode waren aber 59^a 17^d 45^I[448]) verflossen, und der mittlere Ort der Sonne war daher nach unserer Berechnung 228° 8′, die westliche Abweichung des Planeten aber 17° 28′. Letztere war noch im Zunehmen begriffen, was noch 4 Tage nachher notirt wurde[450]), woraus hervorging, dass der Planet noch nicht zu seiner grössten westlichen Abweichung, oder zu der Tangente seiner Bahn gelangt war, sondern dass er sich noch in dem unteren, der Erde näher liegenden Bogen bewege. Da aber die grösste Abside in 183° 20′ lag, so war der Merkur vom mittleren Orte der Sonne um 44° 48′ entfernt. Nun möge *acb* wieder, wie früher, der Durchmesser der Erdbahn sein, und von dem Mittelpunkte *c* werde die Linie der mittleren Bewegung der Sonne *ce* gezogen; so dass der Winkel *ace* gleich 44° 48′ wird; ferner werde um den Mittelpunkt *i* der kleine Kreis construirt, auf welchem sich der Mittelpunkt *f* des excentrischen Kreises bewegt, der Winkel *bif* wird nach der Annahme doppelt so gross als *ace*, also gleich 89° 36′ gemacht, und *ef* und *ei* gezogen. Da nun in dem Dreiecke



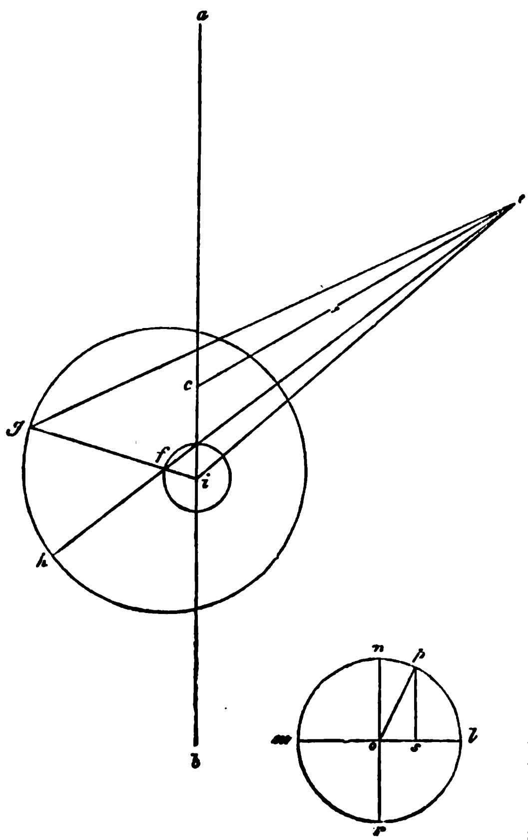
eci die beiden Seiten *ci* gleich $736\frac{1}{4}$ und *ce* gleich 10000, welche den, durch Winkel *ace* gegebenen, Winkel *eci* gleich 135° 12′ einschliessen, gegeben sind: so wird die dritte Seite *ei* gleich 10534, und der Winkel *cei* gleich 2° 49′, um welchen *eic* kleiner ist als *ace*. Also ergiebt sich *cie* gleich 41° 59′. Der Winkel *cif* ist aber, als Nebenwinkel des Winkels *bif*, gleich 90° 24′, also ist der ganze Winkel *eif* gleich 132° 23′, welchen ebenfalls gegebene Seiten des Dreiecks *efi* einschliessen, nämlich *ei* gleich 10534 und *if* gleich $211\frac{1}{2}$, wobei *ac* gleich 10000. Hieraus wird der Winkel *fei* gleich 50′, nebst der Seite *ef* gleich 10678 und der dritte Winkel *cef* gleich 1° 59′[451]), gefunden. Nun werde der kleine Kreis *lm* genommen, dessen Durchmesser *lm* gleich 380 sein muss, wenn *ac* gleich 10000, und dessen Bogen *ln* gemäss der Voraussetzung, gleich 89° 36′ sei. Ferner ziehe man die Sehne *ln*, und endlich *nr* senkrecht auf *lm*. Da nun das Quadrat von *ln* gleich ist dem Rechtecke *lm* mal *lr*, so ergiebt sich aus dem gegebenen Verhältnisse auch *lr* fast zu 189, wenn der Durchmesser *lm* gleich 380 ist, und um diese grade Linie, oder um eine dieser gleiche hat sich der Planet von dem Mittelpunkte *f* seiner Bahn in der Zeit weiter entfernt, in welcher die Linie *ec* den Winkel *ace* durchlaufen hat. Addirt man also dies zu der kleinsten Entfernung von 3573, so erhält man für diesen Ort 3762. Um den Mittelpunkt *f* werde also mit dem Radius gleich 3762 ein Kreis beschrieben und die Linie *eg* gezogen, welche die convexe Peripherie in *g* schneidet; und zwar so, dass der Winkel *ceg* gleich 17° 28′ wird, um welchen Winkel der Planet vom mittleren Orte der Sonne abstehend beobachtet wurde. Ferner werde *fg*, und endlich *fk* parallel mit *ce* gezogen. Ziehen wir aber den Winkel *cef* von dem ganzen Winkel *ceg* ab, so bleibt *feg* gleich 15° 29′. Daher sind in dem Dreiecke *efg* die beiden Seiten *ef* gleich 10678 und *fg* gleich 3762, und der Winkel *feg* gleich 15° 29′ bekannt, und aus diesem ergiebt sich der Winkel *efy* gleich 33° 46′. Zieht man davon *efk* gleich *cef* ab, so bleibt *kfg*, also auch der Bogen *kg* gleich 31° 47′[452]), als Entfernung des Planeten von dem mittleren Perigeum *k* seiner Bahn und addirt man dazu den Halbkreis, so erhält man 211° 47′, als mittlere Bewegung der parallactischen Anomalie bei dieser Beobachtung, welche abzuleiten war.

Capitel 30.

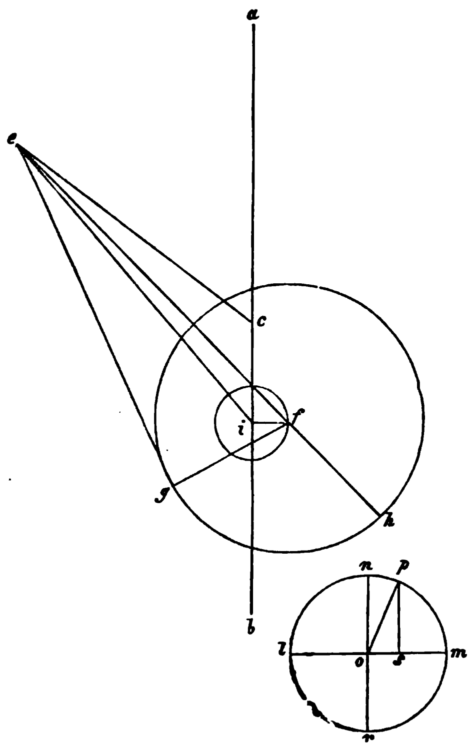
Ueber neuere Beobachtungen der Bewegung des Merkur.

Diesen Weg, den Lauf unseres Planeten zu prüfen, hatten uns die Alten vorgezeichnet Sie waren von einem heitern Himmel begünstigt, da der Nil, wie sie berichten, nicht solche Dünste aushaucht, wie bei uns die Weichsel. Uns aber, die wir in einem rauheren Klima wohnen, versagte die Natur diese Bequemlichkeit, da die Luft seltener ruhig ist, und ausserdem, wegen der grossen Schiefe der Himmelskugel seltener Gelegenheit ist den Merkur zu sehen. Obgleich er in seiner grössten Entfernung von der Sonne sich befindet, wenn diese im Widder oder in den Fischeu steht, so geht er für unsern Gesichtskreis nicht auf, noch ist sein Untergang bei der Stellung in der Jungfrau oder in der Waage zu sehen. Aber auch im Krebse oder den Zwillingen erscheint er in keiner Weise, weder in der Abenddämmerung noch in der Morgendämmerung, in der Nacht niemals, ausser, wenn die Sonne in den günstigsten Tbeil des Löwen tritt. Deshalb hat uns dieser Planet viele Umstände und Arbeit gemacht, um seine Ungleichmässigkeiten zu berechnen. Zu diesem Zwecke haben wir drei Oerter von denen, welche zu Nürnberg sorgfältig beobachtet sind, entlehnt. Den Ersten beobachtete Bernhard Walther[453]), ein Schüler des Regiomontanus, im Jahre Christi 1491 den 9ten September 5 gleichmässige Stunden nach Mitternacht, indem er ihn mittelst des Astrolabiums mit dem Aldebaran verglich, und fand, dass Merkur in 13° 30′ der Jungfrau, mit einer nördlichen Breite von 1° 50′, stand. Der Planet fing damals an, als Morgenstern zu verschwinden, da seine westliche Abweichung in den vorhergehenden Tagen fortwährend abgenommen hatte. Seit dem Anfange der Jahre Christi waren nun 1491 ägyptische Jahre 258^d 12^I 30^{II} verflossen, und der einfache mittlere Ort der Sonne lag in 149° 48′, vom Frühlingsnachtgleichenpunkte aber in 26° 47′ der Jungfrau, daher betrug auch der Abstand des Merkur ungefähr 13° 15′. Die zweite Beobachtung machte Johannes Schoner im Jahre Christi 1504 am 9ten Januar, 6½ Stunden nach Mitternacht, als der 10te Grad des Skorpion zu Nürnberg culminirte. Der Planet stand in 3° 20′ des Steinbocks, mit einer nördlichen Breite von 45′. Der mittlere Ort der Sonne war aber nach der Berechnung vom Frühlingsnachtgleichenpunkte in 27° 7′ des Steinbocks[454]), ihm ging Merkur westlich voraus um 23° 42′. Die dritte Beobachtung ist von demselben Johannes, auch in demselben Jahre 1504 den 18ten März, bei welcher er durch Vergleichung des Planeten mit dem

Aldebaran mittelst des Astrolabiums, den Merkur in $26^0\ 6'$ des Widders, mit einer nördlichen Breite von ungefähr 3^0, fand; während der 25ste Grad des Krebses zu Nürnberg culminirte, also $7^h\ 30^m$ nach Mittag; zu welcher Zeit der mittlere Ort der Sonne vom Frühlingsnachtgleichenpunkte in $5^0\ 39'$ des Widders lag, in welchem Zeichen Merkur als Abendstern um $21^0\ 17'$ von der Sonne östlich abstand. Von der ersten bis zur zweiten Beobachtung sind 12 ägyptische Jahre $125^d\ 3^I\ 45^{II}$ vergangen, in welcher Zeit die einfache Bewegung der Sonne $120^0\ 14'$, und die Bewegung der parallactischen Anomalie Merkurs $316^0\ 1'$ beträgt. Im zweiten Zeitraume liegen $69^d\ 31^I\ 45^{II}$, der einfache mittlere Ort der Sonne ist $68^0\ 32'$, die mittlere parallactische Anomalie Merkurs beträgt 216^0. Aus diesen dreien Beobachtungen wollen wir für die jetzige Zeit prüfen, in wie weit wir annehmen dürfen, dass die Maassverhältnisse in den Kreisen der Merkursbewegung seit Ptolemäus bis jetzt dieselben geblieben sind, da man bei den anderen Beobachtungen auch nicht findet, dass die früheren guten Gewährsmänner in dieser Beziehung Fehler begangen hätten. Wenn wir mit diesen denselben Ort der Abside des excentrischen Kreises gemein hätten, so bedürften wir ausserdem nichts, für die erscheinende Bewegung auch dieses Planeten. Wir haben den Ort der grössten Abside in $211^0\ 30'$, d. h. in $28^0\ 30'$ des Zeichens des Skorpion angenommen, denn wir durften denselben nicht weiter zurücksetzen, wenn wir nicht von vorn herein gegen die Beobachter uns entscheiden wollten; und so werden mir nun die Anomalie des excentrischen Kreises, nämlich die Entfernung des mittleren Ortes der Sonne vom Apogeum bei der ersten Beobachtung gleich $298^0\ 15'$, bei der zweiten gleich $58^0\ 29'$ und bei der dritten gleich $127^0\ 1'$ erhalten. Nun möge die Figur in der früheren Weise construirt werden, nur dass der Winkel *ace* gleich $61^0\ 45'$, um welchen die Bewegung der mittleren Sonne dem Apogeum bei der ersten Beobachtung voraus ging; und das Uebrige, was daraus folgt, der Voraussetzung gemäss gemacht wird. Da nun *ic* gleich $736\frac{1}{4}$, wenn *ac*

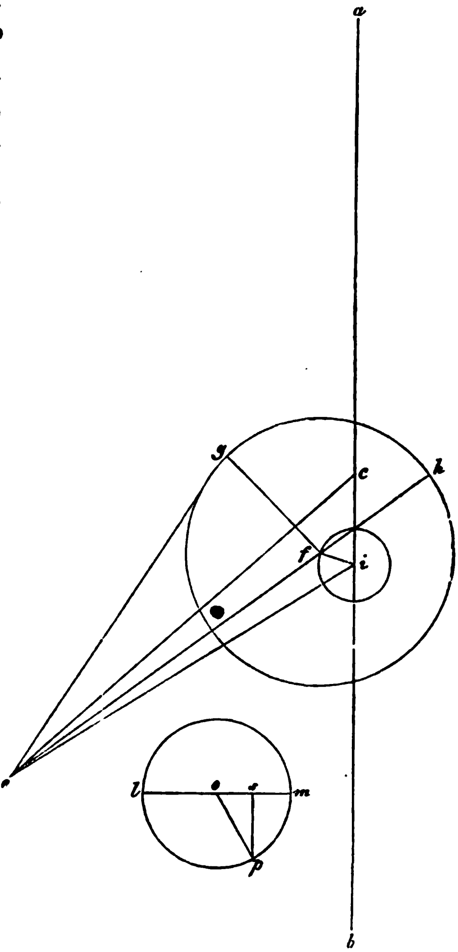


gleich 10000, und der Winkel *ice* in dem Dreiecke *eci* gegeben ist: so ergiebt sich auch der Winkel *cei* zu 3° 35', und die Seite *ie* zu 10369, während *ec* gleich 10000 und *if* gleich 211½ ist. Also sind auch in dem Dreiecke *efi* zwei Seiten, ihrem Verhältnisse nach, gegeben. Der Winkel *bif* ist aber 123° 30', weil er nach der Voraussetzung, doppelt so gross sein soll als *ace;* folglich ist auch *cif* gleich 56° 30', und der ganze Winkel *eif* gleich 114° 40', also auch *ief* gleich 1° 5', und die Seite *ef* gleich 10371, und daraus auch der Winkel *cef* gleich 2° 30'. Um aber zu bestimmen, wie viel die Bahn, deren Mittelpunkt *f*, durch die hin- und hergehende Bewegung, gegen das Apogeum oder Perigeum sich geändert hat, construiren wir den kleinen, mittelst der Durchmesser in vier gleiche Theile getheilten, Kreis *lmnr* um den Mittelpunkt *o*, machen den Winkel *pot*[455]) doppelt so gross, als *ace*, also gleich 123° 30', und fällen von dem Punkte *p* das Loth *ps* auf *lm*. Es wird also nach dem gegebenen Verhältnisse *op* oder die ihr gleiche *lo* zu *os* wie 10000 zu 8349, oder wie 190 zu 105, welche sich summiren zu *ls* gleich 295, wobei *ac* gleich 10000, und um so viel ist der Planet vom Mittelpunkte *f* weiter entfernt. Addirt man dies zu der kleinsten Entfernung gleich 3573, so erhält man die gegenwärtige Entfernung gleich 3868, mit welcher, als Radius, um den Mittelpunkt *f* der Kreis *hg* beschrieben werde. Man ziehe noch *eg* und *ef*, und verlängere *ef* zu *efh*. Da nun der Winkel *cef* gleich 2° 30' erwiesen, und Winkel *gec* gleich 13° 15', als der westliche Abstand des Sterns von der mittleren Sonne, beobachtet ist: so ist der ganze Winkel *feg* gleich 15° 45'. In dem Dreiecke *efg* ist aber das Verhältniss von *ef* zu *fg* wie 10371 zu 3868, nebst dem Winkel *efg* gegeben; es ergiebt sich uns der Winkel *egf* gleich 49° 8'. Aus diesem und dem andern innern Winkel, ergiebt sich der äussere[456]) gleich 64° 53', und dieser von dem ganzen Kreise abgezogen, giebt 295° 7', als den Winkel der wahren parallactischen Anomalie. Addirt man hierzu den Winkel *cef*, so erhält man die mittlere oder gleichmässige gleich 297° 37', welche wir suchten. Wenn wir hierzu 316° 1' addiren, so erhalten wir die gleichmässige parallactische Anomalie für die zweite Beobachtung gleich 253° 38', was wir ebenfalls als richtig und mit der Beobachtung übereinstimmend nachweisen wollen. Machen wir nämlich den Winkel *ace*, nach Maassgabe der Anomalie des excentrischen Kreises bei der zweiten Beobachtung gleich 58° 29': dann sind (s. F. a. f. S.) in dem Dreiecke *cei* zwei Seiten, *ic* gleich 736 und *ec* gleich 10000, nebst dem Winkel *eci* gleich 121° 31' gegeben; folglich auch die dritte Seite *ei* gleich 10404 und der Winkel *cei* gleich 3° 28'. Ebenso wird in dem Dreiecke *eif*, da der Winkel *eif* gleich 118° 3', die Seite *if* gleich 211½ und *ie* gleich 10404 ist: die dritte Seite *ef* gleich 10505 und der Winkel *ief* gleich 61', und der Rest *fec* gleich 2° 27': dies ist die Prosthaphärese des excentrischen Kreises, welche zu der mittleren parallactischen Bewegung addirt, die wahre gleich 256° 5'[457]) ergiebt. Nehmen wir nun in dem Epicykel des Hin- und Hergehens, den Bogen *lp* oder den Winkel *lop*, doppelt so gross als *ace*, also gleich 116° 58': so ist in dem rechtwinkligen Dreiecke *ops* aus dem gegebenen Verhältnisse ten *op* zu *os*, wie 10000 zu 4535[458]), *os* selbst gleich 86, während *ol* gleich 190, und die ganze Linie *los* gleich 276. Addirt man dies zu der kleinsten Distanz 357 hält man 3849. Mit dieser Ent als Radius wird um den Mittel der Kreis *hg* beschrieben, im Punkte *h* das parallactisch geum liegt, welchem der Pl den Bogen *hg* gleich 103° 55′ geht, diese fehlten bei der eben unter-suchten parallactischen Bewegung, welche 256° 5′ betrug, an einem ganzen Umlaufe. Deswegen ist der Nebenwinkel *efg* gleich 76° 5′, in dem Dreiecke *efg*, dessen beide Seiten *fg* gleich 3849 und *ef* gleich 10505 gegeben sind. Folglich wird der Winkel *feg* gleich 21° 19′, der zu *cef* hinzuaddirt, den ganzen Winkel *ceg* gleich 23° 46′ macht; und dies ist der erscheinende Abstand zwischen dem Mittelpunkte *c* der Erdbahn und dem Planeten *g*, was ebenfalls wenig von der Beobachtung abweicht. Dies wird auch noch durch die dritte Beobachtung bestätigt, bei welcher wir



den Winkel *ace* gleich 127° 1′, oder den Nebenwinkel *bce* gleich 52° 59′ zu machen haben. Wir erhalten hier wieder ein Dreieck, dessen Seiten, *ci* gleich 736½ und *ec* gleich 10000, und der eingeschlossene Winkel *eci* gleich 52° 59′ bekannt sind; hieraus ergiebt sich der Winkel *iec* gleich 3° 31′ und die Seite *ie* gleich 9575, während *ec* gleich 10000; und da der Winkel *eif*, nach der Construction gleich 49° 28′ ist, während die ihn einschliessenden Seiten *fi* gleich 211½ und *ei* gleich 9575 gegeben sind; so ergiebt sich auch die dritte Seite *ef* gleich 9440 und der Winkel *ief* gleich 59′. Zieht man diesen von dem ganzen Winkel *iec* ab, so bleibt der Winkel *cef* gleich 2° 32′ übrig, und dies ist die abzuziehende Prosthaphärese der Anomalie des excentrischen Kreises. Addiren wir diese zur mittleren parallactischen Anomalie, welche wir durch Hinzuzählung der 216° aus dem zweiten Zeitraume auf 109° 38′ berechnet haben, so entsteht die wahre gleich 112° 10′[459]). Nun werde in dem Epicykel der Winkel *lop*, doppelt so gross als *eci*, also gleich 105° 58′ genommen, und wir erhalten auch hier aus dem Verhältnisse von *po* zu *os*, das Stück *os* gleich 52, und also das ganze *los* gleich 242. Addiren wir dies zu der kleinsten Distanz gleich

3573, so erhalten wir 3815. Mit diesem Radius wird um den Mittelpunkt *f* ein Kreis beschrieben, in welchem die grösste parallactische Abside in *h*, nämlich in der gradlinigen Verlängerung der Graden *ef* liegt. Nach Maassgabe der wahren parallactischen Anomalie, werde der Bogen *hg* gleich 112° 10′ gemacht, und *gf* gezogen; folglich ist der Nebenwinkel *gfe* gleich 67° 50′, welchen die beiden Seiten *gf* gleich 3815 und *ef* gleich 9440 einschliessen. Hieraus ergiebt sich der Winkel *feg* gleich 23° 50′; zieht man davon die Prosthaphärese *cef* ab, so bleibt *ceg* gleich 21° 18′, als erscheinender östlicher Abstand des Planeten von dem Mittelpunkte der Erdbahn, wie derselbe ungefähr bei der Beobachtung gefunden ist. So bestätigen diese mit den Beobachtungen übereinstimmenden drei Oerter zweifellos den Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises, welchen wir für unsere Zeit in 211° 30′ der Fixsternsphäre annahmen, und also auch das als wahr, was daraus folgt, nämlich die gleichmässige parallactische Anomalie für den ersten Ort gleich 297° 37′, für den zweiten gleich 253° 38′ und für den dritten gleich 109° 38′, was wir untersuchen wollten. Bei jener alten Beobachtung aber, aus dem Jahre 21 des Ptolemäus Philadelphus bei anbrechendem 19ten Tage des ersten ägyptischen Monats Thoth, war der



Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises, nach der Behauptung des Ptolemäus, in Bezug auf die Fixsternsphäre in 183° 20′, der Ort der gleichmässigen parallactischen Anomalie aber in 211° 47′. Die Zeit aber zwischen der neuesten und jener alten Beobachtung beträgt 1768 ägyptische Jahre 200^d 33^I; in dieser Zeit hat sich die grösste Abside des excentrischen Kreises gegen die Fixsternsphäre um 28° 10′ verändert, und der Ort der parallactischen Bewegung, ausser den ganzen Umläufen, deren 5570 sind, noch um 257° 51′; weil nämlich in 20 Jahren etwa 63 Umläufe vollendet werden, was in 1760 Jahren, 5544 Umläufe und in den übrigen 8 Jahren und den 200 Tagen noch 26 Umläufe beträgt. In 1768^a 200^d 33^I erwuchsen also ausser 5570 Umläufen noch 257° 51′, um welche die beiden beobachteten Oerter, jener erste alte und der unsrige von einander abwichen. Dies stimmt denn auch mit den Zahlen, welche wir in den Tafeln aufgestellt haben, überein. Indem wir aber die 28° 10′, um welche das Apogeum des excentrischen Kreises sich bewegt hat, mit derselben Zeit verglichen, ergab sich, dass diese Bewegung in 63 Jahren einen Grad beträgt, wenn dieselbe überhaupt gleichmässig ist.

Capitel 31.

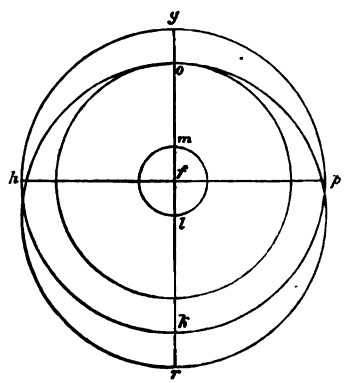
Ueber die Feststellung der Oerter des Merkur.

Nun sind vom Anfange der Jahre Christi bis zur letzten Beobachtung 1504 ägyptische Jahre 87^{d} 48^{I} verflossen, und in dieser Zeit beträgt die Bewegung der parallactischen Anomalie des Merkur, nach Beseitigung der ganzen Umläufe 63° 14′; zieht man dies von 109° 38′ ab, so bleiben 46° 24′ als Ort der parallactischen Anomalie des Merkur für den Anfang der Jahre Christi. Von da rückwärts bis zum Anfange der ersten Olympiade sind es 775 ägyptische Jahre 12^{d} 30^{I}[460]), hierfür berechnen sich, ausser den ganzen Umläufen 95° 3′. Zieht man dies von dem Orte Christi ab, indem man einen ganzen Umlauf entlehnt, so bleibt als Ort für die erste Olympiade 311° 21′. Hieraus wird in 451^{a} 247^{d} bis zum Tode Alexanders durch die Berechnung dieser Ort zu 213° 3′ gefunden.

Capitel 32.

Ueber eine andere Ableitungsmethode des Hin- und Hergehens.

Ehe wir den Merkur verlassen, wollen wir noch eine andere Anschauungsweise, welche nicht weniger annehmbar ist, als die obige, untersuchen, durch welche jenes Hin- und Hergehen entstanden gedacht werden könnte. Es sei ein Kreis, *ghkp*, durch seinen Mittelpunkt *f* in vier gleiche Theile getheilt; mit diesem sei der kleine Kreis *lm* concentrisch, und um den Mittelpunkt *l*, mit dem Radius *lfo*, gleich *fg* oder *fh*, ein dritter Kreis *or* beschrieben. Nun nehme man an, diese ganze Zusammenstellung von Kreisen, mit ihren Schnittlinien *gfr* und *hfp*, bewege sich rechtläufig, um den Mittelpunkt *f*, täglich ungefähr 2° 7′ vom Apogeum des excentrischen Kreises des Planeten; um so viel ist nämlich die parallactische Bewegung des Planeten grösser, als die Bewegung der Erde in der Ekliptik. Unterdessen vollführt der Planet vom Punkte *g* aus, im Kreise *or* den Rest seiner eigenen parallactischen Bewegung, nahe übereinstimmend mit der Bewegung der Erde. Ferner denke man sich, dass, während dieses selben jährlichen Umlaufes, der



Mittelpunkt des den Planeten leitenden Kreises *or*, in hin- und hergehender Bewegung, den Durchmesser *lfm* doppelt so geschwind, als wir früher angenommen haben, durchlaufe. Wenn wir nach diesen Bestimmungen die Erde in ihrer mittleren Bewegung dem Apogeum des excentrischen Kreises des Planeten gegenüber setzen, und zu derselben Zeit der Mittelpunkt des den Planeten leitenden Kreises in *l*, der Planet selbst aber im Punkte *o* sich befindet: so beschreibt Letzterer in seinem kleinsten Abstande von *f*, den kleinsten Kreis seiner Bewegung, dessen Radius *fo* ist, und daraus folgt weiter, dass, wenn die Erde in der Gegend der mittleren Absiden, der Planet im Punkte *h* steht, Letzterer, wegen seiner grössten Entfernung von *f*, die grössten Bogen, und zwar in einem Kreise, dessen Mittelpunkt *f* ist, beschreibt; dann fällt nämlich der leitende Kreis *or* mit dem Kreise *gh* zusammen, weil sie den gemeinsamen Mittelpunkt *f* haben. Rückt von hier aus die Erde weiter in die Gegend des Perigeums, und der Mittelpunkt des Kreises *or* in den andern äussersten Punkt *m*, so greift auch der Kreis *or* über *gk* hinaus, und der Planet tritt in *r* wieder in seine kleinste Entfernung von *f*; und nun verläuft das Uebrige, wie vom Anfange. Denn hier treffen die drei unter sich gleichen Umläufe zusammen, nämlich die Bewegung der Erde mit derjenigen des Apogeums des excentrischen Kreises des Merkur; die im Durchmesser *lm* hin- und hergehende Bewegung des Mittelpunktes mit der Bewegung des Planeten von der Linie *fg* an bis zu derselben zurück, und von diesen weicht nur die Bewegung in den Abschnitten *gh* und *kp* von der Abside des excentrischen Kreises ab, wie wir gesagt haben. So spielt die Natur bei diesem Planeten ebenso in wunderbarer Veränderung, als sie sich an eine ewige, sichere und unveränderliche Ordnung bindet. Es ist aber hierbei zu beachten, dass der Planet die mittleren Gegenden der Quadranten *gh* und *kp* nicht ohne eine Ungleichheit in der Länge durchläuft, da ja der Planet, indem die Veränderung der Mittelpunkte hinzukommt, nothwendig eine Prosthaphärese bewirken wird; es besteht aber eine solche Veränderlichkeit seines Mittelpunktes. Denn wenn z. B. während der Mittelpunkt in *l* bliebe, der Planet von *o* aus vorwärts rückte, so würde nach Maassgabe der Excentricität *fl*, in der Gegend von *h* eine grösste Differenz eintreten. Aus den Voraussetzungen folgt aber, dass der Planet von *o* aus zwar anfängt, sich zu entfernen, und die Differenz, welche der Entfernung *fl* der Mittelpunkte zukommt, zu durchlaufen verspricht; indem aber der bewegliche Mittelpunkt sich dem mittleren *f* nähert, wird er mehr und mehr an dieser erstrebten Verschiedenheit gehindert, und sein Streben wird so sehr vereitelt, dass an den mittleren Punkten *h* und *p*, wo man die grösste Differenz erwarten sollte, dieselbe ganz Null wird. Wenn aber auch eine kleine Differenz einträte, so müssen wir doch nichtsdestoweniger zugeben, dass dieselbe in den Strahlen der Sonne sich verbergen würde; und dass der Planet, wenn er in Osten oder Westen als Morgen- oder Abendstern erscheint, an dem Rande des Kreises nicht genau gesehen wird. Wir haben aber diese nicht weniger vernunftgemässe Anschauungsweise nicht übergehen wollen, da dieselbe den Abweichungen der Breiten ganz offenbar zu Grunde liegt.

Capitel 33.

Ueber die Tafeln der Prosthaphäresen der fünf Planeten.

Dies haben wir über die gleichmässige und erscheinende Bewegung des Merkur und der übrigen Planeten entwickelt und mit Zahlen erläutert, und durch diese Vorbilder ist der Weg eröffnet, beliebige andere Oerter und Differenzen der Bewegungen zu berechnen. Zur leichteren Erreichung dieses Zweckes haben wir für Jeden besondere Tafeln mit sechs Spalten und dreissig Zeilen von 3 zu 3 Graden, wie wir das gewohnt sind, aufgestellt. Die erste und zweite Spalte enthalten die gemeinschaftlichen Zahlen, sowohl für die Anomalie des excentrischen Kreises, als auch für die parallactische Anomalie. In der dritten Spalte finden sich die gesammten Prosthaphäresen des excentrischen Kreises, nämlich die ganzen Differenzen, welche zwischen der mittleren und der ungleichmässigen Bewegung jener Bahnen eintreten. Die vierte Spalte stellt die Proportionaltheile als Sechzigstel dar, um welche die Parallaxen, wegen der grösseren oder geringeren Entfernung von der Erde vergrössert oder verkleinert werden müssen. In der fünften Spalte stehen diejenigen Prosthaphäresen, welche aus der Erdbahn für die Parallaxen in der grössten Abside des excentrischen Kreises des Planeten hervorgehen. Die sechste Spalte enthält endlich die Differenzen, um welche die in der kleinsten Abside des excentrischen Kreises entstehenden Prosthaphäresen grösser sind. Hier folgen diese Tafeln.

TAFEL DER PROSTHAPHÄRESEN DES SATURN.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten	Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside		Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten	Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside	
Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Grad	Grad	Min	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	0	20	0	0	17	0	2	93	267	6	31	25	5	52	0	43
6	354	0	40	0	0	34	0	4	96	264	6	30	27	5	53	0	44
9	351	0	58	0	0	51	0	6	99	261	6	28	29	5	53	0	45
12	348	1	17	0	1	7	0	8	102	258	6	26	31	5	51	0	46
15	345	1	36	1	1	23	0	10	105	255	6	22	32	5	48	0	46
18	342	1	55	1	1	40	0	12	108	252	6	17	34	5	45	0	45
21	339	2	13	1	1	56	0	14	111	249	6	12	35	5	40	0	45
24	336	2	31	2	2	11	0	16	114	246	6	6	36	5	36	0	44
27	333	2	49	2	2	26	0	18	117	243	5	58	38	5	29	0	43
30	330	3	6	3	2	42	0	19	120	240	5	49	39	5	22	0	42
33	327	3	23	3	2	56	0	21	123	237	5	40	41	5	13	0	41
36	324	3	39	4	3	10	0	23	126	234	5	28	42	5	3	0	40
39	321	3	55	4	3	25	0	24	129	231	5	16	44	4	52	0	39
42	318	4	10	5	3	38	0	26	132	228	5	3	46	4	41	0	37
45	315	4	25	6	3	52	0	27	135	225	4	48	47	4	29	0	35
48	312	4	39	7	4	5	0	29	138	222	4	33	48	4	15	0	34
51	309	4	52	8	4	17	0	31	141	219	4	17	50	4	1	0	32
54	306	5	5	9	4	28	0	33	144	216	4	0	51	3	46	0	30
57	303	5	17	10	4	38	0	34	147	213	3	42	52	3	30	0	28
60	300	5	29	11	4	49	0	35	150	210	3	24	53	3	13	0	26
63	297	5	41	12	4	59	0	36	153	207	3	6	54	2	56	0	24
66	294	5	50	13	5	8	0	37	156	204	2	46	55	2	38	0	22
69	291	5	59	14	5	17	0	38	159	201	2	27	56	2	21	0	19
72	288	6	7	16	5	24	0	38	162	198	2	7	57	2	2	0	17
75	285	6	14	17	5	31	0	39	165	195	1	46	58	1	42	0	14
78	282	6	19	18	5	37	0	39	168	192	1	25	59	1	22	0	12
81	279	6	23	19	5	42	0	40	171	189	1	4	59	1	2	0	9
84	276	6	27	21	5	46	0	41	174	186	0	43	60	0	42	0	7
87	273	6	29	22	5	50	0	42	177	183	0	22	60	0	21	0	4
90	270	6	31	23	5	52	0	42	180	180	0	0	50	0	0	0	0

TAFEL DER PROSTHAPHÄRESEN DES JUPITER.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside		Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe in der kleinsten Abside	
Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	0	16	0	3	0	28	0	2	93	267	5	15	28	33	10	25	0	59
6	354	0	31	0	12	0	56	0	4	96	264	5	15	30	12	10	33	1	0
9	351	0	47	0	18	1	25	0	6	99	261	5	14	31	43	10	34	1	1
12	348	1	2	0	30	1	53	0	8	102	258	5	12	33	17	10	34	1	1
15	345	1	18	0	45	2	19	0	10	105	255	5	10	34	50	10	33	1	2
18	342	1	33	1	3	2	46	0	13	108	252	5	6	36	21	10	29	1	3
21	339	1	48	1	23	3	13	0	15	111	249	5	1	37	47	10	23	1	3
24	336	2	2	1	48	3	40	0	17	114	246	4	55	39	0	10	15	1	3
27	333	2	17	2	18	4	6	0	19	117	243	4	49	40	25	10	5	1	3
30	330	2	31	2	50	4	32	0	21	120	240	4	41	41	50	9	54	1	2
33	327	2	44	3	26	4	57	0	23	123	237	4	32	43	18	9	41	1	1
36	324	2	58	4	10	5	22	0	25	126	234	4	23	44	46	9	25	1	0
39	321	3	11	5	40	5	47	0	27	129	231	4	13	46	11	9	8	0	59
42	318	3	23	6	43	6	11	0	29	132	228	4	2	47	37	8	56	0	58
45	315	3	35	7	48	6	34	0	31	135	225	3	50	49	2	8	27	0	57
48	312	3	47	8	50	6	56	0	34	138	222	3	38	50	22	8	5	0	55
51	309	3	58	9	53	7	18	0	36	141	219	3	25	51	46	7	39	0	53
54	306	4	8	10	57	7	39	0	38	144	216	3	13	53	6	7	12	0	50
57	303	4	17	12	0	7	58	0	40	147	213	2	59	54	10	6	43	0	47
60	300	4	26	13	10	8	17	0	42	150	210	2	45	55	15	6	13	0	43
63	297	4	35	14	20	8	35	0	44	153	207	2	30	56	12	5	41	0	39
66	294	4	42	15	30	8	52	0	46	156	204	2	15	57	0	5	7	0	35
69	291	4	50	16	50	9	8	0	48	159	201	1	59	57	37	4	32	0	31
72	288	4	56	18	10	9	22	0	50	162	198	1	43	58	6	3	56	0	27
75	285	5	1	19	17	9	35	0	52	165	195	1	27	58	34	3	18	0	23
78	282	5	5	20	40	9	47	0	54	168	192	1	11	59	3	2	40	0	19
81	279	5	9	22	20	9	59	0	55	171	189	0	53	59	36	2	0	0	15
84	276	5	12	23	50	10	8	0	56	174	186	0	35	59	58	1	20	0	11
87	273	5	14	25	23	10	17	0	57	177	183	0	17	60	0	0	40	0	6
90	270	5	15	26	57	10	24	0	58	180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

TAFEL DER PROSTHAPHÄRESEN DES MARS.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside	
Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	0	32	0	0	1	8	0	8
6	354	1	5	0	2	2	16	0	17
9	351	1	37	0	7	3	24	0	25
12	348	2	8	0	15	4	31	0	33
15	345	2	39	0	28	5	38	0	41
18	342	3	10	0	42	6	45	0	50
21	339	3	41	0	57	7	52	0	59
24	336	4	11	1	13	8	58	1	8
27	333	4	41	1	34	10	5	1	16
30	330	5	10	2	1	11	11	1	25
33	327	5	38	2	31	12	16	1	34
36	324	6	6	3	2	13	22	1	43
39	321	6	32	3	32	14	26	1	52
42	318	6	58	4	3	15	31	2	2
45	315	7	23	4	37	16	35	2	11
48	312	7	47	5	16	17	39	2	20
51	309	8	10	6	2	18	42	2	30
54	306	8	32	6	50	19	45	2	40
57	303	8	53	7	39	20	47	2	50
60	300	9	12	8	30	21	49	3	0
63	297	9	30	9	27	22	50	3	11
66	294	9	47	10	25	23	48	3	22
69	291	10	3	11	28	24	47	3	34
72	288	10	19	12	33	25	44	3	46
75	285	10	32	13	38	26	40	3	59
78	282	10	42	14	46	27	35	4	11
81	279	10	50	16	4	28	29	4	24
84	276	10	56	17	24	29	21	4	36
87	273	11	1	18	45	30	12	4	50
90	270	11	5	20	8	31	0	5	5

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside	
Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.
93	267	11	7	21	32	31	45	5	20
96	264	11	8	22	58	32	30	5	35
99	261	11	7	24	32	33	13	5	51
102	258	11	5	26	7	33	53	6	7
105	255	11	1	27	43	34	30	6	25
108	252	10	56	29	21	35	3	6	45
111	249	10	45	31	2	35	34	7	4
114	246	10	33	32	46	35	59	7	25
117	243	10	11	34	31	36	21	7	46
120	240	10	7	36	16	36	37	8	11
123	237	9	51	38	1	36	49	8	34
126	234	9	33	39	46	36	54	8	59
129	231	9	13	41	30	36	53	9	24
132	228	8	50	43	12	36	45	9	49
135	225	8	27	44	50	36	25	10	17
138	222	8	2	46	26	35	59	10	47
141	219	7	36	48	1	35	25	11	15
144	216	7	7	49	35	34	30	11	45
147	213	6	37	51	2	33	24	12	12
150	210	6	7	52	22	32	3	12	35
153	207	5	34	53	38	30	26	12	54
156	204	5	0	54	50	28	5	13	28
159	201	4	25	56	0	26	8	13	7
162	198	3	49	57	6	23	28	12	47
165	195	3	12	57	54	20	21	12	12
168	192	2	35	58	22	16	51	10	59
171	189	1	57	58	50	13	1	9	1
174	186	1	18	59	11	8	51	6	40
177	183	0	39	59	44	4	32	3	28
180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

TAFEL DER PROSTHAPHÄRESEN DER VENUS.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside		Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside	
Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	0	6	0	0	1	15	0	1	93	267	2	0	29	58	36	20	0	50
6	354	0	13	0	0	2	30	0	2	96	264	2	0	31	28	37	17	0	53
9	351	0	19	0	10	3	45	0	3	99	261	1	59	32	57	38	13	0	55
12	348	0	25	0	39	4	59	0	5	102	258	1	58	34	26	39	7	0	58
15	345	0	31	0	58	6	13	0	6	105	255	1	57	35	55	40	0	1	0
18	342	0	36	1	20	7	28	0	7	108	252	1	55	37	23	40	49	1	4
21	339	0	42	1	39	8	42	0	9	111	249	1	53	38	52	41	36	1	8
24	336	0	48	2	23	9	56	0	11	114	246	1	51	40	19	42	18	1	11
27	333	0	53	2	59	11	10	0	12	117	243	1	48	41	45	42	59	1	14
30	330	0	59	3	38	12	24	0	13	120	240	1	45	43	10	43	35	1	18
33	327	1	4	4	18	13	37	0	14	123	237	1	42	44	37	44	7	1	22
36	324	1	10	5	3	14	50	0	16	126	234	1	39	46	6	44	32	1	26
39	321	1	15	5	45	16	3	0	17	129	231	1	35	47	36	44	49	1	30
42	318	1	20	6	32	17	16	0	18	132	228	1	31	49	6	45	4	1	36
45	315	1	25	7	22	18	28	0	20	135	225	1	27	50	12	45	10	1	41
48	312	1	29	8	18	19	40	0	21	138	222	1	22	51	17	45	5	1	47
51	309	1	33	9	31	20	52	0	22	141	219	1	17	52	33	44	51	1	53
54	306	1	36	10	48	22	3	0	24	144	216	1	12	53	48	44	22	2	0
57	303	1	40	12	8	23	14	0	26	147	213	1	7	54	28	43	36	2	6
60	300	1	43	13	32	24	24	0	27	150	210	1	1	55	0	42	34	2	13
63	297	1	46	15	8	25	34	0	28	153	207	0	55	55	57	41	12	2	19
66	294	1	49	16	35	26	43	0	30	156	204	0	49	56	47	39	20	2	34
69	291	1	52	18	0	27	52	0	32	159	201	0	43	57	33	36	58	2	27
72	288	1	54	19	33	28	57	0	34	162	198	0	37	58	16	33	58	2	27
75	285	1	56	21	8	30	4	0	36	165	195	0	31	58	59	30	14	2	27
78	282	1	58	22	32	31	9	0	38	168	192	0	25	59	39	25	42	2	16
81	279	1	59	24	7	32	13	0	41	171	189	0	19	59	48	20	20	1	56
84	276	2	0	25	30	33	17	0	43	174	186	0	13	59	54	14	7	1	26
87	273	2	0	27	5	34	20	0	45	177	183	0	7	59	58	7	16	0	46
90	270	2	0	28	28	35	21	0	47	180	180	0	0	60	0	0	16	0	0

TAFEL DER PROSTHAPHÄRESEN DES MERKUR.

Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside		Gemeinschaftliche Zahlen		Prosthaphärese des excentrischen Kreises		Proportional-Minuten		Parallaxe der Erdbahn bei der grössten Abside		Ueberschuss der Parallaxe bei der kleinsten Abside	
Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Grad	Grad	Min.	Min.	Sec.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	0	8	0	3	0	44	0	8	93	267	3	0	53	43	18	23	4	3
6	354	0	17	0	12	1	28	0	15	96	264	3	1	55	4	18	37	4	11
9	351	0	26	0	24	2	12	0	23	99	261	3	0	56	14	18	48	4	19
12	348	0	34	0	50	2	56	0	31	102	258	2	59	57	14	18	56	4	27
15	345	0	43	1	43	3	41	0	38	105	255	2	58	58	1	19	2	4	34
18	342	0	51	2	42	4	25	0	45	108	252	2	56	58	40	19	3	4	42
21	339	0	59	3	51	5	8	0	53	111	249	2	55	59	14	19	3	4	49
24	336	1	8	5	10	5	51	1	1	114	246	2	53	59	40	18	59	4	54
27	333	1	16	6	41	6	34	1	8	117	243	2	49	59	57	18	53	4	58
30	330	1	24	8	29	7	15	1	16	120	240	2	44	60	0	18	42	5	2
33	327	1	32	10	35	7	57	1	24	123	237	2	39	59	49	18	27	5	4
36	324	1	39	12	50	8	38	1	32	126	234	2	34	59	35	18	8	5	6
39	321	1	46	15	7	9	18	1	40	129	231	2	28	59	19	17	44	5	9
42	318	1	53	17	26	9	59	1	47	132	228	2	22	58	59	17	17	5	9
45	315	2	0	19	47	10	38	1	55	135	225	2	16	58	32	16	44	5	6
48	312	2	6	22	8	11	17	2	2	138	222	2	10	57	56	16	7	5	3
51	309	2	12	24	31	11	54	2	10	141	219	2	3	56	41	15	25	4	59
54	306	2	18	26	17	12	31	2	18	144	216	1	55	55	27	14	38	4	52
57	303	2	24	29	17	13	7	2	26	147	213	1	47	54	55	13	47	4	41
60	300	2	29	31	39	13	41	2	34	150	210	1	38	54	25	12	52	4	26
63	297	2	34	33	59	14	14	2	42	153	207	1	29	53	54	11	51	4	10
66	294	2	38	36	12	14	46	2	51	156	204	1	19	53	23	10	44	3	53
69	291	2	43	38	29	15	17	2	59	159	201	1	10	52	54	9	34	3	33
72	288	2	47	40	45	15	46	3	8	162	198	1	0	52	33	8	20	3	10
75	285	2	50	42	58	16	14	3	16	165	195	0	51	52	18	7	4	2	43
78	282	2	53	45	6	16	40	3	24	168	192	0	41	52	8	5	43	2	14
81	279	2	56	46	59	17	4	3	32	171	189	0	31	52	3	4	19	1	43
84	276	2	58	48	50	17	27	3	40	174	186	0	21	52	2	2	54	1	9
87	273	2	59	50	36	17	48	3	48	177	183	0	10	52	2	1	27	0	35
90	270	3	0	52	2	18	6	3	56	180	180	0	0	52	2	0	0	0	0

Capitel 34.

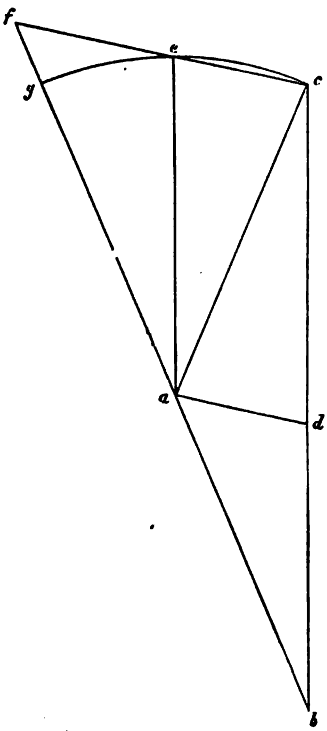
Wie die Längen der Oerter der fünf Planeten berechnet werden.

Mit Hülfe dieser so von uns aufgestellten Tafeln, können wir die Längen der Oerter der fünf Planeten ohne Schwierigkeit berechnen. Bei allen diesen ist nämlich die Methode der Berechnung fast dieselbe, wobei jedoch die Aeusseren sich etwas von der Venus und dem Merkur unterscheiden. Zuerst wollen wir daher vom Saturn, Jupiter und Mars sprechen, bei denen die Berechnung darin besteht, dass für eine beliebige, vorliegende Zeit, in der oben angegebenen Weise, die mittleren Bewegungen, nämlich die einfache der Sonne und die parallactische des Planeten, gesucht werden. Hierauf wird der Ort der grössten Abside des excentrischen Kreises des Planeten von dem einfachen Orte der Sonne abgezogen, und von dem Reste noch die parallactische Bewegung: was dann übrig bleibt, ist die Anomalie des excentrischen Kreises des Planeten, deren Zahl wir unter den gemeinsamen, in einer der beiden ersten Spalten der Tafel aufsuchen, daneben finden wir in der dritten Spalte die Prosthaphärese des excentrischen Kreises, und weiterhin die Proportionaltheile. Diese Prosthaphärese addiren wir zur parallactischen Bewegung, und ziehen dieselbe von der Anomalie des excentrischen Kreises ab, wenn die Zahl, mit welcher wir in die Tafel eingegangen sind, sich in der ersten Spalte gefunden hat; umgekehrt ziehen wir dieselbe von der parallactischen Bewegung ab, und addiren sie zu der Anomalie des excentrischen Kreises, wenn die Zahl in der zweiten Spalte steht. Die erhaltenen Summen oder Differenzen stellen die ausgeglichene Anomalie der Parallaxe und des excentrischen Kreises dar. Die Proportionaltheile heben wir uns zu einer gleich anzugebenden Verwendung auf. Die so ausgeglichene parallactische Anomalie suchen wir ebenfalls unter den ersten gemeinsamen Zahlen auf, und nehmen aus der fünften Spalte die Prosthaphärese der Parallaxe, nebst ihrem Ueberschusse aus der letzten Spalte daneben. Für diesen Ueberschuss nehmen wir den entsprechenden Theil aus den Proportionaltheilen, und addiren denselben stets zu der Prosthaphärese. Diese Summe giebt uns die wahre Parallaxe des Planeten, welche von der ausgeglichenen parallactischen Anomalie abgezogen werden muss, wenn jene kleiner, — und addirt werden muss, wenn sie grösser als der Halbkreis ist. So erhalten wir den wahren und erscheinenden Abstand des Planeten von dem mittleren Orte der Sonne im rückläufigen Sinne. Ziehen wir diesen Abstand von dem Orte der mittleren Sonne ab, so ist der Rest der gesuchte Ort des Planeten in Bezug auf die Fixsternsphäre. Wenn hierzu endlich die Präcession der Nachtgleichen addirt worden ist, so haben wir den Ort des Planeten vom Frühlingsnachtgleichenpunkte. Bei der Venus und dem Merkur nehmen wir anstatt der Anomalie des excentrischen Kreises, den Abstand der grössten Abside von dem mittleren Orte der Sonne, und gleichen durch diese Anomalie, die parallactische Bewegung und die Anomalie des excentrischen Kreises, auf die eben angegebene Weise, aus. Wenn aber die Prosthaphärese des excentrischen Kreises mit der ausgeglichenen Parallaxe dasselbe Vorzeichen hat oder derselben Art ist, so wird ihre Summe, addirt zu, oder abgezogen von dem mittleren Orte der Sonne; sind sie aber von verschiedenen Vorzeichen, so zieht man die kleinere von der grösseren Grösse ab, und mit dem Reste verfährt man in der angegebenen Weise, gemäss dem positiven oder negativen Vorzeichen der grösseren Zahl; so ergiebt sich der gesuchte erscheinende Ort[461]).

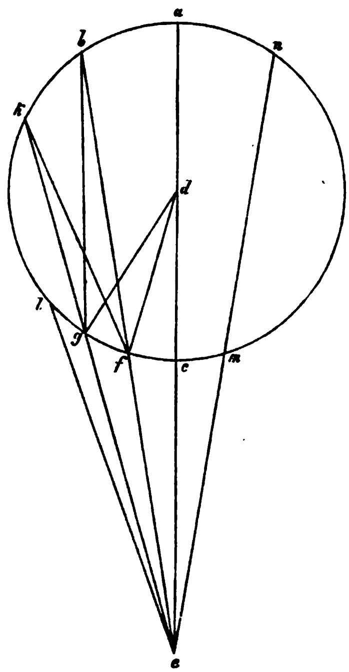
Capitel 35.

Ueber die Stillstände und die rückläufigen Bewegungen der fünf Planeten.[462])

Zu den Bestimmungen der Bewegung in Bezug auf die Länge, gehört auch noch die Kenntniss von den Stillständen und den rückgängigen oder rückläufigen Bewegungen; wo, wann und in welchem Maasse dieselben stattfinden. Auch hierüber haben die Mathematiker und vorzüglich Apollonius von Perga viel gehandelt; aber in solcher Weise, als ob die Planeten nur mit einer einzigen Ungleichheit und zwar in Bezug auf die Sonne sich bewegten, welche Ungleichheit wir, wegen der Bewegung der Erde in ihrer Bahn, die Parallaxe genannt haben. Wenn nämlich die Bahnen der Planeten mit der Erdbahn concentrisch wären, und die Planeten in derselben mit ungleichen Geschwindigkeiten, alle in demselben Sinne, d. h. rechtläufig sich bewegten; — und ein Planet in seiner Bahn, innerhalb der Erdbahn, wie Venus und Merkur, geschwinder ist, als die Bewegung der Erde; und eine von der Erde gezogene grade Linie die Bahn des Planeten so schneidet, dass die Hälfte des Abschnittes derselben innerhalb der Bahn, zu dem Stücke zwischen unserm Auge, nämlich der Erde und dem untern convexen Bogen der geschnittenen Bahn, dasselbe Verhältniss hat, in welchem die Bewegung der Erde zu der Geschwindigkeit des Planeten steht: so scheidet der von einer so gezogenen Linie bestimmte Punkt den Bogen nach dem Perigeum der Planetenbahn hin, als den der rückläufigen Bewegung von demjenigen der rechtläufigen Bewegung; so dass der Planet, wenn er in diesem Punkte selbst steht, den Eindruck eines Stillstandes macht. Schneidet ebenso bei den übrigen dreien äusseren Planeten, deren Bewegung langsamer als die Geschwindigkeit der Erde ist, eine durch unser Auge gezogene gerade Linie die Erdbahn so, dass die Hälfte des innerhalb der Erdbahn gelegenen Abschnittes, zu dem zwischen dem Planeten und unserm in dem näheren und convexen Bogen der Erdbahn befindlichen Auge, liegenden Abschnitte dasselbe Verhältniss hat, als die Bewegung des Planeten zu der Geschwindigkeit der Erde: so bietet der Planet an diesem Orte unserm Auge den Anblick eines Stillstandes dar. Wenn aber die Hälfte des innerhalb des Kreises gelegenen Abschnittes, wie gesagt, zu dem ausserhalb gelegenen übrigen Stücke ein grösseres Verhästniss hat, als die Geschwindigkeit der Erde zu der Geschwindigkeit der Venus oder des Merkur; oder als die Geschwindigkeit eines der oberen dreien Planeten zu der Geschwindigkeit der Erde: so ist der Planet rechtläufig; ist das Verhältniss kleiner, so ist er rückläufig. Um dieses zu beweisen wendet Apollonius einen Satz an, der zwar die Unbeweglichkeit der Erde voraussetzt, nichtsdestoweniger auch auf unser Princip von der Beweglichkeit der Erde passt, weshalb wir uns desselben ebenfalls bedienen. Wir können denselben in folgender Form aussprechen. Wenn die grössere Seite eines Dreiecks so geschnitten wird, dass der eine Abschnitt nicht kleiner ist, als die ihm anliegende Seite: so ist das Verhältniss dieses Abschnittes zu dem andern grösser, als das umgekehrte Verhältniss der Winkel, welche an der geschnittenen Seite anliegen. Es sei also in dem Dreiecke *abc*, *bc* die grössere Seite; wenn wir auf derselben *cd* nicht kleiner nehmen als *ac*, so behaupte ich, dass *cd* zu *bd* ein grösseres Verhältniss habe, als der Winkel *abc* zu dem Winkel *bca*. Dies wird folgendermaassen bewiesen. Man vollende das Parallelogramm *adce*, und verlängere *ba* und *ce*, bis sie sich im Punkte *f* treffen. Da nun *ae* nicht kleiner ist, als *ac*, so wird ein um den Mittelpunkt *a*, mit dem Radius *ae* beschriebener Kreis, entweder durch *c* oder darüber hinausgehen. Zunächst gehe derselbe durch *c*, und sei *gec*. Da nun das Dreieck *aef* grösser ist als der Sector *aeg*, das Dreieck *aec* aber kleiner ist als der Sector *aec:* so hat das Dreieck *aef* zu *aec* ein grösseres Verhältniss, als der Sector *aeg* zum Sector *aec*. Aber wie sich das Dreieck *aef* zu *aec* verhält: so verhält sich die Grundlinie *fe* zu *ec;* folglich ist das Verhältniss von *fe* zu *ec* grösser als das Verhältniss der Winkel *fae* zu *eac*. Wie sich aber *fe* zu *ec* verhält, so verhält sich auch *cd* zu *db*, der Winkel *fae* ist gleich *abc*, der Winkel *eac* gleich *bca*. Also hat auch *cd* zu *db* ein grösseres Verhältniss, als der Winkel *abc* zu *acb*. Es ist aber offenbar, dass dies Verhältniss noch viel grösser wäre, wenn *cd* oder *ae* nicht gleich *ac*, sondern *ae* grösser als *ac* genommen würde.



— Nun sei *abc* die Bahn der Venus oder des Merkur, um den Mittelpunkt *d;* ausserhalb dieses Kreises sei die Erde um denselben Mittelpunkt *d* beweglich; von *e*, als von unserm Auge, werde eine grade Linie *ecda* durch den Mittelpunkt des Kreises gezogen, *a* sei der von der Erde entfernteste Ort, *c* der nächste, und es sei das Verhältniss *dc* zu *ce* grösser, als das der Bewegung des Auges zu der Geschwindigkeit des Planeten. Es ist also möglich, eine Linie *efb* der Art zu ziehen, dass die Hälfte von *bf* zu *fe* sich verhält, wie die Bewegung des Auges zu der Bewegung des Planeten. Da diese Linie *efb* vom Mittelpunkte *d* entfernt liegt, so nimmt dieselbe in *fb* zu und in *fe* ab, bis das verlangte Verhältniss eintritt. Ich behaupte, dass der im Punkte *f* befindliche Planet uns den Anblick des Stillstandes darbietet, und wie klein wir auch einen Bogen zu beiden Seiten von *f* annehmen: so finden wir die Bewegung in dem nach dem Apogeum hin gelegenen Bogen rechtläufig, diejenige in dem zum Perigeum hin gelegenen aber rückläufig. Um dies zu beweisen, nehmen wir zuerst den nach dem Apogeum hin gelegenen Bogen *fg*, und ziehen *egk*, *bg*, *dg* und *df*. Da nun in dem Dreiecke *bge* der Abschnitt *bf* der grösseren Seite *be* grösser ist als *bg*, so hat *bf* und *ef* ein grösseres Verhältniss als der Winkel *feg* zu dem Winkel *gbf*. Folglich ist auch das Verhältniss der Hälfte von *bf* zu *fe* grösser als dasjenige des Winkels *feg* zu dem Doppelten des Winkels *gbf*, d. h. zu dem Winkel *gdf*. Aber das Verhältniss der Hälfte von *bf* zu *fe* ist gleich demjenigen der Bewegung der Erde zu der Geschwindigkeit des Planeten; also ist das Verhältniss des Winkels *feg* zu *gdf* kleiner als dasjenige der Geschwindigkeit der Erde zu der des Planeten. Folglich ist der Winkel, welcher zu *fdg* dasselbe Verhältniss hat, als die Bewegung der Erde zu der des Planeten, grösser als der Winkel *feg*; derselbe sei gleich *fel*: in derselben Zeit also, in welcher der Planet den Bogen *gf* seiner Bahn durchläuft, scheint er für unser Auge einen diesem entgegengesetzten Raum zu durchlaufen, nämlich von *ef* nach *el*. Es ist also klar, dass in derjenigen Zeit, in welcher der Planet für unser Auge den Bogen *gf* in rückläufiger Bewegung unter dem kleineren Winkel *feg* zurückzulegen scheint, die Bewegung der Erde ihn um den grösseren Winkel *fel* im rechtläufigen Sinne versetzt; und dass also der Planet noch um die Winkeldifferenz *gel* sich zu bewegen, also noch nicht still zu stehen scheint. Ebenso offenbar ist es aber auch, dass auf dieselbe Weise das Umgekehrte bewiesen wird; wenn wir in derselben Figur annehmen, dass die Hälfte von *gk* zu *ge* dasselbe Verhältniss habe, wie die Bewegung der Erde zu der Geschwindigkeit des Planeten. — Wir nehmen also den Bogen *gf* von der graden Linie *ek* aus zum Perigeum hin und ziehen *kf*, wodurch ein Dreieck *kef* gebildet wird, in welchem *ge* grösser als *ef* ist; folglich ist *kg* zu *ge* ein kleineres Verhältniss, als dasjenige des Winkels *feg* zu *fkg*. Ebenso ist auch das Verhältniss der Hälfte von *kg* zu *gf* kleiner, als dasjenige des Winkels *feg* zu dem Doppelten von *fkg*, d. h.

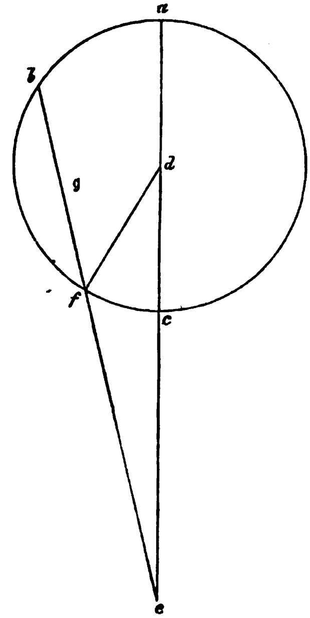


wiederum zu dem Winkel *gdf*, wie vorhin gezeigt wurde. Und daraus geht hervor, dass der Winkel *gdf* zu dem Winkel *feg* ein kleineres Verhältniss habe, als die Geschwindigkeit des Planeten zu der Geschwindigkeit des Auges. Sind dagegen diese beiden Verhältnisse gleich, so ist der Winkel *gdf* grösser als der Winkel *feg*, und der Planet macht also auch eine grössere rückgängige Bewegung als ein Vorrücken erfordert. Hiernach ist auch klar, dass wenn wir die Bogen *fc* und *cm*[463]) gleich machen, im Punkte *m* ein zweiter Stillstand stattfindet. Denn ziehen wir die Linie *emn*, so verhält sich die Hälfte von *mn* zu *me*, wie die Geschwindigkeit der Erde zu derjenigen des Planeten; ebenso wie sich auch die Hälfte von *bf* zu *fe* verhält, und folglich stellen die beiden Punkte *f* und *m* die beiden Stillstände dar, und bestimmen den ganzen Bogen *fcm* als einen rückläufigen, der Rest des Kreises ist dann rechtläufig. Auch folgt, dass, wenn die Entfernungen der Art sind, dass *dc* zu *ce* kein grösseres Verhältniss darstellt, als dasjenige der Geschwindigkeit der Erde zu der Geschwindigkeit des Planeten, es dann auch nicht möglich ist, eine andere gerade Linie zu ziehen, welche dieses Verhältniss darstellt, und also auch der Planet weder einen Stillstand noch eine rückläufige Bewegung zeigen wird. Denn da in dem Dreiecke *deg* die grade Linie *dc* nicht kleiner als *eg* angenommen ist: so wird auch der Winkel *ceg* zum Winkel *cdg* ein kleineres Verhältniss, als die Grade *dc* zu *ce* haben. Das Verhältniss von *dc* zu *ce* ist aber nicht grösser als die Geschwindigkeit der Erde zu der Geschwindigkeit des Planeten; also hat der Winkel *ceg* zu dem Winkel *cdg* ein kleineres Verhältniss, als die Geschwindigkeit der Erde zu der Geschwindigkeit des Planeten. Ist aber dies der Fall, so ist der Planct rechtläufig, und wir werden nirgend in der Bahn des Planeten einen Bogen finden, in welchem er rückläufig erschiene. Dies gilt von der Venus und dem Merkur, welche innerhalb der Erdbahn sich befinden. Von den übrigen dreien Aeusseren wird dies auf dieselbe Weise und auch an derselben Figur[464]) bewiesen; nur dass die Namen sich ändern, so dass *abc* nun die Bahn der Erde oder unseres Auges, und *e* den Planeten bedeutet, dessen Bewegung in seiner Bahn kleiner ist, als die Geschwindigkeit unseres Auges in der Erdbahn. Im Uebrigen verläuft der Beweis ganz so wie vorhin.

Capitel 36.

Wie man die Zeiten, Oerter und Bogen der rückläufigen Bewegungen bestimmt.[465])

Wenn nun die Bahnen, in denen sich die Planeten bewegen, mit der Erdbahn concentrisch wären, so könnte man, da das Verhältniss der Geschwingkeit des Planeten zu der Geschwindigkeit unseres Auges immer dasselbe bliebe: leicht bestimmen, was die obigen Beweise ergeben; jene Bahnen sind aber excentrisch und daher auch die scheinbaren Bewegungen ungleichmässig. Deshalb müssen wir überall die besonderen und entsprechenden Bewegungen nebst den Ungleichheiten ihrer Geschwindigkeiten berücksichtigen, und bei den Ableitungen diese, und nicht die einfachen und gleichmässigen anwenden; ausser wenn der Planet in seiner mittleren Abside sich befindet, wo allein er nur mit mittlerer Geschwindigkeit sich in seiner Bahn zu bewegen scheint. Dies wollen wir an dem Beispiele des Mars zeigen, aus welchem Beispiele die rückläufigen Bewegungen auch der übrigen Planeten deutlicher hervorgehen werden. Es sei also *abc* die Erdbahn, in welcher sich unser Auge bewegt, der Planet befinde sich in *e*, von wo durch den Mittelpunkt der Bahn die grade Linie *ecda*, und ausserdem noch *efb* gezogen werde. Die Hälfte von *bf*, also *gf*, verhalte sich zu *ef*, wie die besondere Geschwindigkeit des Planeten zu der Geschwindigkeit des Auges, welche Letztere grösser ist, als die des Planeten. Unsere Aufgabe ist, den Bogen *fc*, als die Hälfte der Rückläufigkeit, oder *abf* zu finden, um zu wissen, wie weit der Planet von dem entferntesten Punkte *a* absteht, wenn er stationär ist, um den Winkel *fec* zu erhalten; denn hieraus können wir die Zeit und den Ort dieser Erscheinung des Planeten vorher bestimmen. Der Planet befinde sich in der Gegend der mittleren Abside des excentrischen Kreises, wo seine Bewegung der Länge und der Anomalie sich wenig von der gleichmässigen unterscheidet. In sofern nun bei dem Planeten Mars die mittlere Bewegung 1. 8^{I} 7^{II} beträgt, ist die parallactische Bewegung, d. h. die Bewegung unsres Auges in Beziehung auf die mittlere Bewegung des Mars gleich 1; der ersteren aber entspricht die Hälfte der Linie *bf*, also *gf*, der letzteren *ef*, also entsprechen der ganzen Linie *eb* 3. 16^{I} 14^{II}, und also dem Rechtecke *bf* mal *ef* ebenfalls 3. 16^{I} 14^{II}[466].) Wir haben aber gezeigt, dass der Radius der Bahn *da* gleich 6580, wenn *de* gleich 10000; wenn aber *de* gleich 60, so ist *ad* gleich 39. 29^{I}, und es verhält sich die ganze Linie *ae* zu *ec* wie 99. 29^{I} zu 20. 31^{I}, und das von ihnen gebildete Rechteck wird gleich 2041. 4^{I}, und dies ist gleich demjenigen von *be* und *ef*. Aus der Vergleichung[467]), nämlich aus der Division von 2041. 4^{I} durch 3. 16^{I} 14^{II}, erhalten wir 624. 4^{I} und die entsprechende Quadratseite 24. 58^{I} 52^{II}, was gleich *ef* ist, wenn *de* gleich 60 angenommen wird, ist aber *de* gleich 10000, so ist *ef* gleich 4163. 5^{I} und *df* gleich 6580. In dem Dreiecke *def* sind also die Seiten gegeben, und wir erhalten den Winkel *def* gleich 27° 15′, als den Winkel der Rückläufigkeit des Planeten, und den Winkel *cdf* gleich 16° 50′, als den Winkel der parallactischen Anomalie. Da also der Planet bei seinem ersten Stillstande in der Linie *ef* erscheint, und bei seiner Oppo-



sition mit der Sonne in die Linie *ec* tritt, so würden, falls der Planet sich überhaupt nicht rechtläufig bewegte, die 16° 50′ des Bogens *cf* eine Rückläufigkeit von der Grösse des Winkels *aef*, nämlich von 27° 15′ ergeben. Aber nach dem erwiesenen Verhältnisse der Geschwindigkeit des Planeten zu der Geschwindigkeit des Auges, entspricht jener Bewegung der parallactischen Anomalie von 16° 50′, eine Bewegung des Planeten in der Länge von etwa 19° 6′ 39″; zieht man diese von jenen 27° 15′ ab, so bleiben zwischen dem Orte des Stillstandes und dem der Opposition 8° 8′, und jene Bewegung des Planeten in der Länge, von 19° 6′ 39″, wird in einer Zeit von 36^d 30^I zurückgelegt, also wird die ganze rückläufige Bewegung von 16° 16′ in 73 Tagen vollendet. Was hier für die mittlere Entfernung im excentrischen Kreise gezeigt ist, lässt sich für andere Orte ebenso entwickeln; nur muss man, wie gesagt, immer die für den Ort geltende besondere Geschwindigkeit des Planeten anwenden. Für Saturn, Jupiter und Mars gilt dieselbe Beweisführung, nicht minder auch für Venus und Merkur, wenn wir nur für den Planeten das Auge, und für das Auge den Planeten setzen; es ergiebt sich hier für die Bahnen, welche von der Erde umkreist werden, natürlich das Umgekehrte von dem, was für die Bahnen, welche die Erde umschliessen, gezeigt ist; und es mag daher genug sein, damit wir nicht immer dasselbe Lied wiederholen. Da aber dennoch die veränderliche Bewegung der Planeten, nicht geringe Schwierigkeiten in Bezug auf das Auge und eine Zweifelhaftigkeit über die Stillstände herbeiführt, von denen uns der angeführte Satz des Apollonius keineswegs befreit: so weiss ich nicht, ob man nicht besser thäte, die Stillstände einfach aus den zunächst liegenden Oertern zu berechnen, in der Weise, wie wir die Oppositionen der Planeten aus ihrer Beziehung zu der Linie der mittleren Bewegung der Sonne, oder die Conjunction irgend welcher beiden Planeten aus der Combination der bekannten Zahlenangaben über ihre Bewegungen gefunden haben; dies überlassen wir dem Belieben eines Jeden.

Nicolaus Copernicus' Kreisbewegungen.

Sechstes Buch.

Welchen Einfluss und Erfolg die angenommene Kreisbewegung der Erde auf die erscheinende Bewegung der Planeten in Hinsicht der Länge hat, und in welche bestimmte und nothwendige Gesetzmässigkeit sie diese Alle zwingt, haben wir, soweit wir es vermochten, nachgewiesen. Es ist nun noch übrig, dass wir uns mit denjenigen Bewegungen dieser Gestirne beschäftigen, durch welche sie ihre Breiten ändern; und dass wir zeigen, wie dieselbe Bewegung der Erde auch hierin die Herrschaft führt und jenen auch in dieser Beziehung Gesetze vorschreibt. Es ist aber auch dieser Theil der Wissenschaft nothwendig, weil die Breitenbewegung der Planeten eine nicht geringe Verschiedenheit in den Erscheinungen des Auf- und Unterganges, des Sichtbarwerdens und Verschwindens und anderer, welche im Allgemeinen schon früher dargethan sind, hervorbringt; und auch weil man nicht sagen kann, dass die wahren Oerter der Planeten erkannt sind, ehe nicht die Länge zugleich mit der Breite in Bezug auf die Ekliptik festgestellt ist. Was nun die alten Mathematiker auch hierbei durch die Unbeweglichkeit der Erde zu beweisen versucht haben, das wollen wir mittelst ihrer Bewegung vielleicht kürzer und bequemer ausführen.

Capitel 1.

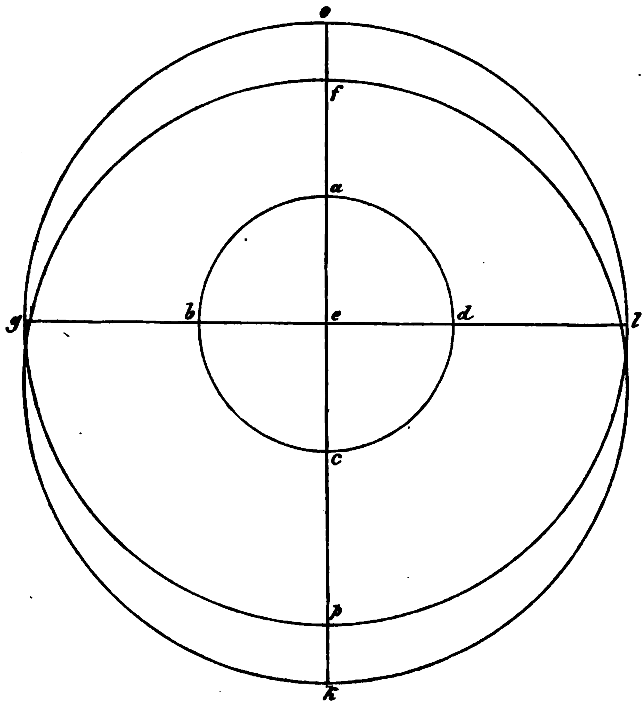
Allgemeine Auseinandersetzung über die Bewegung der fünf Planeten in Bezug auf die Breite.

Die Alten haben gefunden, dass bei allen Planeten zwei Ungleichmässigkeiten der Breite stattfinden, entsprechend der zweifachen Ungleichmässigkeit der Länge eines jeden derselben; und dass die eine von der Excentricität der Bahnen, die andere von den Epicykeln herrühre. An Stelle dieser Epicykeln setzen wir die schon oft angewendete eine Erdbahn. Nicht als ob diese Bahn selbst von der Ebene des Thierkreises, welche sie nun einmal für immer einnimmt, da beide dasselbe sind, — irgendwie abwiche; sondern indem die Bahnen der Planeten gegen dieselbe unter einem veränderlichen Winkel geneigt sind. Diese Veränderung richtet sich aber nach den Oertern und den Bewegungen der Erde in ihrer Bahn. Wie nun die drei oberen: Saturn, Jupiter und Mars sich nach etwas anderen Gesetzen in Hinsicht der Länge bewegen, als die übrigen Beiden: so unterscheiden sie sich auch in der Bewegung der Breite nicht wenig Es ist daher zuerst untersucht worden, wo bei Jenen die äussersten Grenzen der nördlichen Breite liegen, und wieviel die Abweichung beträgt. Ptolemäus fand dieselben[468]) beim Saturn und Jupiter im Anfange der Waage, beim Mars aber im Ende des Krebses, nahezu im Apogeum des excentrischen Kreises. Zu unsern Zeiten haben wir diese nördlichsten Grenzen gefunden beim Saturm in 7° des Skorpion, beim Jupiter in 27° der Waage, beim Mars in 27° des Löwen, und um so viel haben auch bis zu unsrer Zeit die Apogeen sich geändert, denn die Neigungen der Planeten-Bahnen und ihre Hauptpunkte der Breiten folgen derselben Bewegung. Von diesen Grenzen nach mittlerer oder erscheinender Bewegung um Quadranten ihrer Bahnen abstehend, scheinen sie keinerlei Abweichungen in der Breite zu machen, wo auch immer die Erde grade dann stehen möge. In diesen mittleren Abständen erkennt man also, dass sie in den gemeinsamen Schnittpunkten ihrer Bahnen mit der Erdbahn stehen; nicht anders als der Mond in den Schnittpunkten seiner Bahn mit der Ekliptik. Diese Schnittpunkte nennt Ptolemäus[468]) Knoten, und zwar den aufsteigenden den, wo der Planet in die nördliche, den absteigenden den, wo derselbe in die südliche Hälfte übergeht. Nicht als ob die Erdbahn, welche immer in der Ebene der Ekliptik bleibt, für jene irgend eine Breite herbeiführte; sondern jede Breiten-Abweichung rührt von den Planeten selbst her, und dieselbe ändert sich am meisten in denjenigen Punkten, in denen die Planeten, bei ihrer Opposition mit der Sonne oder bei ihrer mitternächtlichen Culmination, für die sich nähernde Erde immer eine grössere Abweichung zeigen, als bei irgend einer andern Stellung der Erde; und zwar im nördlichen Halbkreise nach Norden, und im südlichen Halbkreise nach Süden; und dieser Unterschied ist grösser, als es das Nähern oder Entfernen der Erde erfordert. Aus diesem Umstande erkennt man, dass die Neigungen jener Bahnen keine feststehenden sind, sondern durch schwankende, den Kreisbewegungen in der Erdbahn commensurable Bewegungen sich verändern, wie etwas weiter unten besprochen werden soll. Venus aber und Merkur scheinen in etwas anderer Weise in der Breite abzuweichen, jedoch in einer bestimmten Abhängigkeit von der grössten, der kleinsten und den beiden mittleren Absiden. Denn in den mittleren Entfernungen, wo nämlich die Linie der mittleren Bewegung der Sonne, von der grössten und kleinsten Abside der Planeten um Quadranten absteht, und die Planeten selbst als Morgen- oder Abendsterne von derselben Linie der mittleren Bewegung der Sonne um Quadranten ihrer eigenen Bahnen entfernt sind, fand man an ihnen keine Abweichung von der Ekliptik, woraus man erkannte, dass die Planeten dann in der gemeinsamen Schnittlinie ihrer Bahnen und der Ekliptik standen. Diese Schnittlinie bewegt sich durch die Apogeen und Perigeen, dadurch machen die Planeten, indem sie in Bezug auf die Erde entfernter oder näher zu stehen kommen, merkliche Abweichungen, und zwar die grösste bei ihrer grössten Entfernung von der Erde, d. h. wenn sie anfangen des Abends sichtbar zu werden, oder des Morgens zu verschwinden; wo dann Venus am nördlichsten, Merkur am südlichsten erscheint. Und auf der andern Seite bei ihrer grösseren Erdnähe, wenn sie aufhören Abendsterne zu sein, und wenn sie beginnen, des Morgens sichtbar zu werden; wo dann Venus südlich, Merkur nördlich steht. Umgekehrt, wenn die Erde in dem jenem Orte entgegengesetzten steht, und zwar in der andern mittleren Abside, während nämlich die Anomalie des excentrischen Kreises 270^0 beträgt: erscheint Venus, in der grössten Entfernung von der Erde, südlich, Merkur nördlich, und in der der Erde näheren Stellung ist Venus nördlich, Merkur südlich. Wenn sich aber die Erde den Apogeen dieser Planeten näherte, fand Ptolemäus die Breite der Venus, wenn sie Morgenstern war, nördlich; wenn sie Abendstern war, südlich; — die Breite des Merkur umgekehrt des Morgens südlich, des Abends nördlich. Dies kehrt sich wieder ebenso in der entgegengesetzten Gegend, nämlich im Perigeum, um, so dass Venus als Morgenstern südlich, als Abendstern nördlich; Merkur als Morgenstern nördlich, als Abendstern südlich erscheint. Und dabei fand man in jeder dieser beiden Stellungen bei der Venus die nördliche Breite grösser als die südliche, beim Merkur die südliche grösser als die nördliche. Aus diesem Umstande schloss man auf eine gedoppelte Breite für diese Gegend, im Ganzen aber auf drei, und nannte die erste, bei den mittleren Entfernungen, Inklination; die zweite, bei der grössten und kleinsten Abside, Obliquation; die dritte, mit dieser verknüpfte, Deviation. Die Letztere ist bei der Venus immer nördlich, beim Merkur immer südlich. Zwischen jenen vier Grenzpunkten vermischen sie sich miteinander, nehmen abwechselnd zu und ab, und verdrängen einander; die Umstände, unter denen dies Alles vor sich geht, werden wir näher angeben.

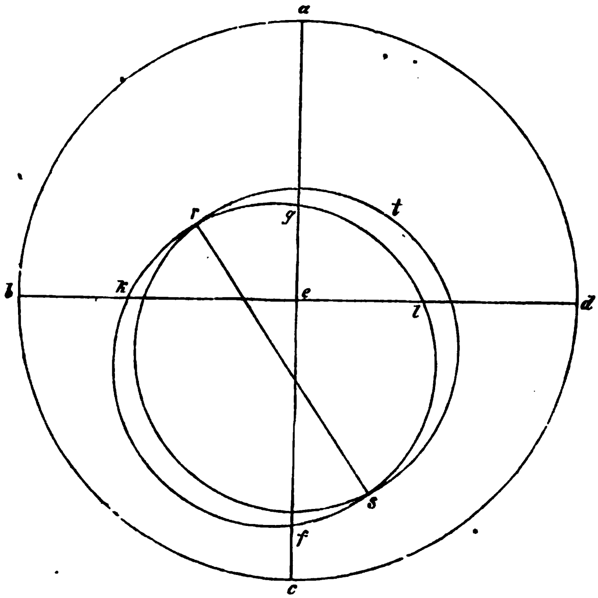
Capitel 2.

Annahmen von Kreisen, in denen die Planeten in Bezug auf die Breite sich bewegen.

Man hat sich also bei den fünf Planeten vorzustellen, dass ihre Bahnen gegen die Ebene der Ekliptik unter regelmässig veränderlichen Winkeln geneigt sind, und dass ihre gemeinsamen Schnittlinien, Durchmesser der Ekliptik bilden. Beim Saturn, Jupiter und Mars hat der Neigungswinkel um jene Schnittlinie, wie um eine Axe eine gewisse Schwankung, wie wir eine solche bei der Präcession der Nachtgleichen nachgewiesen haben, aber eine einfache und mit der parallactischen Bewegung commensurable, durch welche der Neigungswinkel in bestimmten Zwischenräumen vergrössert und verkleinert wird. So dass, so oft die Erde dem Planeten am nächsten steht, nämlich bei der mitternächtlichen Culmination, die grösste Inclination der Planetenbahn eintritt; in der entgegengesetzten Stellung, die kleinste; in der mittleren, die mittlere. Wenn nun der Planet im Punkte seiner grössten nördlichen oder südlichen Breite steht, so erscheint diese Breite in der Erdnähe weit grösser, als in der grössten Entfernung von der Erde; und obgleich diese verschiedene Entfernung der Erde schon allein die Ursache dieser Verschiedenheit sein könnte, weil das Nähere grösser erscheint als das Entferntere: so zeigen die Breiten der Planeten doch eine noch grössere Verschiedenheit im Wachsen und Abnehmen, was seinen Grund nur darin haben kann, dass ihre Bahnen selbst in ihren Lagen schwanken. Wie wir aber schon früher gesagt haben, so muss bei solchen Schwankungen ein gewisses Mittel zwischen den äussersten Grenzen angenommen werden. Damit dies deutlicher werde, sei *abcd* die Erdbahn, welche mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt, *e* ihr Mittelpunkt; gegen dieselbe sei die Bahn des Planeten *fgkl* unter einem mittleren, sich gleichbleibenden Winkel geneigt, ihre nördliche Grenze der Breite sei *f*, die südliche *k*, der absteigende Knoten sei *g*, der aufsteigende *l*. Die gemeinsame Schnittlinie sei *bed*, und dieselbe werde gradlinig um die Stücke *gb* und *dl* verlängert. Diese vier Grenzpunkte mögen nur nach Maassgabe der Bewegung der Absiden sich ändern.



Man sieht aber, dass die Längenbewegung des Planeten nicht in der Ebene des Kreises *fg* vor sich geht, sondern in derjenigen des andern, *op*, der mit dem schrägen *fg* denselben Mittelpunkt hat, und diese Beiden schneiden sich einander in derselben graden Linie *gbdl*. Während sich also der Planet in dem Kreise *op* bewegt, kommt er durch die schwankende Bewegung zuweilen in die Ebene *fk*, überschreitet dieselbe nach der andern Seite, und zeigt so entgegengesetzte Breiten. Nun sei der Planet zuerst bei der grössten nördlichen Breite, im Punkte *o*, der Erde, welche in *a* stehe, am nächsten; dann wird die Breite des Planeten um den Winkel der grössten Neigung *ogf* des Kreises *ogp* wachsen. Weil aber diese hin und hergehende Bewegung, nach der Voraussetzung mit der parallactischen commensurabel ist, so wird, wenn die Erde grade in *b* steht, *o* mit *f* zusammenfallen, und die Breite des Planeten an dieser Stelle kleiner als vorher erscheinen. Noch viel kleiner erscheint sie aber, wenn die Erde im Punkte *c* steht; denn dann geht *o* zu der äussersten entgegengesetzten Grenze seiner Schwankung über, und lässt nur soviel übrig, als von der abzuziehenden Schwankung, die gleich dem Winkel *ogf* ist, an nördlicher Breite übrig gelassen wird. Von da wächst im Verlaufe des übrigen Halbkreises *cda* die nördliche Breite des Planeten bis dahin, von wo sie ausgegangen war. Derselbe Hergang und Maassstab wird für die südliche Breite des im Punkte *k* stehenden Planeten gelten, wenn die Bewegung der Erde von *c* aus ihren Anfang nimmt. Wenn aber der Planet in einem der beiden Knoten *g* oder *l*, in Opposition oder Conjunction mit der Sonne stände; so würde, obgleich dann die Kreise *fk* und *op* um ihren grössten Neigungswinkel divergirten, keine Breite des Planeten bemerkt, weil er in der gemeinsamen Schnittlinie der Kreise sich befände. Hieraus wird, denke ich, leicht eingesehen, wie von *f* bis *g* die nördliche Breite des Planeten abnimmt und von *g* bis *k* die südliche wächst, und wie dieselbe bei dem Punkte *l* ganz verschwindet und in die nördliche übergeht. So verhalten sich die drei oberen Planeten. Von diesen unterscheiden sich Venus und Merkur, wie in der Länge, so auch in der Breite nicht wenig, weil die gemeinsamen Schnittlinien ihrer Bahnen durch die Apogeen und Perigeen gelegen sind und ihre grössten Neigungen in der Gegend der mittleren Absiden wegen der Schwankungen, ebenso veränderlich wie die jener oberen Planeten, variiren; aber die unteren ausserdem noch einer andern, von der früheren verschiedenen Schwankung unterworfen sind. Beide sind jedoch mit der Kreisbewegung der Erde commensurabel, aber nicht in einer und derselben Weise. Denn die erste Schwankung verhält sich so, dass, während die Erde einmal zu den Absiden dieser Planeten zurückkehrt, die Bewegung dieser Schwankung selbst zweimal abläuft, und zwar um eine feste Axe, welche, wie gesagt, die durch die Apogeen und Perigeen liegende Schnittlinie darstellt; so dass, so oft die Linie der mittleren Bewegung der Sonne durch das Perigeum oder Apogeum dieser Planeten geht, der grösste, in den mittleren Entfernungen aber immer der kleinste Neigungswinkel stattfindet. Die zweite, zu dieser noch hinzukommende Schwankung unterscheidet sich aber von dieser dadurch, dass sie um eine bewegliche Axe vor sich geht, so dass, wenn sich die Erde in der mittleren Entfernung befindet, Venus sowohl als auch Merkur, immer in der Axe, d. h. in der gemeinsamen Schnittlinie, dieser Schwankung steht. Dabei ist, wenn das Apogeum oder Perigeum des Planeten der Erde zugekehrt ist, Venus, wie gesagt, immer am meisten nach Norden abgelenkt, Merkur nach Süden; während sie doch, wegen der früheren einfachen Neigung dann gar keine Breite haben müssten. Z. B. Während die mittlere Bewegung der Sonne mit dem Apogeum der Venus zusammenfällt und diese sich grade in demselben befindet: — wird, gemäss der einfachen Neigung und der ersten Schwankung um die gemeinsame Schnittlinie ihrer Bahn mit der Ebene der Ekliptik, offenbar dann keine Breite stattfinden; aber die zweite Schwankung, welche um einen querliegenden, und die Linie der grössten und kleinsten Abside rechtwinklig schneidenden Durchmesser, als Axe, vor sich geht: führt für dieselbe ihre grösste Ablenkung herbei. Wenn aber die Venus zu derselben Zeit gerade in einem der beiden Quadranten, also in der mittleren Abside ihrer Bahn stände, dann fiele die Axe dieser Schwankung mit der mittleren Bewegung der Sonne zusammen, und Venus fügte zu ihrer nördlichen Ablenkung die grösste Differenz hinzu, oder verkleinerte die südliche um ebenso viel. Und so wird die Schwankung der Ablenkung mit der Bewegung der Erde commensurabel. Damit dies noch leichter verstanden werde, construiren wir wieder die Erdbahn *abcd*, und die gegen den Kreis *abc* unter dem mittleren Neigungswinkel geneigte excentrische Bahn *fgkl* der Venus oder des Merkur. Die gemeinsame Schnittlinie *fg* derselben gehe durch das Apogeum *f* und durch das Perigeum *g* der Bahn. Nehmen wir, der bequemeren Beweisführung wegen, die Neigung des excentrischen Kreises *gkf* zuerst als einfach und fest, oder, wenn man will, als die mittlere zwischen der kleinsten und grössten an; wobei aber die gemeinsame Schnittlinie *fg* durch die Bewegung des Perigeums und Apogeums sich ändert. Wenn nun in dieser Schnittlinie, also in *a* oder *c*, die Erde und zugleich der Planet steht: so ist klar, dass der Planet dann keine Breite zeigt, während jede Breite seitlich in den Halbkreisen *gkf* und *flg* liegt; in diesen hat der Planet, wie gesagt, eine nördliche oder südliche Breite, nach Maassgabe der Neigung des Kreises *fkg* gegen die Ebene der Ekliptik. Diese Abweichung des Planeten nennen Einige Obliquation, Andere Reflexion. Wenn aber die Erde in *b* oder *d*, d. h. in den mittleren Absiden des Planeten steht: so liegen dieselben Breiten *fkg* und *glf* oberhalb oder unterhalb und diese nennt man Declination; sie unterscheiden sich also mehr dem Namen als der Sache nach von den vorigen, mit denen sie in den mittleren Oertern auch die Namen gemein haben. Da aber der Neigungswinkel dieser Kreise bei der

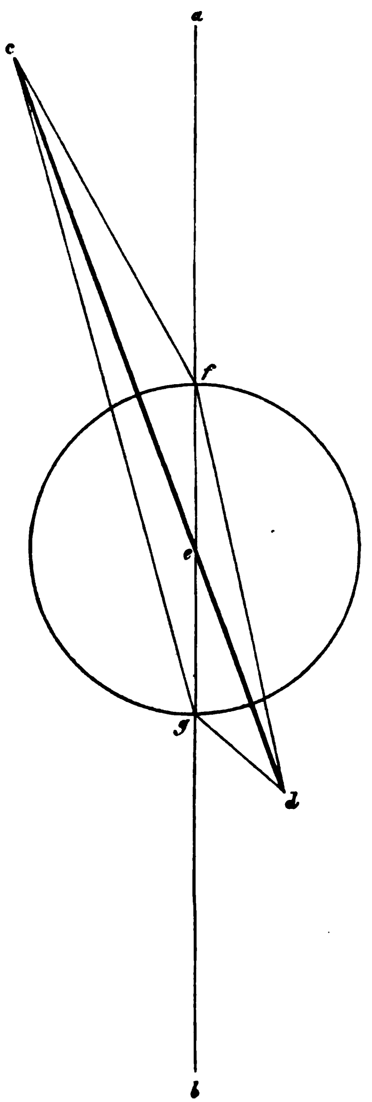


Obliquation grösser gefunden wurde, als bei der Declination: so erkannte man, dass dies durch eine gewisse Schwankung entstehe, welche um die Schnittlinie *fg*, als um ihre Axe, wie weiter oben gesagt ist, vor sich gehe. Wenn uns daher diese Neigungswinkel zu beiden Seiten bekannt sind: so können wir aus ihrer Differenz leicht finden, wie viel jene Schwankung von ihrem kleinsten bis zu ihrem grössten Werthe beträgt. Nun stelle man sich noch einen andern Ablenkungskreis vor, der gegen *gkfl* geneigt ist und mit demselben bei der Venus den Mittelpunkt gemein hat, beim Merkur zu dessen excentrischen Kreise excentrisch ist, wie hernach gezeigt werden soll. Ihre gemeinsame Schnittlinie sei *rs*, als eine im Umlauf begriffene Axe, dieser Schwankung, so dass, wenn die Erde in *a* oder *b* steht, der Planet die äusserste Grenze seiner Ablenkung irgendwo im Punkte *t* erreicht; und um so viel die Erde von *a* fortschreitet, der Planet um eben so viel von *t* sich entfernt, wobei indessen die Neigung des Ablenkungskreises abnimmt; so dass, während die Erde den Quadranten *ab* durchmessen hat, der Planet zu dem Knoten *r* seiner Breite gekommen ist. Da aber alsdann die Ebenen in der mittleren Schwankung zusammenfallen, und in die entgegengesetzten Lagen übergehen, so rückt der andere Halbkreis der Ablenkung, welcher bisher südlich lag, nun nach Norden. Indem sich nun die Venus auf diesem Halbkreise fortbewegt, wird sie mit Auslassung des Südens, wieder nördlich, und durch diese Schwankung nie südlich abgelenkt. Ebenso behält Merkur die südliche Ablenkung bei, welche noch darin von jener unterschieden ist, dass dieselbe in einem, mit dem excentrischen Kreise nicht homocentrischen, sondern excentrischen Kreise schwankt. Für diesen Planeten haben wir uns bei der Ableitung seiner Ungleichmässigkeit in der Bewegung der Länge, eines Epicykels bedient. Da aber dort die Länge ohne die Breite, und hier die Breite ohne die Länge betrachtet wird, und doch Beide denselben Umlauf haben, und sich zugleich wiederholen: so leuchtet hinlänglich ein, dass es eine einzige Bewegung und dieselbe Schwankung ist, welche beide Veränderungen hervorbringen kann, indem sie zugleich excentrisch und schräg ist, und dass es keine andere Annahme giebt, als diejenige, von welcher wir eben gesprochen haben, und welche wir unten näher besprechen werden.

Capitel 3.

Wie gross die Neigungswinkel der Bahnen des Saturn, Jupiter und Mars sind.

Nachdem die Grundlagen der Abweichungen der fünf Planeten dargelegt sind, gehen wir nun auf die Thatsachen selber ein, und untersuchen das Einzelne; und zwar zuerst, wie gross die Neigungen der einzelnen Kreise sind, und diese messen wir an demjenigen grössten Kreise, welcher durch die Pole des geneigten Kreises, und rechtwinklig gegen die Ekliptik gelegt ist, und an welchem die Durchgänge der Breite nach beobachtet werden. Wenn dies nämlich festgestellt ist: so ist der Weg zur Kenntniss jeder einzelnen Breite eröffnet. Fangen wir wieder mit den drei oberen Planeten an, so ergeben sich, nach den Tafeln des Ptolemäus[169]) für die äussersten Grenzen der südlichen Breite in der Opposition; bei Saturn 3° 5′, bei Jupiter 2° 7′, bei Mars 7° 0′; in der Conjunction mit der Sonne; so weit dies aus den Breiten, welche er in der Nähe ihres Verschwindens und Wiedererscheinens beobachtete, erschlossen werden konnte; bei Saturn 2° 2′, bei Jupiter 1° 5′, bei Mars nur 0° 5′; so dass Letzterer fast mit der Ekliptik zusammenfällt. Dies vorausgeschickt, sei in einer Ebene, welche senkrecht gegen die Ekliptik steht, *ab* deren gemeinsame Schnittlinie durch den Mittelpunkt der Erdbahn, *cd* diejenige des excentrischen Kreises irgend eines der drei oberen Planeten, durch die äusserste nördliche und südliche Grenze. Der Mittelpunkt der Erdbahn sei *e* und ihr Durchmesser *feg*. Es sei ferner *d* die südliche, *c* die nördliche Breite, und man ziehe *cf*, *cg*, *df* und *dg*. Nun sind schon oben die Verhältnisse des Radius *eg* der Erdbahn, zu dem Radius *cd* des excentrischen Kreises des Planeten, für jeden beliebigen Ort desselben, im Einzelnen dargelegt. Die Oerter der grössten Breiten sind aber aus den Beobachtungen gegeben. Da also *bgd*, als Winkel der grössten südlichen Breite, und also auch sein Nebenwinkel: *egd*, gegeben ist: so ergiebt sich auch, nach den Sätzen über die ebenen Dreiecke, der innere gegenüberliegende *ged*, als Winkel der grössten südlichen Neigung des excentrischen Kreises gegen die Ebene der Ekliptik. Ebenso lässt sich aus der kleinsten südlichen Breite, die kleinste Neigung herleiten, nämlich aus dem Winkel *efd*. Da in dem Dreiecke *efd* das Verhältniss der Seiten *ef* zu *ed* nebst dem Winkel *efd* gegeben ist: so erhalten wir auch den Aussenwinkel *ged* als Winkel der kleinsten südlichen Neigung; und durch die Differenz beider Neigungen die ganze

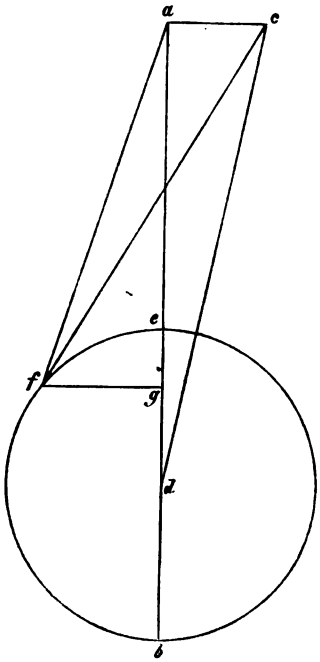


Schwankung des excentrischen Kreises gegen die Ekliptik. Aus diesen Neigungswinkeln berechnen wir die entgegengesetzten nördlichen Breiten, nämlich die Winkel *afc* und *egc*, und wenn diese mit den Beobachtungen übereinstimmen, so liefern sie uns den Beweis, dass wir keinen Fehler gemacht haben. Nehmen wir als Beispiel den Mars, weil derselbe in Hinsicht der Breite alle Uebrigen übertrifft. Seine grösste südliche Breite, und zwar in seinem Perigeum, hat Ptolemäus zu etwa 7°[469]); seine grösste nördliche Breite, und zwar in seinem Apogeum, zu 4° 20′[470]) verzeichnet. Als wir aber den Winkel *bgd* maassen, fanden wir denselben gleich 6° 50′, und den ihm entsprechenden Winkel *afc* fast gleich 4° 30′. Da nun das Verhältniss von *eg* zu *ed* gleich 1 zu 1, $22^{\mathrm{I}}\ 26^{\mathrm{II}}$ gegeben ist: so erhalten wir daraus, und aus dem Winkel *bgd*, den Winkel *deg* zu etwa 1° 51′, als den Winkel der grössten südlichen Neigung. Und da sich *ef* zu *ec* verhält, wie 1 zu 1. $39^{\mathrm{I}}\ 57^{\mathrm{II}}$, und der Winkel *cef* gleich dem Winkel *deg* gleich 1° 51′ ist: so ergiebt sich der von uns besprochene äussere Winkel *cfa* gleich 4° 30′ für die Opposition des Planeten. Nehmen wir ebenso für die entgegengesetzte Stellung, wenn der Planet mit der Sonne in Conjunction ist, den Winkel *dfe* gleich 0° 5′[469]): so erhalten wir, aus dem gegebenen Verhältnisse der Seiten *de* und *ef* und dem Winkel *efd*, den Winkel *edf* gleich 0° 4′ und dessen Aussenwinkel *deg* nahe gleich 0° 9′, als Winkel der kleinsten Neigung; und aus diesem ergiebt sich der Winkel *cge*, als der Winkel der nördlichen Breite, nahe gleich 0° 6′. Ziehen wir nun die kleinste Neigung von der grössten ab, d. h. 0° 9′ von 1° 51′: so bleibt 1° 42′ und so viel beträgt die Schwankung dieser Neigung, ihre Hälfte ist ungefähr gleich 0° 50′ 30″. In ähnlicher Weise ergeben sich für die beiden andern Planeten, Jupiter und Saturn, die Neigungswinkel nebst den Breiten. Jupiters grösste Neigung beträgt nämlich 1° 42′, die kleinste 1° 18′; und seine ganze Schwankung umfasst nicht mehr als 0° 24′. Saturns grösste Neigung beträgt 2° 44′, die kleinste 2° 16′, und die Schwankung zwischen Beiden 0° 18′. Aus den kleinsten Neigungswinkeln, welche in der entgegengesetzten Stellung, wenn die Planeten hinter der Sonne verborgen sind, stattfinden, ergeben sich die Abweichungen von der Ekliptik in der Breite, beim Saturn gleich 2° 3′, beim Jupiter 1° 6′, was wir zu zeigen hatten, und uns für die unten aufzustellenden Tafeln notiren.

Capitel 4.

Ueber einiges Andere in Bezug auf die Berechnung der Breiten dieser drei Planeten im Allgemeinen.

Aus dieser Darstellung ergeben sich nun im Allgemeinen und Einzelnen die Breiten dieser drei Planeten. Die gemeinsame Schnittlinie *ab* der Ekliptik und der auf derselben senkrechten Ebene, gehe, wie früher, durch die äussersten Grenzen der Abweichungen; in *a* liege die nördliche Grenze, die grade Linie *cd* sei die gemeinschaftliche Schnittlinie der Planetenbahn, und schneide *ab* im Punkte *d*; um diesen Punkt beschreiben wir den Kreis der Erdbahn *ef*, und von dem Oppositionspunkte *e* aus nehmen wir irgend einen bekannten Bogen *ef*, fällen von *f* und von dem Orte *c* des Planeten Lothe auf *ab*, nämlich *ca* und *fg*, und ziehen noch *fa* und *fc*. Zuerst fragen wir, wie gross der Neigungswinkel *adc* des excentrischen Kreises für diesen Fall sei? Nun ist gezeigt, dass dieser Winkel dann am grössten ist, wenn die Erde in *e* steht; auch ist klar, dass die ganze Schwankung desselben mit der Bewegung der Erde in dem Kreise *ef*, dessen Durchmesser *be*, commensurabel ist, wie es die Natur der Schwankung erfordert. Weil nun der Bogen *ef* gegeben ist, so ist auch das Verhältniss von *ed* zu *eg* bekannt, und dies ist das Verhältniss der ganzen Schwankung zu demjenigen, um was der Winkel *adc* abgenommen hat. Daraus ist für diesen Zeitpunkt der Winkel *adc* bekannt, und daher das Dreieck *adc* mit allen Winkeln und Seiten gegeben. Da aber das Verhältniss von *cd* zu *ed* aus dem Vorhergehenden bekannt ist, so ergiebt sich auch dasjenige zu dem Reste *dg;* folglich das Verhältniss von *cd* und *ad* zu demselben *gd*, und daraus der Rest *ag;* auch *fg* ist dadurch bekannt als die Hälfte der Sehne des doppelten *ef*. Da nun in dem rechtwinkligen Dreiecke *agf* die beiden Katheten bekannt sind, so ergiebt sich die Hypotenuse *af* und das Verhältniss von *af* zu *ac;* und endlich aus den beiden gegebenen Seiten des rechtwinkligen Dreiecks *acf*, der Winkel *afc:* und dies ist der Winkel der erscheinenden Breite, welcher gesucht wurde. — Nehmen wir als Beispiel hierfür wieder den Mars, dessen äusserste Grenze der südlichen Breite in *a* ungefähr mit seiner kleinsten Abside zusammentrifft. Wenn aber der Ort des Planeten in *c* ist, und die Erde während dessen im Punkte *e* steht, so ist erwiesen, dass *adc*, der Winkel der grössten Neigung, gleich 1° 50′ ist. Setzen wir nun die Erde in den Punkt *f*, und die parallactische Bewegung längs dem Bogen *ef* gleich 45°[471]), so ist die Grade *fg* gleich 7071, wenn *ed* gleich 10000, und *eg*, als Rest vom Radius, gleich 2929. Es ist aber gezeigt, dass die Hälfte des Winkels *adc* der Schwankung 0° 50′ 30″ ist, und da das Verhältniss des Wachsthums oder der Abnahme für diesen Ort wie *de* zu *ge* ist, so erhalten wir 0° 50′ 30″ zu 0° 15′. Ziehen wir dies Letztere von 1° 50′ ab, so bleibt 1° 35′ als Winkel *adc* der Neigung für diesen Zeitpunkt. Daher sind in dem Dreiecke *adc* die Winkel und Seiten gegeben. Und da früher bewiesen ist, dass *cd* gleich 9040, während *ed* gleich 6580: so ist *fg* gleich 4653, *ad* gleich 9036, der Rest *aeg* gleich 4383 und *ac* gleich 249½. Folglich ist in dem rechtwinkligen Dreiecke *afg* das Loth *ag* gleich 4383 und die Basis *fg* gleich

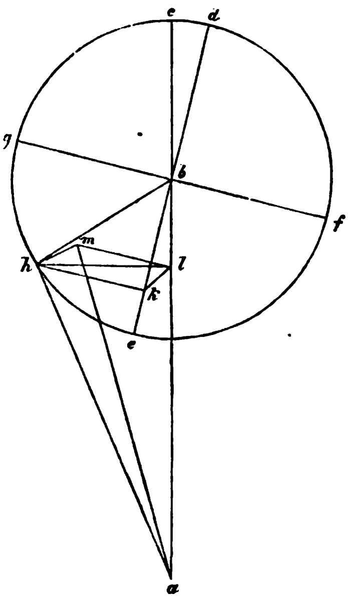


4653, daraus folgt die Hypotenuse *af* gleich 6392. So ergiebt sich endlich in dem Dreiecke *acf*, dessen Winkel *caf* ein Rechter und dessen Seiten *ac* und *af* gegeben sind, der Winkel *afc*[472]) zu 2° 15′, als Winkel der erscheinenden Breite für die in *f* stehende Erde. In derselben Weise werden wir auch für die beiden anderen Planeten, Saturn und Jupiter, die Rechnung durchführen.

Capitel 5.

Ueber die Breiten der Venus und des Merkur.

Es sind noch Venus und Merkur übrig, deren Breiten-Bewegungen, wie gesagt, durch drei zusammenwirkende Ablenkungen abgeleitet werden. Damit dieselben aber einzeln von einander unterschieden werden können, so fangen wir mit derjenigen an, welche man die Declination nennt, und am einfachsten abgehandelt werden kann. Bei ihr ist es nämlich allein[473]) möglich, sie zuweilen von den übrigen zu trennen, und zwar in der Gegend der mittleren Entfernungen, also der Knoten, wenn die Erde nach den ermittelten Längen-Bewegungen um 90° vom Apogeum und Perigeum des Planeten absteht, bei welcher Stellung man in der Erdnähe die südliche und nördliche Breite für Venus gleich 6° 22′, für Merkur gleich 4° 5′, und in der Erdferne für Venus gleich 1° 2′, für Merkur gleich 1° 45′[474]) gefunden hat. Hieraus werden mit Hülfe der, über die Ausgleichungen aufgestellten Tafeln[475]) die Neigungswinkel für die Lage berechnet, denen die Oerter der Venus in der Erdferne gleich 1° 2′,[476]) in der Erdnähe gleich 6° 22′ zu beiden Seiten der Bahn einem Bogen von nahe 2° 30′ entsprechen; beim Merkur aber ist der obere Ort gleich 1° 45′, der untere 4° 5′, und dies verlangt einen Bogen seiner Bahn von 6° 15′. So dass der Neigungswinkel der Bahnen, für Venus 2° 30′, für Merkur 6° 15′ beträgt, wenn 360° vier Rechte betragen. Hiernach kann für diese Lage jede besondere Breite, soweit dieselbe von der Declination abhängt, so abgeleitet werden, wie wir es sogleich zeigen wollen,[477]) und zwar zuerst für die Venus. Es sei in der zu Grunde gelegten Ebene der Ekliptik und zwar durch den Mittelpunkt derselben, *abc* die gemeinschaftliche Schnittlinie der rechtwinkligen Ebene, *dbe* aber die gemeinschaftliche Schnittlinie der Ebene der Venusbahn; *a* sei der Mittelpunkt der Erde, *b* derjenige der Planetenbahn, und *abe* der Neigungswinkel der Planetenbahn gegen die Ekliptik. Um *b* werde die Planetenbahn *dfeg* beschrieben, und der Durchmesser *fbg* senkrecht gegen den



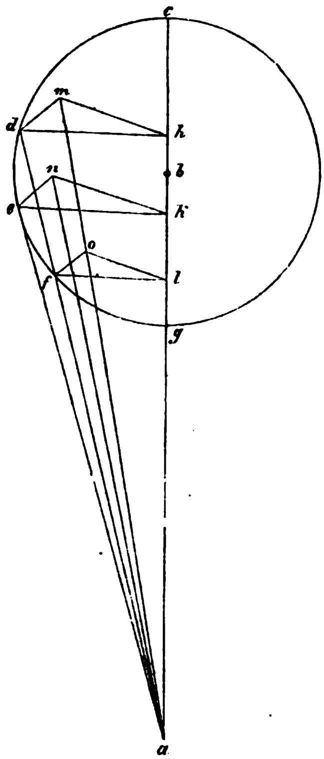
Durchmesser *de* gezogen. Man stelle sich vor, dass die Ebene der Planetenbahn zu der angenommenen rechtwinkligen Ebene so stehe, dass die in derselben, gegen *de* rechtwinklig gezogenen Linien unter sich und mit der Ebene der Ekliptik parallel sind, dass aber in der Ekliptik selbst nur[478]) die eine Linie *fbg* liegt. Es ist die Aufgabe, aus den gegebenen graden Linien *ab* und *bc* und dem gegebenen Neigungswinkel *abe*, die Breite des Planeten zu finden; wenn der Planet z. B. von dem, der Erde nächsten Punkte *e* um 45° absteht, welches Beispiel wir, dem Ptolemäus[479]) folgend, darum gewählt haben, damit eine durch die Neigung der Bahn für Venus oder Merkur etwa herbeigeführte Längendifferenz sich erkennen lasse. Solche Differenzen müssen sich nämlich in den Oertern am meisten bemerkbar machen, welche zwischen den Punkten *d*, *f*, *e* und *g* liegen; und zwar deswegen, weil der Planet, wenn er in diesen vier Punkten steht, selbstverständlich dieselbe Länge zeigt, welche er auch ohne Declination hätte. Wir nehmen also, wie gesagt, den Bogen *eh* gleich 45°, fällen auf *be* das Loth *hk*, und auf die zu Grunde gelegte Ebene der Ekliptik die Lothe *kl* und *hm*, und ziehen *hb*, *lm*, *am* und *ah*. Dadurch entsteht das Parallelogramm *lkhm*, welches deshalb rechtwinklig ist, weil *hk* mit der Ekliptik parallel läuft; der Winkel *lam* stellt die Prosthaphärese der Länge selbst dar, und der Winkel *ham* misst die Breite, da *hm* auch auf der Ekliptik senkrecht steht. Da nun der Winkel *hbe* gleich 45° gegeben ist, so wird *hk*, als Hälfte der Sehne des doppelten Bogens *he*, gleich 7071, wenn *eb* gleich 10000. Ebenso ist im Dreiecke *bkl*, der Winkel *kbl*[480]) gleich 2° 30′, der Winkel *blk* als Rechter und die Hypotenuse *bk* gleich 7071, wenn *eb* gleich 10000, gegeben; daraus ergeben sich die beiden übrigen Seiten *kl* gleich 308 und *bl* gleich 7064. Da sich aber, wie früher gezeigt ist, *ab* zu *be* nahe so verhält, wie 10000 zu 7193, so werden in denselben Einheiten *hk* gleich 5086, *hm* gleich *kl* gleich 221 und *bl* gleich 5081, also der Rest *la* gleich 4919. Nun sind auch in dem Dreiecke *alm* die Seiten *al* und *lm* (gleich *hk*) nebst dem Winkel *alm* gegeben, und wir erhalten die Hypotenuse *am* gleich 7075, und den Winkel *mal* gleich 45° 58′[481]), dies ist die Prosthaphärese oder die berechnete grosse Parallaxe der Venus. Ebenso ergiebt sich aus dem Dreiecke *ahm*, dessen Seiten *am* gleich 7075 und *mh* gleich *kl* gegeben sind, der Winkel *mah* gleich 1° 47′ als Breite der Declination. Wenn man die Untersuchung nicht scheut, was diese Neigung der Venus für eine Differenz in der Länge herbeiführt: so hat man das Dreieck *alh* zu nehmen, indem man sich *lh*, als Diagonale des Parallelogramms *lkhm* gezogen denkt. Dieselbe ist gleich 5091, während *al* gleich 4919, und der Winkel *alh* ein Rechter ist; daraus ergiebt sich die Hypotenuse *ah* gleich 7079; und aus dem gegebenen Verhältnisse der Seiten, der Winkel *hal* gleich 45° 59′[482]). Nun ist aber gezeigt, dass Winkel *mal*[483]) gleich 45° 57′[485]), also erwächst ein Ueberschuss von nur 2′[484]), was nachgewiesen werden sollte. Beim Merkur werden wir wieder in ähnlicher Weise die Breiten der Declination an einer, der vorhergehenden ähnlichen Figur nachweisen, in welcher der

Bogen *eh* gleich 45° genommen wird, so dass die Graden *hk* und *kb* gleich 7071, wenn die Hypotenuse *hb* gleich 10000 ist. Ferner kann, aus dem früher erwiesenen Unterschiede der Grössen, der Radius *bh* gleich 3953 und *ab* gleich 9964 hier aufgenommen werden. In diesen Einheiten betragen dann *bk* und *kh* 2795, und da der Neigungswinkel *abe* gleich 6° 15′ nachgewiesen ist, wenn 360° vier Reste ausmachen: so ergiebt sich in dem rechtwinkligen Dreiecke *bkl*, dessen Winkel gegeben sind, die Basis *kl* in denselben Einheiten gleich 304, und die andere Kathete *bl* gleich 2778, also der Rest *al* gleich 7186. Aber *lm* ist auch gleich *hk* gleich 2795; da also in dem Dreiecke *alm* der rechte Winkel *l* und die beiden Seiten *al* und *lm* gegeben sind: so erhalten wir die Hypotenuse *am* gleich 7710, und den Winkel *lam* gleich 21° 16′, und dies ist die berechnete Prosthaphärese. Ebenso schliessen in dem Dreiecke *amh* die beiden gegebenen Seiten *am* und *mh* (gleich *kl*) einen rechten Winkel *m* ein, und es ergiebt sich der Winkel der gesuchten Breite *mah* gleich 2° 16′. Wollen wir finden, wie viel die Prosthaphärese der wahren, erscheinenden Länge beträgt: so nehmen wir die Diagonale des Parallelogramms *lh*[486]), welche sich uns aus den Seiten zu 2811 ergiebt, und *al* gleich 7186; diese ergeben den Winkel *lah* gleich 21° 23′ als die Prosthaphärese der erscheinenden Länge, welche die früher berechnete um etwa 7′ übertrifft, und dies sollte nachgewiesen werden.

Capitel 6.

Ueber die zweite Breiten-Abweichung der Venus und des Merkur, gemäss der Schiefe ihrer Bahnen im Apogeum und Perigeum.

Das Bisherige bezog sich auf die Breiten-Abweichungen beider Planeten, welche bei den mittleren Entfernungen ihrer Bahnen eintreten, und welche, wie gesagt, Declinationen genannt werden. Jetzt ist von denjenigen zu handeln, welche am Perigeum und Apogeum eintreten, wo abweichend von den drei oberen Planeten jene dritte Abweichung, die Deviation, hinzukommt, und zwar damit dies leichter verstanden und unterschieden werden könne, wie folgt. Ptolemäus beobachtete nämlich, dass jene Breiten dann am grössten erscheinen, wenn die Planeten in den, von dem Mittelpunkte der Erde an ihre Bahnen gezogenen Tangenten stehen, was, wie gesagt, bei ihren grössten westlichen und östlichen Abständen von der Sonne eintritt, und er fand die nördlichen Breiten der Venus um 20′ grösser als die südlichen, beim Merkur aber die südlichen um fast 1° 30′ grösser, als die nördlichen[487]). Indem er aber die Schwierigkeit und Arbeit der Rechnung vermeiden wollte, nahm er, — zumal er den daraus entstehenden Fehler als unmerklich schätzte, wie wir auch bald zeigen wollen, — nach einem gewissen mittleren Verhältnisse für die beiden Seiten der Breite 2° 30′ an. Soviel sollen die Breiten an dem Kreise betragen, der um die Erde rechtwinklig gegen die Ekliptik gelegt worden ist, und auf welchem die Breiten gemessen werden. Wenn wir nun 2° 30′ als die gleiche Abweichung zu beiden Seiten der Ekliptik annehmen, und vorläufig, bis wir die Breiten der Inflexionen bestimmt haben werden, die Deviation ausschliessen, so werden unsere Ableitungen einfacher und leichter. Es ist also zuerst zu zeigen, dass die Abweichung dieser Breite in der Gegend der Tangente des excentrischen Kreises am grössten wird, und hier werden auch die Prosthaphäresen der Länge am grössten. Es gehe die gemeinsame Schnittlinie *cbga* der Ebenen der Ekliptik und des excentrischen Kreises, der Venus oder des Merkur, durch das Apogeum und Perigeum, und in derselben sei *a* der Ort der Erde, und *b* der Mittelpunkt des. gegen die Ekliptik schiefen excentrischen Kreises *cdefg*, so dass beliebige grade Linien, welche rechtwinklig gegen *cg* gezogen sind, Winkel bilden, welche der Schiefe gleich sind. Nun werde die Tangente *ae*, eine beliebige Secante *ad* gezogen, und von den Punkten *d*, *e* und *f* gegen *cg* die Lothe *dh*, *ek* und *fl*, und auf die zu Grunde liegende Ebene der Ekliptik, die Lothe *dm*, *en* und *fo*, gefällt, und die Verbindungslinien *mh*, *nk* und *ol*, ausserdem noch *an*, *ao* und *am* gezogen, wobei *aom* eine grade Linie bildet, weil diese drei Punkte zweien Ebenen, nämlich der Ekliptik und der auf derselben senkrechten Ebene *adm*. angehören. Die Winkel *ham* und *kan* stellen für die angenommene Obliquation die Prosthaphäresen der Längen dieser Planeten, die Winkel *dam* und *ean* aber die Abweichungen der Breite dar. Ich behaupte nun zuerst, dass der Breitenwinkel *ean*, der für die Tangente, bei welcher auch die grösste Prosthaphärese der Länge eintritt, gilt, der grösste von allen ist Da der Winkel *eak* der grösste von allen ist, so hat *ke* zu *ea* ein grösseres Verhältniss, als *hd* zu *da* und *lf* zu *fa*. Wie sich aber *ek* zu *en* verhält, so verhält sich auch *hd* zu *dm* und *lf* zu *fa*, denn die Winkel, welche den zweiten Gliedern dieser Verhältnisse gegenüber liegen, sind, wie gesagt, gleich. Die Winkel bei *m*, *n* und *o* sind aber Rechte. Also hat auch *ne* zu *ea* ein grösseres Verhältniss, als *md* zu *da* und *of* zu *fa*. Nun sind aber wieder die Winkel *dma*, *ena* und *foa* Rechte; folglich ist der Winkel *ean* grösser als *dam*, und als alle diejenigen, welche in dieser Weise construirt werden können. Hiernach ist klar, dass auch unter den Differenzen, welche aus dieser Obliquation zwischen den Prosthaphäresen der Länge entstehen, diejenige die grösste ist, welche bei der grössten Abweichung im Punkte *e* gemessen wird. Denn wegen der Gleichheit der

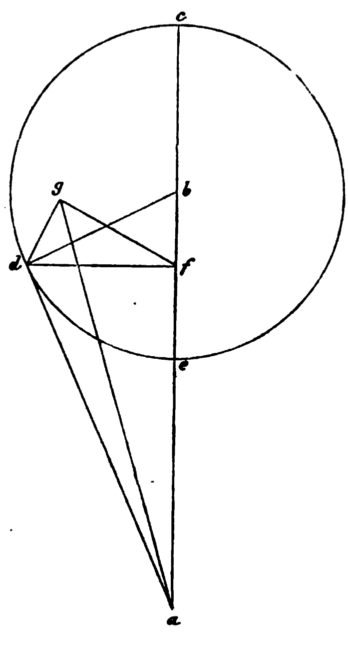


Winkel, denen die Linien *hd*, *ke* und *lf* gegenüber liegen, sind dieselben den Linien *hm*, *kn* und *lo* proportional, und da sie in demselben Verhältnisse zu ihren Abständen stehen, so müssen die Abstände *ek* und *kn* ein grösseres Verhältniss zu *ae* haben, als die übrigen zu *af* und *ad*. Hieraus geht auch hervor, dass dasselbe Verhältniss, welches die grösste Längen-Prosthaphärese zu der grössten Abweichung der Breite hat, auch die Längen-Prosthaphäresen der Abschnitte des excentrischen Kreises zu den Abweichungen der Breite haben, denn wie *ke* zu *en* sich verhält, so verhält sich auch *lf* zu *fo* und *hd* zu *dm*, was bewiesen werden sollte.

Capitel 7.

Wie gross die Winkel der Obliquationen der beiden Planeten, Venus und Merkur, sind.

Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir nun sehen, ein wie grosser Winkel der Bahn-Ebenen der beiden Planeten, unter dem Einflusse der Inflexion gebildet wird. Wir erinnern uns dabei des oben[188]) Gesagten, dass nämlich bei jedem der beiden Planeten der Winkel zwischen dem grössten und kleinsten Abstande zu beiden Seiten der Erdbahn 5° beträgt, und davon meistentheils mehr auf die nördliche oder südliche Hälfte fällt. Der Durchgang der Venus durch das Apogeum und Perigeum ihres excentrischen Kreises, oder ihre erscheinende Differenz, ergiebt eine wenig grössere oder kleinere Abweichung als 5°; der Durchgang des Merkur aber eine solche, die um einen halben Grad grösser oder kleiner ist. Es sei also, wie früher, *abc* die gemeinsame Schnittlinie der Ekliptik und des excentrischen Kreises, und nachdem um den Mittelpunkt *b* der, in der angegebenen Weise gegen die Ebene der Ekliptik geneigte Bahnkreis des Planeten beschrieben ist, werde vom Mittelpunkte der Erde eine, die Bahn im Punkte *d* berührende grade Linie *ad* gezogen. Von *d* aus werden die Lothe und zwar *df* auf *cbe*, *dg* auf die zu Grunde liegende Ebene der Ekliptik gefällt, und noch *bd*, *fg* und *ag* gezogen. Der Winkel *dag* werde halb so gross angenommen, als die angegebene Breiten-Differenz jedes der beiden Planeten, also gleich 2° 30′, wobei 360° vier Rechte betragen. Es ist die Aufgabe, zu finden, wie gross der Neigungswinkel jeder der beiden Ebenen, d. h. der Winkel *dfg* ist. Da nun gezeigt worden ist, dass bei dem Planeten Venus, wenn der Ra-

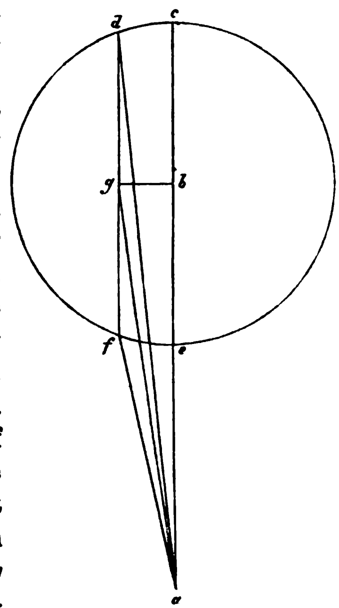


dius ihrer Bahn 7193 beträgt, die grösste Entfernung, also im Apogeum, 10208; die kleinste, also im Perigeum, 9792; und die mittlere 10000 ist, — wie Ptolemäus[489]) bei dieser Ableitung annahm, indem er die Schwierigkeit vermeiden wollte, und so viel als möglich, die Kürze anstrebte[490]) (wo nämlich die äussersten Grenzen keinen merklichen Unterschied hervorbrachten, war es sicherer, den mittleren Werth zu nehmen) —: so verhält sich *ab* zu *bd*, wie 10000 zu 7193, und der Winkel *adb* ist ein Rechter, wir erhalten daher die Seite *ad* gleich 6947. Da sich nun *ba* zu *ad* verhält, wie *bd* zu *df:* so erhalten wir *df* gleich 4997. Da ferner der Winkel *dag* gleich 2° 30′ angenommen und *agd* ein Rechter ist, so wird in dem Dreiecke, dessen Winkel gegeben sind, die Seite *dg* gleich 303, während *ad* gleich 6947. Da also die Seiten *df* und *dg* gegeben und der Winkel *dfg* ein Rechter ist, so ist der Neigungswinkel, oder der Winkel der Obliquation *dfg* gleich 3° 29′[491]). Weil aber der Unterschied der Winkel *daf* und *fag* die Differenz der parallactischen Länge darstellt, so kann aus den berechneten Grössen jener auch diese gefunden werden. Nachdem nämlich gezeigt ist, dass *dg* gleich 303, die Hypotenuse *ad* gleich 6947 und *df* gleich 4997 sind, und da, wenn man das Quadrat der Seite *dg* von denjenigen der Seiten *ad* und *fd* abzieht, die Quadrate der Seiten *ag* und *gf* übrig bleiben, so ergeben sich ihre Längen, nämlich: *ag* zu 6940 und *fg* zu 4988. Wenn aber *ag* gleich 10000 ist, so ist *fg* gleich 7187 und der Winkel *fag* gleich 45° 57′; und wenn *ad* gleich 10000 ist, so ist *df* gleich 7193, und der Winkel *daf* gleich 46°. Bei der grössten Obliquation wird also die Prosthaphärese der Parallaxe um etwa 3′ kleiner. Es ist aber gestattet, anzunehmen, dass bei der mittleren Abside der Neigungswinkel der Bahnen 2° 30′ beträgt, hier aber kommt fast ein ganzer Grad hinzu, und um diese Grösse hat jene erste Bewegung der Libration, von der wir gesprochen haben, den Neigungswinkel vergrössert. — Beim Merkur gestaltet sich die Ableitung in derselben Weise. Ist nämlich der Radius der Bahn gleich 3573, so ist die grösste Entfernung der Bahn von der Erde gleich 10948, und die kleinste 9052, die mittlere 10000. Es verhält sich also *ab* zu *bd* wie 10000 zu 3573, folglich erhalten wir die dritte Seite *ad* gleich 9340; und weil sich *ab* zu *ad* verhält, wie *bd* zu *bf*, so ist *df* gleich 3337. Da aber der Winkel der Breite *dag* zu 2° 30′ angenommen ist, so ist *dg* gleich 407, wenn *df* gleich 3337. So ist auch in dem Dreiecke *dfg* das Verhältniss dieser beiden Seiten, und der rechte Winkel bei *g* gegeben, daraus erhalten wir den Winkel *dfg* gleich 7°[492]), und dies ist der Winkel der Neigung oder der Schiefe der Merkursbahn gegen die Ebene der Ekliptik. Für die mittleren Entfernungen in den Quadranten ist der Winkel der Neigung als 6° 15′ nachgewiesen, also kommen zu der Bewegung der ersten Libration hier 45′ hinzu. Ebenso ist zur Bestimmung der Winkel der Prosthaphäresen und ihrer Unterschiede zu bemerken, dass, nachdem *dg* gleich 407, *ad* gleich 9340 und *df* gleich 3337 nachgewiesen ist, wenn wir das Quadrat der Seite *dg* von den Quadraten der Seiten *ad* und *df* abziehen, die Quadrate von *ag* und *fg* übrig bleiben; daraus sich die Graden *ag* gleich 9331, und *fg* gleich 3314 ergeben; hieraus berechnet sich der Winkel der Prosthaphärese *gaf* zu 20° 48', der Winkel *daf* ist aber 20° 56', er wird also durch die Obliquation um ungefähr 8' verkleinert. Noch bleibt zu untersuchen übrig, ob diese Winkel der Obliquationen und die Breite bei der grössten und kleinsten Entfernung der Bahn, mit den durch die Beobachtungen erhaltenen übereinstimmen. Zu dem Ende werde wieder in derselben Figur, für die grösste Entfernung der Venusbahn das Verhältniss von *ab* zu *bd* gleich 10208 zu 7193[493]) angenommen, und da der Winkel *adb*[494]) ein Rechter ist, so wird *ad* gleich 7238, und da sich *ab* zu *ad* verhält, wie *bd* zu *df:* so wird *df* gleich 5102. Der Winkel der Schiefe *dfg* ist aber zu 3° 29'[491]) gefunden, es wird also *dg* gleich 309, wenn *ad* gleich 7238. Wenn aber *ad* gleich 10000, so wird *dg* gleich 427, woraus sich ergiebt, dass der Winkel *dag* gleich 2° 27' in der grössten Entfernung von der Erde wird. Für die kleinste Entfernung ist aber der Radius *bd* gleich 7193, wenn *ab* gleich 9792, es wird also die andere Kathete *ad* gleich 6644; und da *ab* zu *ad* wie *bd* zu *df* sich verhält, so wird *df* gleich 4883. Der Winkel *dfg* ist aber zu 3° 29'[491]) bestimmt, also wird *dg* gleich 297, wenn *ad* gleich 6644, und aus diesen gegebenen Dreiecksseiten ergiebt sich der Winkel *dag* gleich 2° 34'. Es sind aber weder 3 noch 4 Minuten so gross, dass sie an dem Astrolabium bemerkt werden könnten, die grösste Ablenkung der Breite ist also bei dem Planeten Venus richtig so, wie vermuthet wurde Ebenso werde für die grösste Entfernung des Merkur das Verhältniss von *ab* zu *bd* wie 10948 zu 3573 genommen, und wir erhalten durch den früheren ähnliche Ableitungen: *ad* gleich 9452, *df* aber gleich 3085. Nun haben wir aber den Winkel der Obliquation *dfg* gleich 7°[492]) gefunden, folglich wird *dg* gleich 376, wenn *df* gleich 3085 oder *da* gleich 9452. Also sind in dem rechtwinkligen Dreiecke *dag* die Seiten gegeben, und wir erhalten den Winkel *dag* gleich 2° 17', als Winkel der grössten Abweichung in der Breite. Bei der kleinsten Entfernung ist aber das Verhältniss von *ab* zu *bd* wie 9052 zu 3573, daher wird *ad* gleich 8317, *df* aber gleich 3283. Da aber wegen derselben Obliquation *df* zu *dg* wie 3283 zu 400 sich verhält, während *ad* gleich 8317 ist; so wird der Winkel *dag* gleich 2° 45'. Es unterscheidet sich also der Winkel der Breiten-Abweichung, welcher für die mittlere Entfernung gleich 2° 30' angenommen ist, von demjenigen kleinsten, welcher beim Apogeum sich ergiebt, um 13'; und von demjenigen grössten, welcher beim Perigeum stattfindet, um 15', wofür wir von nun an in der Berechnung durchschnittlich 15' gebrauchen wollen, was bei der Beobachtung für das Auge sich nicht unterscheiden lässt. Nachdem dies so abgeleitet ist, und da die grössten Prosthaphäresen der Längen zu den grössten Abweichungen der Breite dasselbe Verhältniss haben; so stehen uns nun auch für die übrigen Punkte der Bahn, und für die einzelnen Abweichungen der Breite, alle Prosthaphäresen und Breiten, welche sich aus der Schiefe der Venus- und Merkurs-Bahnen ergeben, zu Gebote; jene insofern sie nach einem zwischen dem Apogeum und Perigeum liegenden mittleren Werthe, der für die grösste Breite zu 2^0 $30'$ angenommen ist, wie angegeben, berechnet werden; die grösste Prosthaphärese ist aber für Venus 46^0, für Merkur ungefähr 22^0. Die Prosthaphäresen haben wir in den Tafeln der ungleichmässigen Bewegungen schon den einzelnen Punkten der Bahnen beigefügt. Wir werden bei beiden Planeten den Antheil, welcher dem entspricht, um wie viel jede Prosthaphärese kleiner ist, als die grösste, nach jenen 2^0 $30'$ berechnen, und diese Antheile in der unten aufgestellten Tafel neben ihre Zahlen setzen; auf diese Weise erhalten wir alle besonderen Breiten der Obliquationen, welche für die grösste und kleinste Entfernung von der Erde gelten, wie wir auch die Breiten der Declinationen für die mittleren Quadranten und die mittleren Entfernungen eingetragen haben. Was aber zwischen diesen vier Grenzpunkten liegt, kann mit mathematischer Schärfe aus der angenommenen Theorie der Kreise entwickelt werden, freilich nicht ohne Mühe. Ptolemäus[495]) aber, der überall, so viel als möglich, die Einfachheit erstrebt, bemerkte, dass beide Arten der Breiten, sowohl im Ganzen, als auch in allen ihren einzelnen Theilen, der Mondbreite proportional wachsen und abnehmen, und indem er daher jede derselben mit 12 multiplicirte, weil seine grösste Breite 5^0 beträgt, welche Zahl der zwölfte Theil von 60 ist, stellte er aus denselben die Proportionaltheile her, welche er nicht blos für diese beiden Planeten, sondern auch für die drei oberen als anwendbar erachtete, wie weiter unten gesehen werden wird.

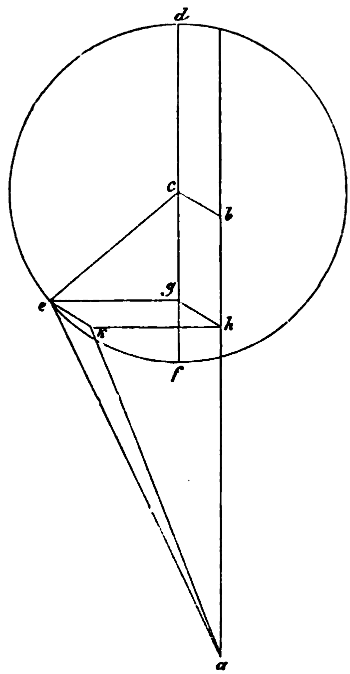
Capitel 8.

Ueber die dritte Art der Breite bei Venus und Merkur, welche man Deviation nennt.

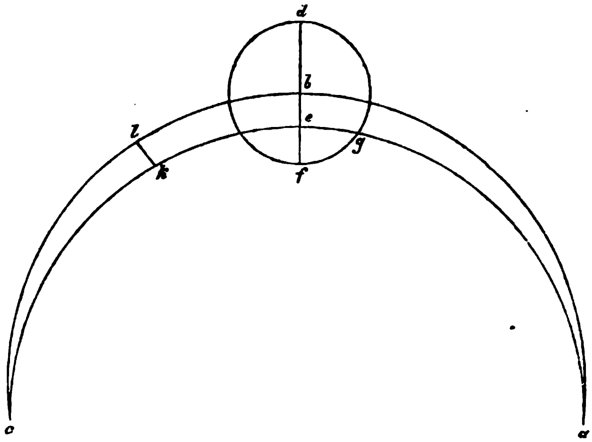
Nach diesen Entwickelungen bleibt nur noch Einiges über die dritte Bewegung der Breite, die Deviation, zu sagen übrig. Die Früheren, welche die Erde als in der Mitte der Welt feststehend ansehen, meinen, dass dieselbe durch eine Neigung des excentrischen Kreises, in Verbindung mit einer solchen des Epicykels, um den Mittelpunkt der Erde, entstehe; namentlich wenn der Epicykel im Apogeum oder Perigeum sich befinde, bei der Venus um ein Sechstel Grad immer nach Norden, bei Merkur um drei Viertel Grad immer nach Süden, wie wir früher schon angegeben haben. Es erhellt jedoch nicht hinreichend, ob sie sich diese Neigung als immer gleich und dieselbe dachten, darauf deuten nämlich ihre Zahlenbestimmungen, indem sie festsetzten, dass für die Deviation der Venus immer $10'$, beim Merkur immer $45'$ genommen werden müssten, was nur erlaubt wäre, wenn der Neigungswinkel immer so viel Minuten gross bliebe, als sie zu Grunde legen. Und doch ist nicht recht zu begreifen, wie diese Breiten-Bewegung jener Planeten, während der Neigungswinkel immer derselbe bliebe, von den gemeinsamen Schnittpunkten aus, plötzlich wieder nach derselben Seite hin, welche sie eben verlassen hatte, abwiche, wenn man nicht etwa behaupten wollte, dass dies durch eine Art von Refraction des Lichts, wie bei optischen Täuschungen, verursacht würde. Es handelt sich hier aber um eine Bewegung, welche nicht stossweise, sondern ihrer Natur nach gleichmässig ist. Man muss also zugestehen, dass bei derselben eine Schwankung stattfinde, welche bewirkt, dass die Theile des Kreises nach entgegengesetzten Seiten hin bewegt werden, wie wir das auseinandergesetzt haben; und woraus folgen muss, dass die Zahlenangaben beim Merkur um ein Fünftel Grad verschieden werden. Es darf daher um so weniger auffallen, wenn diese Breitenbewegung nach unserer Annahme auch veränderlich ist, und eben nicht so einfach zu sein scheint, und dennoch keinen merklichen Fehler bewirkt, so dass sie in allen ihren Unterschieden wohl zu erkennen ist. In einer zu Grunde gelegten, auf der Ekliptik senkrechten Ebene liege die gemeinschaftliche Schnittlinie *cbea*, in derselben sei *a* der Mittelpunkt der Erde, *b* der Mittelpunkt eines Kreises *cdf*, der durch die Pole des geneigten Bahnkreises selbst, und durch die Punkte der grössten und kleinsten Entfernung von der Erde geht. Während nun der Mittelpunkt *b* des Kreises in Beziehung auf *a* im Apogeum oder im Perigeum steht, besitzt der Planet, in welchem Punkte des mit der Bahn parallelen Kreises er sich auch befindet, die grösste Deviation. Nun sei *df* der Durchmesser dieses mit dem Durchmesser *cbe* parallelen Kreises, und diese beiden graden Linien sind die gemeinschaftlichen Schnittlinien dieser auf der Ebene *cdf* senkrechten Ebenen. Es werde *df* in *g* halbirt, also ist *g* selbst der Mittelpunkt des Parallel-Kreises; ferner werden die Linien *bg*, *ag*, *ad* und *af* gezogen, und der Winkel *bag* so angenommen, dass er ein Sechstel Grad beträgt, wie bei der grössten Deviation der Venus. In dem bei *b* rechtwinkligen Dreiecke *abg* haben wir also das Verhältniss der Seiten *ab* zu *bg* wie 10000 zu 29, die ganze Linie *abc* ist aber in denselben Einheiten 17193 und der Rest *ae* gleich 2807. Die Hälfte der Sehne des doppelten Bogens *cd* und *ef* ist gleich *bg*, also sind die Winkel *cad* gleich 6′ und *eaf* 15′, jener um 4′ dieser um 5′ verschieden von dem Winkel *bag*, welche Differenzen wegen ihrer Kleinheit meistens vernachlässigt werden. Es wird also die erscheinende Deviation der Venus, wenn die Erde in deren Apogeum oder Perigeum steht, in welchem Punkte seiner Bahn der Planet sich auch befinde, wenig grösser oder kleiner sein als 10′. Da aber beim Merkur der Winkel *bag* drei Viertel Grad beträgt, so verhält sich *ab* zu *bg* wie 10000



zu 131, und *abc* ist gleich 13573, der Rest *ae* aber gleich 6827. Folglich ist der Winkel *cad* gleich 33′, *eaf* aber gleich 70′; jener ist also um 12′ kleiner, dieser um 25′ grösser. Diese Differenzen werden von den Strahlen der Sonne fast verdeckt, ehe Merkur unsern Augen wieder sichtbar wird, weshalb die Alten nur die erscheinende Deviation, als eine sich gleich bleibende aufgefasst haben. Wenn man nichtsdestoweniger, die Arbeit nicht scheuend, in Bezug auf den durch die Sonne verborgenen Gang, die Rechnung streng durchführen will, so mag hier das Verfahren angegeben werden, wie dies auszuführen ist; und zwar an dem Beispiele des Merkur, weil derselbe eine bedeutendere Deviation zeigt, als Venus. Es liege also die



grade Linie *ab* in dem gemeinschaftlichen Schnitte der Planetenbahn und der Ekliptik, während die Erde, welche in *a* stehe, sich in dem Apogeum oder Perigeum der Planetenbahn befinde. Die Länge der Linie *ab* nehmen wir aber, ohne Unterschied, als die zwischen der grössten und kleinsten liegende mittlere Entfernung gleich 10000 an, wie wir das auch bei der Obliquation gethan haben. Es werde nun der Kreis *def* um den Mittelpunkt *c* beschrieben. Dieser Kreis soll dem excentrischen Kreise in der Entfernung *cb* parallel sein, und in diesem Parallel-Kreise möge der Planet grade seine grösste Deviation machen. Der Durchmesser des Kreises sei *dcf*, der also ebenfalls parallel mit *ab* sein muss, und beide Linien liegen in derselben Ebene, welche auf der Bahnebene des Planeten senkrecht steht. Nun werde der Bogen *ef* z. B. gleich 45° angenommen, wofür wir die Deviation des Planeten berechnen wollen. Wir fällen *eg* senkrecht auf *cf* und *ek* und *gh*[496]) senkrecht auf die zum Grunde liegende Ebene, vollenden das rechtwinklige Parallelogramm, indem wir *h* mit *k* verbinden, und ziehen noch *ae*, *ak* und *ec*. Da nun beim Merkur, bei seiner grössten Deviation, *bc* gleich 131 ist, wenn *ab* gleich 10000, und *ce* gleich 3573: so sind die Seiten des rechtwinkligen Dreiecks gegeben, und es wird die Seite *eg* oder *kh* gleich 2526. Zieht man aber *bh* gleich *eg* gleich *cg* von *ab* ab, so bleibt *ah* gleich 7474. In dem Dreiecke *ahk*, dessen rechter Winkel bei *h* von gegebenen Seiten eingeschlossen ist, wird die Hypotenuse *ak* gleich 7889; aber *ek*[497]) ist gleich *cb* gleich *gh* also gleich 131; also wird in dem Dreiecke *ake* der rechte Winkel bei *k* von den gegebenen Seiten *ak* und *ke* eingeschlossen, daraus ergiebt sich für den Bogen *ef* der, der Deviation entsprechende Winkel *kae*[498]), welchen wir suchten, und welcher ebenfalls wenig von den Beobachtungen verschieden ist. Bei der Venus werden wir im Uebrigen ähnlich verfahren und die Resultate in die nachfolgende Tafel eintragen. Nachdem dieselben so aufgestellt worden sind, richten wir für diejenigen Oerter, welche zwischen jenen Grenzen liegen, sowohl für Venus als auch für Merkur, die Sechzigstel oder die Proportional-Minuten ein. Es sei nämlich *abc* der excentrische Kreis der Venus oder des Merkur, *a* und *c* seien die Knoten dieser Breitenbewegung, *b* die Grenze[499]) der grössten Deviation. Um diesen Punkt herum beschreiben wir den kleinen Kreis *dfg*, in dessen gegen die Zeichenfläche senkrechtem Durchmesser *dbf* die schwankende Bewegung der Deviation vor sich geht. Da nun feststeht, dass, wenn die Erde im Apogeum oder Perigeum



des excentrischen Kreises des Planeten sich befindet, der Planet selbst seine grösste Deviation macht, nämlich im Punkte *f* steht: so trifft auch der, den Planeten leitende Kreis dann jenen kleinen Kreis in *f*. Nun sei die Erde irgendwie vom Apogeum oder Perigeum des excentrischen Kreises des Planeten entfernt; dieser Bewegung entsprechend werde der Bogen *fg* auf dem kleinen Kreise genommen, und der Kreis *agc* beschrieben, welcher den Planeten leitet, den kleinen Kreis in *g* und dessen Durchmesser *df* in *e* schneidet; in diesem Kreise befinde sich der Planet im Punkte *k*, während der Bogen *ek*, nach der Annahme, dem von *gf* entspricht; und es werde *lk* senkrecht gegen den Kreis *abc* gezogen; so entsteht die Aufgabe, aus *fg*, *ek* und *be*, die Grösse von *kl*, d. h. den Abstand des Planeten von dem Kreise *abc* zu finden. Durch den Bogen *fg* wird *eg*, als eine von der gebogenen nicht verschiedene grade Linie, bekannt, ebenso *ef* und der Rest *be* in Theilen von *bf*; (es verhält sich aber *bf* zu *be*, wie die Sehne des doppelten Quadranten *ce* zu der Sehne des doppelten Bogens *ck*, und wie *be* zu *kl*); wenn man also sowohl *bf*, als auch den Radius von *ce* unter derselben Zahl 60 ansetzt, so erhält man daraus die Grössenangaben für *be*; und wenn man das Produkt aus diesen beiden Werthen von *be* mit 60 dividirt, so erhält man den verlangten Abstand *lk* in Proportional-Minuten des Bogens *ek* und diese haben wir in der fünften und letzten Spalte der nachfolgenden Tafel[500]) verzeichnet.

TAFEL DER BREITEN DES SATURN, JUPITER UND MARS.

Gemeinschaftliche Zahlen		Breite des Saturn				Breite des Jupiter				Breite des Mars				Proportional Minuten	
		nördlich		südlich		nördlich		südlich		nördlich		südlich			
Grad	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
3	357	2	3	2	2	1	6	1	5	0	6	0	5	59	48
6	354	2	4	2	2	1	7	1	5	0	7	0	5	59	36
9	351	2	4	2	3	1	7	1	5	0	9	0	6	59	6
12	348	2	5	2	3	1	8	1	6	0	9	0	6	58	36
15	345	2	5	2	3	1	8	1	6	0	10	0	8	57	48
18	342	2	6	2	3	1	8	1	6	0	11	0	8	57	0
21	339	2	6	2	4	1	9	1	7	0	12	0	9	55	48
24	336	2	7	2	4	1	9	1	7	0	13	0	9	54	36
27	333	2	8	2	5	1	10	1	8	0	14	0	10	53	18
30	330	2	8	2	5	1	10	1	8	0	14	0	11	52	0
33	327	2	9	2	6	1	11	1	9	0	15	0	11	50	12
36	324	2	10	2	7	1	11	1	9	0	16	0	12	48	24
39	321	2	10	2	7	1	12	1	10	0	17	0	12	46	24
42	318	2	11	2	8	1	12	1	10	0	18	0	13	44	24
45	315	2	11	2	9	1	13	1	11	0	19	0	15	42	12
48	312	2	12	2	10	1	13	1	11	0	20	0	16	40	0
51	309	2	13	2	11	1	14	1	12	0	22	0	18	37	36
54	306	2	14	2	12	1	14	1	13	0	23	0	20	35	12
57	303	2	15	2	13	1	15	1	14	0	25	0	22	32	36
60	300	2	16	2	15	1	16	1	16	0	27	0	24	30	0
63	297	2	17	2	16	1	17	1	17	0	29	0	25	27	12
66	294	2	18	2	18	1	18	1	18	0	31	0	26	24	24
69	291	2	20	2	19	1	19	1	19	0	33	0	29	21	24
72	288	2	21	2	21	1	21	1	21	0	35	0	31	18	18
75	285	2	22	2	22	1	22	1	22	0	37	0	34	15	15
78	282	2	24	2	24	1	24	1	24	0	40	0	37	12	12
81	279	2	25	2	26	1	25	1	25	0	42	0	39	9	9
84	276	2	27	2	27	1	27	1	27	0	45	0	41	6	24
87	273	2	28	2	28	1	28	1	28	0	48	0	45	3	12
90	270	2	30	2	30	1	30	1	30	0	51	0	49	0	0

TAFEL DER BREITEN DES SATURN, JUPITER UND MARS.

Gemeinschaftliche Zahlen		Breite des Saturn				Breite des Jupiter				Breite des Mars				Proportional Minuten	
		nördlich		südlich		nördlich		südlich		nördlich		südlich			
Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.
93	267	2	31	2	31	1	31	1	31	0	55	0	52	3	12
96	264	2	33	2	33	1	33	1	33	0	59	0	56	6	24
99	261	2	34	2	34	1	34	1	34	1	2	1	0	9	9
102	258	2	36	2	36	1	36	1	36	1	6	1	4	12	24
105	255	2	37	2	37	1	37	1	37	1	11	1	8	15	24
108	252	2	39	2	39	1	39	1	39	1	15	1	12	18	24
111	249	2	40	2	40	1	40	1	40	1	19	1	17	21	24
114	246	2	42	2	42	1	42	1	42	1	25	1	22	24	24
117	243	2	43	2	43	1	43	1	43	1	31	1	28	27	12
120	240	2	45	2	45	1	45	1	44	1	36	1	34	30	0
123	237	2	46	2	46	1	46	1	46	1	41	1	40	32	36
126	234	2	47	2	48	1	47	1	47	1	47	1	47	35	12
129	231	2	49	2	49	1	49	1	49	1	54	1	55	37	36
132	228	2	50	2	51	1	50	1	51	2	2	2	5	40	6
135	225	2	52	2	53	1	51	1	53	2	10	2	15	42	12
138	222	2	53	2	54	1	52	1	54	2	19	2	26	44	24
141	219	2	54	2	55	1	53	1	55	2	29	2	38	47	24
144	216	2	55	2	56	1	55	1	57	2	37	2	48	48	24
147	213	2	56	2	57	1	56	1	58	2	47	3	4	50	12
150	210	2	57	2	58	1	58	1	59	2	51	3	20	52	0
153	207	2	58	2	59	1	59	2	1	3	12	3	32	53	18
156	204	2	59	3	0	2	0	2	2	3	23	3	52	54	36
159	201	2	59	3	1	2	1	2	3	3	34	4	13	55	48
162	198	3	0	3	2	2	2	2	4	3	46	4	36	57	0
165	195	3	0	3	2	2	2	2	5	3	57	5	0	57	48
168	192	3	1	3	3	2	3	2	5	4	9	5	23	58	36
171	189	3	1	3	3	2	3	2	6	4	17	5	48	59	6
174	186	3	2	3	4	2	4	2	6	4	23	6	15	59	36
177	183	3	2	3	4	2	4	2	7	4	27	6	35	59	48
180	180	3	2	3	5	2	4	2	7	4	30	6	50	60	0

TAFEL DER BREITEN DER VENUS UND DES MERKUR.

Gemeinschaftliche Zahlen		Venus Declination		Venus Obliquation		Venus Deviation		Merkur Declination		Merkur Obliquation		Merkur Deviation		Proportional Minuten der Deviation	
Grad	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Min.	Sec.
3	357	1	2	0	4	0	7	1	45	0	5	0	33	59	36
6	354	1	2	0	8	0	7	1	45	0	11	0	33	59	12
9	351	1	1	0	12	0	7	1	45	0	16	0	33	58	25
12	348	1	1	0	16	0	7	1	44	0	22	0	33	57	14
15	345	1	0	0	21	0	7	1	44	0	27	0	33	55	41
18	342	1	0	0	25	0	7	1	43	0	33	0	33	54	9
21	339	0	59	0	29	0	7	1	42	0	38	0	33	52	12
24	336	0	59	0	33	0	7	1	40	0	44	0	34	49	43
27	333	0	58	0	37	0	7	1	38	0	49	0	34	47	21
30	330	0	57	0	41	0	8	1	36	0	55	0	34	45	4
33	327	0	56	0	45	0	8	1	34	1	0	0	34	42	0
36	324	0	55	0	49	0	8	1	30	1	6	0	34	39	15
39	321	0	53	0	53	0	8	1	27	1	11	0	35	35	53
42	318	0	51	0	57	0	8	1	23	1	16	0	35	32	51
45	315	0	49	1	1	0	8	1	19	1	21	0	35	29	41
48	312	0	46	1	5	0	8	1	15	1	26	0	36	26	40
51	309	0	44	1	9	0	8	1	11	1	31	0	36	23	34
54	306	0	41	1	13	0	8	1	8	1	35	0	36	20	39
57	303	0	38	1	17	0	8	1	4	1	40	0	37	17	40
60	300	0	35	1	20	0	8	0	59	1	44	0	38	15	0
63	297	0	32	1	24	0	8	0	54	1	48	0	38	12	20
66	294	0	29	1	28	0	9	0	49	1	52	0	39	9	55
69	291	0	26	1	32	0	9	0	44	1	56	0	39	7	38
72	288	0	23	1	35	0	9	0	38	2	0	0	40	5	39
75	285	0	20	1	38	0	9	0	32	2	3	0	41	3	57
78	282	0	16	1	42	0	9	0	26	2	7	0	42	2	34
81	279	0	12	1	46	0	9	0	21	2	10	0	42	1	28
84	276	0	8	1	50	0	10	0	16	2	14	0	43	0	40
87	273	0	4	1	54	0	10	0	8	2	17	0	44	0	10
90	270	0	0	1	57	0	10	0	0	2	20	0	45	0	0

TAFEL DER BREITEN DER VENUS UND DES MERKUR.

Gemeinschaftliche Zahlen		Venus Declination		Venus Obliquation		Venus Deviation		Merkur Declination		Merkur Obliquation		Merkur Deviation		Proportional-Minuten der Deviation	
Grad	Grad	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Grad	Min.	Min.	Sec.
93	267	0	5	2	0	0	10	0	8	2	23	0	45	0	10
96	264	0	10	2	3	0	10	0	15	2	25	0	46	0	40
99	261	0	15	2	6	0	10	0	23	2	27	0	47	1	28
102	258	0	20	2	9	0	11	0	31	2	28	0	48	2	34
105	255	0	26	2	12	0	11	0	40	2	29	0	48	3	57
108	252	0	32	2	15	0	11	0	48	2	29	0	49	5	39
111	249	0	38	2	17	0	11	0	57	2	30	0	50	7	38
114	246	0	44	2	20	0	11	1	6	2	30	0	51	9	55
117	243	0	50	2	22	0	11	1	16	2	30	0	52	12	20
120	240	0	59	2	24	0	12	1	25	2	29	0	52	15	0
123	237	1	8	2	26	0	12	1	35	2	28	0	53	17	40
126	234	1	18	2	27	0	12	1	45	2	26	0	54	20	39
129	231	1	28	2	29	0	12	1	55	2	23	0	55	23	34
132	228	1	38	2	30	0	12	2	6	2	20	0	56	26	40
135	225	1	48	2	30	0	13	2	16	2	16	0	57	29	41
138	222	1	59	2	30	0	13	2	27	2	11	0	57	32	51
141	219	2	11	2	29	0	13	2	37	2	6	0	58	35	53
144	216	2	25	2	28	0	13	2	47	2	0	0	59	39	15
147	213	2	43	2	26	0	13	2	57	1	53	1	0	42	0
150	210	3	3	2	22	0	13	3	7	1	46	1	1	45	4
153	207	3	23	2	18	0	13	3	17	1	38	1	2	47	21
156	204	3	44	2	12	0	14	3	26	1	29	1	3	49	43
159	201	4	5	2	4	0	14	3	34	1	20	1	4	52	12
162	198	4	26	1	55	0	14	3	42	1	10	1	5	54	9
165	195	4	49	1	42	0	14	3	48	0	59	1	6	55	41
168	192	5	13	1	27	0	14	3	54	0	48	1	7	57	14
171	189	5	36	1	9	0	14	3	58	0	36	1	7	58	25
174	186	5	52	0	48	0	14	4	2	0	24	1	8	59	12
177	183	6	7	0	25	0	14	4	4	0	12	1	9	59	36
180	180	6	22	0	0	0	14	4	5	0	0	1	10	60	0

Capitel 9.

Ueber die Berechnung der Breiten der fünf Planeten.

Das Verfahren, die Breiten der fünf Planeten aus diesen Tafeln zu berechnen, ist folgendes: zuerst richten wir beim Saturn, Jupiter und Mars die einzelne ausgeglichene Anomalie des excentrischen Kreises auf die gemeinsamen Zahlen ein, indem wir dieselbe beim Mars unverändert lassen, beim Jupiter um 20° verkleinern, beim Saturn aber um 50° vergrössern; nun notiren wir uns die Sechzigstel oder die Proportional-Minuten, welche in der letzten Spalte stehen. Ebenso nehmen wir durch die einzelne parallactische Anomalie, für jeden besonders, die nebenstehende Breite, und zwar die erste oder nördliche, wenn die Proportional-Minuten auf der ersten Seite stehen, was der Fall ist, wenn die Anomalie des excentrischen Kreises kleiner als 90° und grösser als 270° ist; die südliche aber oder die zweite, wenn die Proportional-Minuten auf der zweiten Seite stehen, was stattfindet, wenn die Anomalie des excentrischen Kreises grösser als 90° oder kleiner als 270° ist. Wenn man nun die eine oder die andere dieser Breiten mit ihren Proportional-Minuten multiplicirt, so erhält man den nördlichen oder südlichen Abstand von der Ekliptik, je nach der Benennung der angewendeten Bogen. Bei Venus und Merkur hat man zuerst durch die einzelne parallactische Anomalie die nebenstehenden drei Breiten der Declination, Obliquation und Deviation zu nehmen, und dieselben besonders zu notiren; nur muss man beim Merkur die Obliquation um den zehnten Theil verkleinern, wenn die Zahl der Anomalie des excentrischen Kreises auf der ersten Seite der Tafel steht; dagegen um ebensoviel vergrössern, wenn die Zahl auf der zweiten Seite sich findet; und jenen Rest oder diese Summe anwenden. Ihre Benennungen aber, ob sie nördlich oder südlich sind, entscheiden sich so: liegt die einzelne parallactische Anomalie in dem apogeischen Halbkreise, d. h. ist sie kleiner als 90° und grösser als 270°, und ist zugleich die Anomalie des excentrischen Kreises kleiner als der Halbkreis; oder auch liegt die parallactische Anomalie in dem perigeischen Halbkreise, d. h. ist sie grösser als 90° und kleiner als 270°, und ist zugleich die Anomalie des excentrischen Kreises grösser als der Halbkreis: so ist die Declination der Venus nördlich, die des Merkur südlich. Liegt dagegen die parallactische Anomalie im perigeischen Halbkreise, und ist zugleich die Anomalie des excentrischen Kreises kleiner als der Halbkreis; oder liegt die parallactische Anomalie im apogeischen Halbkreise, und ist zugleich die Anomalie des excentrischen Kreises grösser als der Halbkreis: so ist umgekehrt die Deklination der Venus südlich, die des Merkur nördlich. Bei der Obliquation ist es dagegen so: ist die parallactische Anomalie kleiner als der Halbkreis, und zugleich die Anomalie des excentrischen Kreises apogeisch; oder ist die parallactische Anomalie grösser als der Halbkreis und zugleich die Anomalie des excentrischen Kreises perigeisch; so wird die

Obliquation der Venus nördlich, die des Merkur südlich. Hiervon gilt die Converse ebenfalls. Die Deviationen aber bleiben immer bei Venus nördlich, bei Merkur südlich. Ferner nimmt man mit der einzelnen Anomalie des excentrischen Kreises die Proportional-Minuten, [welche allen fünf Planeten gemeinsam, aber nur bei den oberen Planeten beigesetzt sind, und fügt sie der Obliquation und der Deviation hinzu. Hierauf addirt man zu der excentrischen Anomalie 90°, und sucht mit dieser Summe wieder die gemeinsamen Proportional-Minuten; diese addirt man zu der Breite der Declination. Nachdem dies Alles in Ordnung gebracht ist, werden die einzelnen berechneten drei Breiten, jede mit ihren Proportional-Minuten multiplicirt und diese Producte geben nun alle drei corrigirte Breiten für den Ort und die Zeit. Sind endlich alle drei gleichnamig, so addirt man sie, um die schliessliche Breite dieser beiden Planeten zu erhalten; wo nicht, so sind wenigstens zwei gleichnamig, und diese addirt man, diese Summe kann kleiner oder grösser sein, als die dritte ungleichnamige; von beiden bildet man die Differenz, und diese ist die gesuchte Breite.

Anmerkungen.

[1]) Der Titel der ersten Ausgabe des vorliegenden Werkes lautet in Uebersetzung: „Sechs Bücher von den Kreisbewegungen der Himmelsbahnen von Nicolaus Copernicus aus Thorn. Du erhältst, fleissiger Leser, in diesem erst neuerlich entstandenen und beendigten Werke, die Bewegungen sowohl der Fixsterne, als auch der Wandelsterne, aus den alten und neuen Beobachtungen hergestellt, und mit neuen und wunderbaren Theorieen ausgestattet. Zugleich erhältst du die brauchbarsten Tafeln, aus denen du dieselben für jede beliebige Zeit so bequem als möglich berechnen kannst. Daher kaufe, lies und geniesse. Ἀγεωμέτρητος οὐδεὶς εἰσίτω. Nürnberg bei Joh. Petrejus im Jahre 1543.“

Auf dem Titelblatte des Exemplars der Wolfenbütteler Bibliothek findet sich eine lateinische handschriftliche Notiz, welche in Uebersetzung so lautet:

> „Copernicus entnahm den Titel seines Werkes der Stelle aus Proclus' astronomischen Hypothesen, wo er sagt: Sosigenes der Peripatetiker in seinen „περὶ τῶν ἀνελιττουσῶν“ d. h. über die Kreisbewegungen, er selbst fügte nicht „orbium coelestium“ d. h. der Himmelsbahnen hinzu, sondern irgend ein Anderer.“

Abraham Gotthelf Kästner in seiner „Geschichte der Mathematik. Göttingen 1797. Bd. II. pag. 367“ bezeichnet Andreas Osiander als denjenigen, welcher den Zusatz „orbium coelestium“ gemacht habe. Aber in der Vorrede des Copernicus an den Papst kommt der vollständige Ausdruck „revolutio orbium coelestium“ vor, wo derselbe doch gewiss von Copernicus selbst herrührt. Ebenso enthält auch die Ueberschrift des 10ten Capitels des 1sten Buches „De ordine coelestium orbium“ die fraglichen Worte.

Aus einem in der Universitätsbibliothek zu Upsala aufbewahrten Exemplare der ersten Ausgabe, welches Rheticus dem Domherrn Georg Donner zu Frauenburg verehrte, scheint freilich die Richtigkeit der Kästner'schen Angabe hervorzugehen. Auf dem Titelblatte dieses Exemplares finden sich nämlich die Worte orbium coelestium mit Roth durchstrichen. Da nun jedenfalls Donner diesen Strich gemacht hat, der ein vertrauter Freund des Copernicus war, und bestimmt die Intentionen des Verfassers kannte, so ist anzunehmen, dass Copernicus dieselben nicht geschrieben hat. Bestätigt wird dies auch durch das Autograph des Werkes in Prag, wo an einer Stelle — der einzigen, an der eine Art Titel vorkommt — von Copernicus Hand geschrieben steht: Quintus revolutionum liber finit, und also nichts von orbium coelestium zu finden ist.

[2]) Ueber diese, der Idee des ganzen Werkes völlig fremden, einleitenden Worte sagt Humboldt (Kosmos II. p. 345—346): „Es ist eine irrige und leider noch in neuerer Zeit (Delambre, Histoire de l'Astronomie moderne T. I. p. 140) sehr verbreitete Meinung, dass Copernicus aus Furchtsamkeit und in der Besorgniss priesterlicher Verfolgung die planetarische Bewegung der Erde und die Stellung der Sonne im Centrum des ganzen Planetensystems als eine blosse Hypothese vorgetragen habe, welche den astronomischen Zweck erfüllte, die Bahnen der Himmelskörper bequem der Rechnung zu unterwerfen, „„aber weder wahr, noch auch nur wahrscheinlich zu sein brauche.““ Allerdings liest man diese seltsamen Worte in dem anonymen Vorberichte ,mit dem des Copernicus' Werk anhebt und der „de Hypothesibus hujus operis“ überschrieben ist; sie enthalten aber Aeusserungen, welche, dem Copernicus ganz fremd, in geradem Widerspruche mit seiner Zueignung an den Papst Paul III. stehen. Der Verfasser des Vorberichts ist, wie Gassendi (Vita Copernici p. 319) auf das Bestimmteste sagt, ein damals in Nürnberg lebender Mathematiker, Andreas Osiander, der mit Schoner den Druck des

Buches de revolutionibus besorgte und, ob er gleich keines biblischen Scrupels ausdrücklich Erwähnung thut, es doch für rathsam hielt, die neuen Ansichten eine Hypothese und nicht, wie Copernicus, eine erwiesene Wahrheit zu nennen."

Der älteste Zeuge dafür ist Kepler, welcher in einem Briefe vom Jahre 1609 (Kepleri opp. ed. Frisch. vol. III Frft. 1860 p. 136) sich folgendermassen ausspricht: „Vin'tu vero scire fabulae huius, cui tantopere irasceris, architectum? Andreas Osiander annotatus est in meo exemplari, manu Hieronymi Schreiber Noribergensis. Hic igitur Andreas, cum editioni Copernici praeesset, praefationem illam, quam tu dicis absurdissimam, ipse (quantum ex eius literis ad Copernicum colligi potest) censuit prudentissimam, posuit in frontispisio libri, Copernico ipso aut iam mortuo aut ignaro."

Abraham Gotthelf Kästner in seiner Geschichte der Mathematik Bd. II. Göttingen 1797 pag. 367 sagt darüber: „Mit Osiander's Vorberichte, die Bewegung der Erde sei nur Hypothese der Rechnung wegen, meint Doppelmeyer, wäre wohl Copernicus nicht zufrieden gewesen, wenn er es hätte prüfen können."

Hierher gehört auch der Brief des Bischofs Giese von Culm, vom 26. Juli 1543 aus Löbau datirt, der in der Warschauer Ausgabe p. 640 abgedruckt, aber auch am Schlusse der Schrift: „Zur Geschichte des copernicanischen Systems von Dr. Franz Beckmann, Prof. zu Braunsberg, 1861, p. 42 und 43 zu finden ist, und nach der dort gegebenen Uebersetzung folgendermassen lautet:

An Joachim Rhetikus.

Von der Vermählungsfeier des Königs aus Krakau zurückgekehrt, finde ich die beiden von Dir übersandten Exemplare des jüngst gedruckten Werkes von unserm Copernicus, dessen Hinscheiden ich nicht eher vernahm, als bis ich den preussischen Boden betreten hatte. Den Schmerz über den Verlust des Bruders und grossen Mannes hätte ich durch Lesung des Buches, das mir ihn lebend wieder vorzuführen schien, ausgleichen können; aber gleich im Eingange bemerkte ich die Untreue und — Du bedienst Dich des rechten Ausdrucks — die Ruchlosigkeit des Petrejus, die einen Unwillen, grösser, als die vorhergehende Traurigkeit bei mir erregte. Denn wer möchte nicht ergrimmen über eine so grosse, unter dem Schutze des Vertrauens begangene Schandthat? Doch ist sie vielleicht nicht sowohl diesem Drucker, der von Andern abhängig ist, als dem Neide eines Mannes zuzuschreiben, der vielleicht aus Schmerz darüber, von dem alten Bekenntniss ablassen zu müssen, falls dieses Buch Ruf erlangen sollte, die Einfalt des Druckers missbraucht hat, um dem Werke das Vertrauen zu ihm zu entziehen. Damit aber derjenige nicht straflos ausgehe, der sich so durch fremden Betrug hat bestechen lassen, habe ich an den Senat in Nürnberg geschrieben, und in dem Schreiben angegeben, was meines Erachtens nothwendig ist, um das Vertrauen zu dem Verfasser herzustellen. Ich übersende den Brief mit einem Exemplare des Werkes an Dich, auf dass Du nach den Umständen ermessen mögest, wie die Sache einzuleiten ist. Denn zur Betreibung derselben bei dem Senate scheint mir Keiner so geeignet oder so willfährig zu sein, als Du bist, der Du die Rolle des Chorführers bei der Aufführung des Stückes gespielt hast, so dass Dir nicht weniger, als dem Verfasser an der Herstellung dessen liegen muss, was entstellt worden ist. Wenn Dir aber daran gelegen ist, so ersuche ich Dich angelegentlichst, Alles mit der grössten Sorgfalt auszuführen. Wenn die umzudruckenden ersten Blätter anlangen werden, hast Du, scheint mir, eine Vorrede beizufügen, damit auch die schon ausgegebenen Exemplare von dem Fehler der Entstellung befreit werden. Ja, ich wünsche sogar, es möge der Lebenslauf des Verfassers vorausgeschickt werden, den ich in der anziehenden Abfassung von Deiner Hand gelesen habe; ich glaube, es fehlt daran weiter Nichts, als das Lebensende, das durch einen Blutsturz mit hinzugetretener Lähmung der rechten Seite am 24. Mai herbeigeführt ist, nachdem schon viele Tage vorher Gedächtniss und geistige Regsamkeit geschwunden waren. Das Werk in seiner Vollendung hat er nur beim letzten Athemzuge gesehen an demselben Tage, an dem er verschieden ist. Dass es vor seinem Tode gedruckt erschienen ist, kommt nicht in Betracht; denn das Jahr stimmt, und den Tag, an dem der Druck vollendet ist, hat der Drucker nicht beigefügt. Ich wünsche, es möge auch das Schriftchen, durch das Du die Bewegung der Erde von dem Vorwurfe eines Widerspruches mit der heiligen Schrift befreit hast, hinzugefügt werden. So erhält das Werk den rechten Umfang und Du wirst zugleich den Uebelstand gut machen, dass in der Vorrede des Werkes der Lehrer Deiner nicht erwähnt hat, was er meines Erachtens nicht aus Gleichgültigkeit gegen Dich, sondern in Folge seiner Schwerfälligkeit und Sorglosigkeit, zumal da er schon matt war, unterlassen hat, indem ich wohl weiss, wie hoch er Deinen Beistand und Deine Gefälligkeit zu schätzen gewohnt war. Für die mir zugesandten Exemplare statte ich dem Geber grossen Dank ab; sie werden mir als immerwährendes Denkmal dienen zur Erinnerung nicht nur an den Verfasser, den ich stets geliebt habe, sondern auch an Dich, der Du ihm bei seiner Arbeit als Theseus kräftig zur Seite gestanden, und jetzt durch Deine Bemühungen und durch Deine Sorgfalt dazu mitgewirkt hast, dass wir den Genuss des vollendeten Werkes nicht entbehren. Wie viel wir Alle Dir für diese Deine Bemühungen zu danken haben, liegt nicht im

Dunkeln. Ich wünsche, Du mögest mich benachrichtigen, ob dem Papste das Werk übersandt worden ist; denn, wenn es nicht geschehen ist, so möchte ich dem Hingeschiedenen diesen Dienst erweisen. Lebe wohl! Löbau den 26. Juli 1543.

2a) Dietrich von Rheden, seit dem Jahre 1532 Domherr von Ermland, lebte meist in Rom, wo er die Agenturgeschäfte des Kapitels besorgte, und von wo er erst 1539 wieder heimkehrte. Vergl. Fr. Hipler, Spicilegium Copernicanum. Braunsberg 1873, p. 115.

3) Nicht Nicetus oder Nicetas, sondern Hicetas. Der wahre Name dieses Pythagoräers ist: Ἱκέτης. oder dorisch: Ἱκέτας. So lautet er beim Diogenes Laërtius. Vergl. Ideler, Ueber das Verhältniss des Copernicus zum Alterthum. p. 27.

Die Stelle, auf welche sich hier Copernicus bezieht, findet sich bei Cicero, Academicae quaestiones Lib. IV. Cap. 29 und lautet: „Nicetas Syracusius, ut ait Theophrastus, caelum, solem, lunam, stellas, supera denique omnia stare censet: neque praeter terram, rem ullam in mundo moveri quae cum circum axem se summa celeritate convertat et torqueat, eadem effici omnia, quasi stante terra caelum moveretur. Atque hoc etiam Platonem in Timaeo dicere quidam arbitrantur, sed paullo obscurius." — Zu deutsch: — Der Syracuser Nicetas hält dafür, wie Theophrast sagt, dass der Himmel, die Sonne, der Mond, die Sterne, endlich alles über der Erde Befindliche, stillstehe, und dass sich Nichts in der Welt bewege, ausser der Erde. Während diese sich mit der grössten Geschwindigkeit um ihre Axe wälze und drehe, werde Alles ebenso bewirkt, als ob sich bei stillstehender Erde der Himmel drehe. Einige sind der Ansicht, dass dies auch Plato im Timäus sage, aber etwas dunkler. — Ueber des Hicetas Ansichten vergl. auch Diogenes Laërtius, Vitae philosophorum VIII, 85.

4) Diese Stelle findet sich: Plutarchus, Chaeronensis, Περὶ τῶν ἀρεσκόντων τοῖς φιλοσόφοις. βιβλίον τρίτον. Περὶ κινήσεως γῆς. ιγ'. seu De placitis philosophorum Lib. III. Cap. 13.

4a) Lactantius divin. instit 3, 24.

5) Diese einleitenden Worte finden sich nur in der Warschauer und in der Thorner Säcular-Ausgabe und stammen also aus der Prager Original-Handschrift.

6) Almagest: Lib. I. Cap. 3.

7) Almagest: Lib. I. Cap. 4.

8)

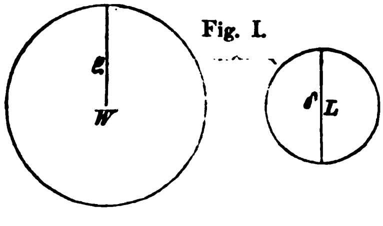


Fig. I.

Ist in Fig. I. W der Mittelpunkt der Wasserkugel und ρ ihr Halbmesser; ebenso L der Mittelpunkt der Landkugel und δ ihr Durchmesser: so möge $\delta^3 : (2\rho)^3 = 1:7$ sein, dann ist $\delta = 1.0455161 \,.\, \rho$; es ergiebt sich also, dass, wenn die Wasserkugel 7 mal so gross wäre, als die Landkugel, und jede von beiden für sich bestände, der Durchmesser der Landkugel noch etwas grösser wäre, als der Halbmesser der Wasserkugel.

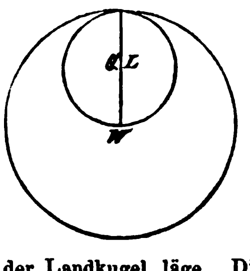


Fig. II.

Tauchte man aber diese Landkugel in die Wasserkugel, und stellte dann die Wasserkugel ihre Kugelgestalt wieder her: so würde nun der ganze Körper achtmal so gross, als die Landkugel allein. Bezeichnen wir den Halbmesser dieser neuen Kugel Fig. II. mit ρ': so haben wir $\delta^3 : (2\rho')^3 = 1 : 8$

also $\delta = \rho'$;

und die Landkugel berührte folglich die Wasserkugel nur noch von innen, während der Mittelpunkt des ganzen Körpers nur noch in der Oberfläche der Landkugel läge. Die Landkugel könnte also nicht mehr aus der Wasserfläche hervorragen, ohne den Mittelpunkt des ganzen Körpers dem Wasser allein zu überlassen. Ueber Entstehung und Geschichte der Lehre von der in eine Wasserkugel eingetauchten Landkugel vergl. S. Günther: Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie. Halle 1878 Heft III, besonders S. 164 flgg. über die Stellung des Copernicus zu dieser Lehre.

[9]) Dass Copernicus hier unter dem Ausdrucke „circulus medius“ nichts anderes versteht, als den 180sten Längengrad von Ferro (oder von den fortunatischen Inseln), geht daraus hervor, dass Ptolemäus, auf den sich Copernicus im Texte beruft, in seiner Geographie Lib. VI im Anfange des 16ten Capitels, welches über die Lage von Serica handelt, sagt: dies Serica grenze im Osten an unbekanntes Land, und zwar zwischen 35 und 63 Grad der Breite an den Meridian, der eine geographische Länge von 180° habe. Ptolemäus rechnet aber bekanntlich seine geographischen Längen von den fortunatischen (canarischen) Inseln, also ungefähr von Ferro. Mit dieser Bestimmung der Ostgrenze von Serica steht die Bemerkung des Ptolemäus, Geogr. Lib. I. Cap. 12. „Longitudo vero totius cognitae a Meridiano per insulas Fortunatas, usque ad Seras partium centum 70 septem cum quarta una.“ in keinem Widerspruche, denn diese Längenbestimmung bezieht sich auf die Hauptstadt Sera (Sera Metropolis), deren geographische Länge a. a. O. Buch VI. Cap. 16 zu 177° 15′ bei einer nördlichen Breite von 38° 36′ bestimmt ist. Der Mathematiker Joh. Ant. Maginus (geb. zu Padua 1551, gest. zu Bologna 1617), welcher eine lateinische Ausgabe der Geographie des Ptolemäus mit Commentaren veranstaltet hat, bezeichnet in diesen letzteren pag. 24 die Lage von Sera mit 7^h 55^m d. i. 118° 45′ östlich von Alexandrien, und da nach Ptolemäus a. a. O. Buch IV. Cap. 5. die Länge von Alexandrien zu 60° 30′ angegeben wird, so wäre hiernach die Länge von Sera 179° 15′. Gegenwärtig kennt man die Länge von Alexandrien als 47° 30′ östlich von Ferro, und ist der Ansicht, dass das heutige Singanfu am Weiho, welches 126° 20′ östlich von Ferro und 34° 6′ nördlicher Breite liegt, jene alte Sera sei, welche bis auf Ptolemäus den östlichsten Punkt bildete, welchen die Kaufleute noch erreichten.

[10]) Cathagya ist dasselbe Land, welches sonst auch Cataya oder auch Catayo genannt wird. Vergl. Geographia Cl. Ptolemaei, authore J. A. Magino. Agrippinensium Coloniae I597. Pars II. foll. 234 und 235. In der auf der Rückseite von fol. 229 gegebenen Karte von dem „Tartariae imperium“ wird es zwischen 160° und 180° östlich von Ferro und zwischen 35° und 45° nördl. Breite, den japanischen Inseln gegenüber dargestellt. Ebenda fol. 24 liest man: „Octava Asiae tabula complectitur Scythiam extra Imaum montem, quae Barbaris Mongul, et recensioribus Tartaria antiqua dicitur; et Sericam, quae Cataio, vel Cambalu nonnullis dicitur.“ Ritter, Erdkunde von Asien Bd. I. 1832 p. 85 u. 86 sagt darüber: „Unter dem östlichen Hochasien verstehen wir jenes den ältern Griechen und Römern gänzlich unbekannt gebliebene Land, dessen südwestliche Grenzgebirge, Emodus und Imaus (Strabo G. XV. c. 1.) nur von Eratosthenes und Strabo erst genannt werden, ohne den dahinter in so grosser Weite ausgebreiteten Theil der Erde auch nur zu ahnen. Plinius, und nach ihm mehr noch Ptolemäus (Plin. H. N. VI. c. 24 und Ptol. VII. c. 3), lernt dort erst die nomadischen Scythen und die handeltreibenden Serer kennen bis zum Lande der fernen Sinan; seitdem erst kommt die grosse, der Landescultur entsprechende Benennung dieses Erdstriches, mit Ptol. VI. c. 15, in Gebrauch, nämlich als das Land der Nomaden ausserhalb, d. h. im Osten des Imaus (Scythia extra Imaum). Es ist dasselbe, was die alten Perser mit Turen (Wahl: Vorder- und Mittelasien. Leipzig 1795. p. 412—433), die Araber, theilweise wenigstens, mit Mawar-alnahar, d. i. Land zwischen Oxus und Jaxartes, bezeichneten, was die heutigen Perser auch Wererud oder Wararud (Sieben Meer b. v. Hammer in Wien. — Jahrb. 1826 Th. XXXVI. p. 273.) mit gleicher Bedeutung nennen. Derselbe Landstrich wird, seit dem Mittelalter, doch immer nur in seiner ostwärts weiterhin erkundeten Ausdehnung, von muhamedanisch-asiatischen und christlich-europäischen Autoren sehr häufig mit dem sehr unbestimmten Namen Cataja, Kathai belegt. Die Namensähnlichkeit mit Cathea Sophitis (bei Strabo XV. f. 699 u. Q. Curtius IX. 1.) in Indien, aus Alexanders des Grossen Zeit, ist nur dem Klange aber nicht dem Inhalte nach analog (Andr. Müller, Disquisitio geogr. et historic. de Chataja Berlin 1671 p. 79.) Dieser Name ist vielmehr von dem mongolisch-tungusischen Volke der Kithan, (plur. Kithat b. A. Remusat, vergl. Klaproth s. les différens noms de la Chine in Mém. rel. à l'Asie. Paris. 1828. III. p. 259.) abzuleiten, das sich noch vor der Mongolenzeit, seit dem X. Jahrhundert, auf dem Throne Nord-China's und westwärts in Tangut, zu einer weit verbreiteten Macht im hohen Hinter-Asien erhob.

[11]) Almagest. I. 8.

[12]) Almagest. I. 6.

[13]) Archimedes berichtet im Anfange seiner kleinen Schrift: „Arenarius“ pag. 319 der Oxforder Ausgabe des Torellus 1782 von ganz ähnlichen Anschauungen, die Aristarch von Samos in seinen Propositionen gegen die Astrologen gelehrt hat. Jdeler in seiner Schrift

„Ueber das Verhältniss des Copernicus zum Alterthume“ pag. 40 übersetzt diese Stelle so: „Nach seiner (Aristarch's) Hypothese haben weder die Fixsterne, noch die Sonne irgend eine „Bewegung, sondern die Erde durchläuft einen Kreis, dessen Mitte die Sonne einnimmt. Die „mit dieser concentrische Fixsternsphäre aber ist seiner Meinung nach so gross, dass der Um„fang der Erdbahn sich zur Entfernung der Fixsterne verhält, wie der Mittelpunkt der Kugel „zu ihrer Oberfläche.“

14) Dieser letzte Satz ist in der Thorner Säcular-Ausgabe aus der Original-Handschrift hinzugefügt.

15) Almagest. I. 7.

16) De coelo I. 2. Diese hier zu Grunde liegende Stelle lautet in der deutschen Uebersetzung, welche C. Prantl, Leipzig 1857, herausgegeben hat, folgendermassen: „Jede Bewegung, welche örtlich ist, ist entweder gradlinig, oder kreislinig, oder aus diesen gemischt, einfach nämlich sind nur jene beiden; die Ursache hiervon aber ist, dass auch nur diese beiden Grössen einfach sind, nämlich die grade Linie und die Kreislinie. Kreislinig nun ist jene Bewegung, welche um den Mittelpunkt geht, grade aber jene, welche nach Oben und nach Unten; ich nenne aber nach Oben die Bewegung von dem Mittelpunkte hinweg, nach Unten hingegen die zu dem Mittelpunkte hin. (Phys. ausc. II. 1 und V. 2.) Demnach muss nothwendig von aller Raumbewegung die eine vom Mittelpunkte weg, die andere zum Mittelpunkte hin, die andere endlich um den Mittelpunkt herum stattfinden. — — — Wenn die Bewegung eines Körpers nach Oben ist, so muss er Feuer oder Luft sein, wenn sie aber nach Unten ist, so muss er Wasser oder Erde sein. — — — Die ursprünglichere Bewegung kommt aber einem von Natur aus ursprünglicheren Körper zu, die kreislinige ist aber ursprünglicher, als die gradlinige, die gradlinige kommt nun den einfachen Körpern zu, folglich muss nothwendig die kreislinige Bewegung einem ursprünglicheren Körper, als jene einfachen Körper sind, zukommen.“ Copernicus setzt im Texte für diese „ursprünglicheren“ Körper, Himmelskörper.

17) Aristoteles. Phys. ausc. III. 4 Πρῶτον οὖν διοριστέον, ποσαχῶς λέγεται τὸ ἄπειρον. ἕνα μὲν οὖν τρόπον, τὸ ἀδύνατον διελθεῖν. d. h. Zuerst ist zu unterscheiden, in wie vielen Bedeutungen das Unbegrenzte gebraucht wird. Die erste Bedeutung ist nun Dasjenige, was nicht durchschritten werden kann. — Ebenso De coelo I. 5. τὸ μὲν ἄπειρον μὴ ἔστι διελθεῖν, d. h. das Unbegrenzte kann nicht durchwandert werden.

18) Aristoteles. Phys. ausc. IV. 4. τοῦ περιέχοντος πέρας ἀκίνητον, d. h. das jenseits des Umfassenden Liegende ist unbeweglich. — Ebenso De coelo I. 7. Ἀλλὰ μὴν οὐδ' ὅλως γε τὸ ἄπειρον ἐνδέχεται κινεῖσθαι. d. h. Aber nun ist es ja überhaupt gar nicht statthaft, dass das Unbegrenzte bewegt werde. Und weiter unten in demselben Capitel: Λογικώτερον δ' ἔστιν ἐπιχειρεῖν καὶ ὧδε· οὔτε γὰρ κύκλῳ οἷόν τε κινεῖσθαι τὸ ἄπειρον ὁμοιομερὲς ὄν· μέσον μὲν γὰρ τοῦ ἀπείρου οὐκ ἔστι, τὸ δὲ κύκλῳ περὶ τὸ μέσον κινεῖται. ἀλλὰ μὴν οὐδ' ἐπ' εὐθείας οἷόν τε φέρεσθαι τὸ ἄπειρον· δεήσει γὰρ ἕτερον εἶναι τοσοῦτον τόπον ἄπειρον εἰς ὃν οἰσθήσεται κατὰ φύσιν, καὶ ἄλλον τοσοῦτον εἰς ὃν παρὰ φύσιν· ἔτι εἴτε φύσει ἔχει κίνησιν τοῦ εἰς εὐθὺ εἴτε βίᾳ κινεῖται, ἀμφοτέρως δεήσει ἄπειρον εἶναι τὴν κινοῦσαν ἰσχύν· ἥ τε γὰρ ἄπειρος ἀπείρου καὶ τοῦ ἀπείρου ἄπειρος ἡ ἰσχύς. confr. Phys. ausc. VIII. 10. — d. h. Mehr aus dem Begriffe kann man die Entwicklung folgendermassen machen: Das Unbegrenzte, wenn es gleichtheilig ist, kann weder im Kreise bewegt werden, weil es einen Mittelpunkt des Unbegrenzten nicht giebt; und weil das im Kreise Bewegte sich um einen Mittelpunkt bewegen muss; noch kann das Unbegrenzte gradlinig im Raume bewegt werden, weil es dann nöthig ist, dass es einen andern ebenso grossen unbegrenzten Ort giebt, in welchen hinein es naturgemäss, und wieder einen andern ebenso grossen, in welchen es naturwidrig bewegt würde. Ferner mag es von Natur aus, oder durch Gewalt eine gradlinige Bewegung haben, so wird es in beiden Fällen nothwendig sein, dass die bewegende Kraft unbegrenzt sei, denn sowohl ist die unbegrenzte Kraft diejenige eines Unbegrenzten, als auch ist die Kraft des Unbegrenzten selbst unbegrenzt u. s. w.

19) Aristoteles: De coelo I. 9. Nachdem Aristoteles im Eingange dieses Kapitels umständlich entwickelt hat, dass das Himmelsgebäude alles Körperliche enthalte, und es deshalb ausserhalb des Himmels weder einen Körper gäbe, noch auch je ein solcher entstehen könne, fährt er fort: ἅμα δὲ δῆλον ὅτι οὐδὲ τόπος οὐδὲ κενὸν οὐδὲ χρόνος ἐστὶν ἔξω τοῦ οὐρανοῦ d. h. zugleich ist aber klar, dass es ausserhalb des Himmels weder einen Ort, noch

Leeres, noch Zeit giebt Dies wird dann im weiteren Verlaufe des Capitels näher nachgewiesen, und steht wieder im innigen Zusammenhange mit der Bemerkung Phys. ausc. I. 1. Πρὸς δὲ τούτοις, ἄνευ τόπου, καὶ κενοῦ, καὶ χρόνου, ἀδύνατον κίνησιν εἶναι. d. h. Ueberdies ist ohne Ort, ohne Leeres und ohne Zeit eine Bewegung unmöglich. Und dies schliesst sich wieder an das in der Anm.[20]) Angeführte an.

[20]) Aeneis III. 72.

[21]) A. v. Humboldt im Kosmos II. p. 348 u. 349 nimmt von diesem Satze Veranlassung, darauf aufmerksam zu machen, dass „die Idee von der allgemeinen Schwere oder An„ziehung gegen den Welt-Mittelpunkt, die Sonne, aus der Schwerkraft in kugelförmigen Kör„pern geschlossen, dem grossen Manne vorgeschwebt zu haben scheine.“ Diese Hinweisung ist für ihn von solcher Wichtigkeit, dass er deren Wiederholung a. a. O. III. p. 18 und 19 nicht für überflüssig hält; — und doch ist Copernicus jener Idee völlig fremd, denn er steht ganz auf dem Boden der klassischen Philosophie. Aus den Entwickelungen des 8ten Capitels des I. Buches ergiebt sich nicht nur diese Thatsache, sondern auch dies, dass für Copernicus die gradlinige Bewegung, welche bei dem Fallen der Körper eintritt, nicht wegen einer den fallenden Körpern äusserlichen Anziehung, wie die Attractionstheorie lehrt, sondern deswegen stattfindet, weil die fallenden Körper sich nicht an den Orten der Erde befinden, wohin sie ihrer Natur nach gehören. Dazu kommt noch, dass in der von Humboldt angezogenen Stelle des 9ten Capitels nur von der Thätigkeit der Theile eines einzelnen Weltkörpers, sich zu einer Kugel zu vereinigen, die Rede ist, keinesweges aber von dem gegenseitigen Verhalten der Weltkörper zu einander; und dass deshalb diese Stelle ausserhalb jeden Zusammenhanges mit „der Idee von der allgemeinen Schwere oder Anziehung gegen den Welt-Mittelpunkt“ steht.

[22]) Euclidis optica ex trad. Theonis. Theor. 56. Prop. 57.

[23]) Almagest Lib. IX. Cap. 1.

[24]) z. B. Alfraganus. De rudimentis astr. Diff. XII. u. XXII.

[25]) Alpetragi blühte zu Marocco 1145—1154, confr. Weidler's hist. astron. Viteb. 1741. pag. 217, sein Theoricum physicum hat Calo Calonymus in's Lateinische übersetzt, (Venetiis 1531), confr. Gehler's phys. Wörterbuch VII. p. 537 und Hipler Spiceleg. Copern. p. 135.

[26]) Liber Machometi, filii Gebir, filii Crueni, qui vocatur Albategni, in numeris stellarum, et in locis motuum earum, experimenti ratione conceptorum. Norimbergae 1537. Cap. L. fol. 77 a. „Diameter quoque Veneris ad diametrum Solis in sua media longitudine existentis „ab iisdem sapientibus relatione habita, decimam diametri Solis partem invenire.“

Albategnius, auch Albatani, od. Albettanius, od. Alcharani, od. Albatheni, od. Aracensis, od. Aractensis, eigentlich Muhamed ben Geber, machte unter dem Khalifen el Mustamid ala Allah Abul Abbas Achmed in den Jahren 870 bis 892 seine Beobachtungen zu Racca.

[27]) Averrhoes oder Ibn Roshd, ein Aristoteliker, geb. zu Cordova 1149, gest. zu Marocco 1198 oder 1206 p. Chr.

[28]) La Lande. Astr. II. Liv. 11. No. 2000. Averrhoès crut avoir apperçu Mercure sur le Soleil.

[29]) Die Handschrift hat 49 statt 52 der Ausgaben.

[30]) Marcianus Mineus Felix Capella, geb. in Madaura in Africa um 440 nach Chr. Sein Werk, welches lange Zeit als Lehrbuch in den Klosterschulen gebraucht, und zu Anfang des 11ten Jahrhunderts von Notker in's Althochdeutsche übersetzt wurde, führt den Titel: Opus Martiani Capellae de nuptiis Philologiae et Mercurii libri duo, de grammatica, de dialectica, de rhetorica, de geometria, de arithmetica, de astronomia, de musica libri septem. — Vicentiae a. S. 1499.

[31]) Die Stelle, auf welche sich Copernicus hier bezieht, findet sich in der Anm.[30]) angeführten Ausgabe auf dem Blatte r. iiiii, und lautet in deutscher Uebersetzung: „Venus aber und Merkur gehen nicht um die Erde. Die Erde ist nicht der Mittelpunkt für alle Planeten. Wenn man auch wissen muss, dass die Erde für alle Planetenbahnen excentrisch ist, d. h. dass sie nicht die Mitte der Kreise einnimmt, so ist doch nicht zweifelhaft, dass sie der Mittelpunkt der Welt ist. Und dies gilt allgemein in Bezug auf alle sieben Planeten; weil, während die Welt in gleichbleibender Weise und in derselben Periode rotirt, die Planeten

täglich sowohl die Oerter als auch die Kreise ändern. Denn von diesen Gestirnen geht keines an dem Orte auf, wo es Tags zuvor aufgegangen ist. Wenn dies sich so verhält, so ist nicht zweifelhaft, dass die Sonne 183 Kreise hat, durch welche sie entweder vom Sommersolstitium zum Wintersolstitium herabgeht, oder von dem letzteren zum Sommersolstitium aufsteigt. In diesen verschiedenen Kreisen nun bewegt sie sich. Während aber die Sonne die angegebene Zahl (von Kreisen) besitzt, beschreibt Mars doppelt, Jupiter zwölfmal und Saturn acht und zwanzig mal so viel Kreise, welche auch Parallelkreise genannt werden. Alle diese Bewegungen rücken mit der (Fixstern-)Welt fort, und umkreisen die Erde mit Auf- und Untergehen. Obgleich dagegen Venus und Merkur täglichen Auf- und Untergang zeigen, so gehen ihre Bahnen doch durchaus nicht um die Erde, sondern sie gruppiren sich um die an Umfang grössere Sonne; kurz sie legen den Mittelpunkt ihrer Bahnen in die Sonne, so dass sie sich zuweilen über ihr, meistens unter ihr, der Erde näher, bewegen; und zwar weicht Venus um ein Zeichen und einen halben Grad von der Sonne ab. Wenn sie aber über der Sonne stehen, so ist Merkur der Erde näher, während unter der Sonne die Venus; diese bewegt sich nämlich in einem offneren und grösserem Kreise."

[32]) Der Augustiner Ambrosio Calepino entlehnt in seinem Dictionarium hexaglottum, Basileae, pag. 343 u. 344 aus dem Diodorus Siculus folgende Angaben über Trismegistus: „Trismegistus, τρισμέγιστος. Latinis maximum sonat. Quo cognomine dictus est Mercurius, superioris Mercurii nepos, quem fabulantur fuisse filium Nili. Hunc tamen secundum asserunt occidisse Argum, Aegyptiisque praefuisse, et literas et leges tradidisse: sed literarum characteres animalium arborumque figuras habuisse. Hic condidit urbem, quam a se Hermopolim nominavit. (Germ. Der grosse Merkurius so vor Zeiten in Egypten ein herrlicher Philosoph, Priester und auch König gewesen ist.) Dictus est autem Trismegistus, quod et philosophus maximus, et sacerdos maximus, et maximus denique rex fuerit. Consueverunt enim Aegyptii ex omni philosophorum numero sacerdotes, ac rursus ex sacerdotibus regem eligere. Hic autem ut philosophos sapientia, ita religione sacerdotes excelluit, ac mox in imperio administrando superiores omnes reges superavit. Primus a physicis ad divinorum speculationem se erexit. Primus de majestate Dei, de daemonum ordine, animarumque mutationibus sapientissime disputavit. Scripsit multa volumina, quibus arcana mysteria et oracula panduntur. Non enim ut philosophus tantum, sed ut propheta futura saepe praedixit."

Werke, welche dem Trismegistus zugeschrieben werden, sind seit 1554 bis 1630 an verschiedenen Orten erschienen. Die Stelle, auf welche sich hier Copernicus bezieht, citirt A. v. Humboldt, Kosmos II. p. 500 nach der Krakauer Ausgabe von 1586 mit lib. V. p. 195 und 201.

[33]) Wahrscheinlich bezieht sich diese Bemerkung darauf, dass Electra in der sophocleischen Tragödie Vers 823 bis 826 sagt:

ποῦ ποτε κεραυνοὶ Διὸς, ἢ ποῦ φαέθων ῞Αλιος, εἰ ταῦτ' ἐφορῶντες κρύπτουσιν ἕκηλοι;	zu deutsch: Wo sind wohl die Blitze des Zeus, oder wo der leuchtende Helios, wenn solches sehend sie sich unthätig verbergen?

wenn man namentlich damit verbindet, was der Chor, Vers 174 und 175 zur Ellectra sagt:

ἔστι μέγας ἐν οὐρανῷ Ζεὺς, ὅς ἐφορᾷ πάντα καὶ κρατύνει.	zu deutsch: Im Himmel ist der grosse Zeus, der Alles sieht und hält.

Man braucht also nicht mit Böckh (vergl. Humboldts Kosmos II. p. 500) zu vermuthen, „die Anspielung sei wohl einem Gedächtnissfehler des Copernicus' zuzuschreiben, welcher die Folge einer dunkeln Erinnerung an Vers 869 des Oedipus in Kolonos des Sophocles: „ὁ παντα λεύσσων ῞Ηλιος““ wäre."

[34]) Vielleicht ist die Stelle, Aristoteles de generatione animalium IV. 10. gemeint.

[35]) Die hier besprochene Beziehung würde wohl genauer und richtiger dadurch ausgedrückt worden sein, wenn der Satz so lautete: Man muss sich vorstellen, dass der Aequator und die Axe der Erde gegen die Verbindungslinie der Mittelpunkte von Sonne und Erde eine veränderliche Neigung habe.

[36]) Diese „Bewegung der Declination", wie sie Copernicus nennt, und in dem weiteren Verlaufe des vorliegenden Capitels näher auseinandersetzt, ist seine eigenste Entdeckung, in welcher er keinen Vorgänger hatte. Der Begriff derselben ergiebt sich mit Nothwendigkeit, wenn man mit Copernicus die Bewegungen der Erde, als in ihrer natürlichen Beziehung zur Sonne begründet, sich vorstellt. Lässt man diese Beziehung fallen, so verliert die Bewegung

der Erde ihre natürliche Begründung, und sie wird zu einer der Erde unwesentlichen, durch äusserliche Ursachen, also durch mechanische Kräfte herbeigeführten und deshalb zufälligen. Dies ist nun durch die Attractionstheorie geschehen, bei welcher man sich gezwungen gesehen hat, anzunehmen, dass jeder Planet ursprünglich einen Stoss erhalten habe, durch welchen bewirkt werde, dass derselbe nicht in die Sonne fallen könne, sondern die Sonne in einer Bahn umkreisen müsse. Aus dieser mechanischen Anschauung sind die Einwände gegen die „Bewegung der Declination“ und endlich deren theoretische Verwerfung hervorgegangen. Lalande sagt hierüber (Astron. 1792. I No. 1100) „Zu der Zeit, als alle Theile der Erde durch einen seitlichen Stoss fortgeschleudert sind, erhielten sie alle parallele und gleiche Geschwindigkeiten und Richtungen; dies ändert also nichts in der Lage, welche sie zu einander haben, und welche sie fortfahren müssen, zu haben. Man kann also annehmen, dass die Erde, welche sich ursprünglich um eine unbewegte Axe drehte, in einer beliebigen Richtung fortgeschleudert sei. Da alle Theile denselben Stoss erhielten, so besteht eine vollständige Ausgleichung der oberen Theile mit den unteren, und sie behalten alle die Rotationsbewegung, welche sie vorher hatten, d. h. jedes Theilchen bewegt sich in einer Richtung, welche parallel derjenigen ist, die es anfänglich hatte, als die Erde stillstand. Wenn ein Körper angefangen hat, sich um seine Axe zu bewegen, so haben seine beiden Pole, oder die Punkte, welche sich nicht um die Axe drehen, durch den auf den Mittelpunkt ausgeführten Stoss, welcher die fortschreitende Bewegung hervorgebracht hat, dieselbe Bewegung erhalten; wenn sie aber dieselbe Bewegung erhalten haben, so giebt es keinen Grund dafür, dass einer dieser Punkte einen grösseren Weg zurücklege, als der andere; und wenn sie beide denselben Weg zurücklegen, so werden sie nothwendig immer auf einer Linie bleiben, welche derjenigen parallel ist, auf der sie sich beim Anfange der Bewegung befanden.“ — Und sich hierauf beziehend setzt derselbe Verfasser (III. No. 3220) hinzu: „Wir haben bewiesen, dass die Rotationsaxe sich immer parallel bleiben muss, möge die Revolutionsbewegung sein, welche sie wolle.“ — Und Gassendi, der wohl als der Erste gelten kann, welcher gegen die „Bewegung der Declination“ aufgetreten ist, spricht sich (Institutio astronomica, London, 1653, Lib III. 3.) folgendermassen darüber aus: „Die Bewegung der Declination ist jenes Abwenden der Erdaxe von ihrer mit der Axe der Ekliptik parallelen Lage, und das in allen Stellungen stattfindende Erhalten einer mit sich selbst parallelen Richtung, wodurch sie mit der Axe der Welt immer parallel bleibt: also könnte diese Bewegung nicht sowohl eine wirklich neue Bewegung, als vielmehr ein Gesetz der beiden anderen Bewegungen genannt werden. Sie kann nämlich in derselben Weise aufgefasst werden, in welcher die Axe eines Kinderkreisels, während er sich auf einer Ebene dreht, und mit seiner Spitze verschiedene Kreise beschreibt, sich selbst parallel bleibt, oder in senkrechter Lage verharrt.“

Nichtsdestoweniger dürfte es doch bedenklich erscheinen, die Bewegungen der Weltkörper in Vergleich zu bringen, oder gar zu identificiren mit denjenigen Bewegungen, welche wir an irdischen Gegenständen durch diesen äusserliche, mechanische Kräfte oder Stösse herbeiführen können. Das Bedenkliche in der Annahme solcher Stösse bei den Weltkörpern ist auch besonnenen Fachmännern nicht entgangen, was aus gelegentlichen Aeusserungen derselben wohl herauszufühlen ist, so sagt Mädler (Populäre Astronomie. Berlin, 1846, p. 86) „Es wird hiermit keineswegs behauptet, dass ein wirklicher, materieller Stoss im ersten Anfange stattgefunden habe, sondern nur die Art der Wirkung durch diesen Vergleich bezeichnet.“ Man hat sich auch wohl dadurch zu beruhigen gesucht, dass man jene gradlinige, gleichmässige Geschwindigkeit, welche die Art der Wirkung eines Stosses sein würde, als allen Planeten ursprünglich zukommend sich vorstellte. Diese Auskunft ist aber nur eine scheinbare, indem sie die Annahme jenes unnatürlichen Stosses nur in eine unvordenkliche Vergangenheit verschiebt. Copernicus war weit davon entfernt, sich eine solche Kraft, oder solchen Stoss, als Ursache der planetarischen Bewegung, zu denken, er sagt vielmehr: „Die gradlinige Bewegung ergreift nur diejenigen Körper, welche von ihrem natürlichen Orte weggegangen oder gestossen, oder auf irgend eine Weise ausserhalb desselben sind. Nichts widerstrebt der Ordnung und Form der ganzen Welt so sehr, als das Ausserhalb-seines-Ortes-sein. Die gradlinige Bewegung tritt also nur ein, wenn die Dinge sich nicht richtig verhalten, und nicht vollkommen der Natur gemäss sind, indem sie sich von ihrem Ganzen trennen und seine Einheit verlassen.“ Aus diesen Worten ist ersichtlich, dass Copernicus die Bewegungen der Planeten, als ihnen wesentlich natürliche und deshalb nicht durch äusserliche Ursachen oder Kräfte hervorgebrachte, sich vorstellte. Und aus eben diesem Grunde konnte es ihm auch gar nicht in den Sinn kommen, zu vermuthen, dass die Drehungsaxe der Erde deswegen mit sich parallel bleiben sollte, weil die fortschreitende Bewegung derselben durch eine ihr äusserliche Ursache hervorgebracht sei. — Suchte er aber die Ursache dieser Erscheinung in dem Wesen, in der natürlichen Bestimmtheit der Erde selbst, so konnte er dieselbe nur in einer der Erde nothwendig zukommenden, ihr immanenten Bewegung finden; und aus dieser Ueberzeugung hat er den Begriff der „Bewegung der Declination“ geschöpft.

[37]) Abweichend von dem lateinischen Texte: „Quoniam declivitas aequinoctialis ad **a e** lineam per revolutionem diurnam detornat sibi tropicum hiemalem parallelum, secundum distantiam, quam sub **e a h** angulus inclinationis comprehendit", habe ich mir erlaubt, hier zu lesen: Quoniam per declivitatem aequinoctialem ad **a e** lineam revolutio diurna detornat tropicum hiemalem parall. etc. In dem Verbum detornare scheint die declivitas aequinoctialis nicht wohl das Subject sein zu können, vielmehr die revolutio diurna, und es erhellt nicht, welche Beziehung dann das sibi haben sollte.

[38]) In dem Original-Manuscripte folgen auf diese Schlussworte zwei und eine halbe Seite, welche mit sehr schwarzer Dinte ausgestrichen sind, und mit denen Copernicus beabsichtigte, das erste Buch zu schliessen. Die Capitel 12, 13 und 14 machten ursprünglich mit dem Verzeichnisse der Sehnen das zweite Buch aus, welches Copernicus theils durch Streichen, theils durch Abkürzen mit dem ersten Buche verbunden hat. Die Herausgeber der Säcular-Ausgabe haben das von Copernicus Gestrichene in den Bemerkungen hinzugefügt, und diese Worte lauten in deutscher Uebersetzung, wie folgt:

Wenn wir auch zugeben wollen, dass der Lauf der Sonne und des Mondes auch bei Unbeweglichkeit der Erde abgeleitet werden könnte, so ist dies doch bei den übrigen Planeten weniger zulässig, und es ist anzunehmen, dass aus diesen und ähnlichen Ursachen Philolaus die Beweglichkeit der Erde erkannt habe; wie auch Einige sagen, dass Aristarch von Samos, wenn auch nicht durch jene Schlussfolgerung, welche Aristoteles (De coelo II. 14) anführt und zurückweist, bewogen, derselben Ansicht gewesen sei. Da aber dies der Art ist, dass es ohne scharfen Geist und ohne lange anhaltende Sorgfalt nicht begriffen werden kann, so ist es, wie Plato erzählt, damals den Philosophen meistens verborgen geblieben, und es hat nur Wenige gegeben, welche zu jener Zeit die Ursache der Bewegung der Gestirne gekannt haben. War es aber auch dem Philolaus oder irgend einem Pythagoräer bekannt, so ist es doch wahrscheinlich, dass sie es nicht den Nachkommen preisgegeben haben. Denn es war der Brauch der Pythagoräer, die Geheimnisse der Philosophie nicht in Büchern zu überliefern, noch Jedermann zu eröffnen, sondern lediglich der Treue der Freunde und Verwandten anzuvertrauen, und von Hand zu Hand weiter zu geben. Als Document für diese Thatsache giebt es einen Brief des Lysis an den Hipparch, den ich, wegen seiner beherzigenswerthen Gedanken, und damit erhelle, wie hoch sie die Philosophie unter sich schätzten, hier aufnehmen, und mit demselben dieses erste Buch schliessen möchte. Den Inhalt des Briefes habe ich aus dem Griechischen folgendermassen (nämlich ins Lateinische) übersetzt:

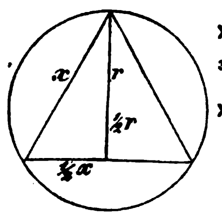
Lysis grüsst den Hipparch.

Nach dem Tode des Pythagoras hätte ich niemals geglaubt, dass sich die Verbindung seiner Schüler lösen würde. Obgleich wir aber wider Erwarten, wie durch einen erlittenen Schiffbruch, der Eine hierhin, der Andere dorthin verschlagen und zerstreut sind, so ist es doch heilige Pflicht, der göttlichen Lehren desselben eingedenk zu bleiben, und die Schätze der Philosophie nicht denen mitzutheilen, welche sich von der Reinigung des Geistes nichts haben träumen lassen. Denn es schickt sich nicht, Dasjenigen Jedermann preiszugeben, was wir mit so grossen Mühen erworben haben. Wie es auch nicht erlaubt ist, die Geheimnisse der eleusinischen Göttinnen gewöhnlichen Menschen zu eröffnen, und mit völlig gleichem Rechte würde das Eine oder das Andere für schlecht gesinnt und pflichtvergessen gehalten werden. Es lohnt der Mühe, zu überdenken, wie viel Zeit wir gebraucht haben, um die Flecken zu verwischen, welche auf unseren Gemüthern hafteten, bis wir nach Verlauf von fünf Jahren für seine Lehren empfänglich geworden waren. Wie die Maler nach der Reinigung die Farbe der Gewänder mit einer gewissen Beize befestigen, damit sie die unvertilgbare Färbung einsaugen, die nachher nicht leicht vergehen kann: so bereitete jener göttliche Mann die Freunde der Philosophie vor, damit er nicht in dem Vertrauen getäuscht werde, welches er in die Tüchtigkeit irgend Eines gesetzt hätte. Denn er verkaufte die Wissenschaft nicht als Waare, noch verband er mit dem Gebrauche der Wahrheit Schlingen, in denen manche Sophisten die Gemüther der Jünglinge fangen, sondern er war ein Lehrer in göttlichen und menschlichen Dingen. Manche Nachahmer seiner Lehre thuen Vieles und Grosses, aber in ungebührlicher Weise und nicht wie es sich schickt, einen Jüngling zu unterweisen, wodurch sie ihre Zuhörer rücksichtslos und unverschämt machen. Denn sie beflecken die reinen Sätze der Philosophie mit ungestümen und unreinen Sitten. Es ist dies so, als wenn Jemand in einen mit Schmutz angefüllten, tiefen Brunnen reines, klares Wasser giesst; der Schmutz nämlich geräth in Unruhe, und lässt das Wasser hindurch. So geht es denen, welche in solcher Weise lehren und belehrt werden. Dichte und dunkle Wälder bedecken den Verstand und das Herz derjenigen, welche nicht in gehöriger Weise eingeweihet sind, und stören die ganze Milde und Besonnenheit des Geistes. Alle Arten von Lastern dringen in diesen Wald, welche verzehren und verhindern, dass irgend etwas Vernünftiges daraus hervorgehe. Als Mütter jener Eindringlinge wollen wir hauptsächlich Eigennutz und Habsucht nennen. Beide sind sehr fruchtbar. Denn der Eigennutz gebiert Unzucht, Völlerei, Schändung, wiedernatürliche Lüste und manche heftige Triebe, die zum Tode und zum Verderben führen. Manche nämlich hat schon die Begierde so sehr hingerissen, dass sie sich weder der Mutter, noch der Kinder enthielten, und sie verführte dieselben gegen die Gesetze, gegen das Vaterland, gegen den Staat und gegen die Herrscher, legte ihnen Schlingen, und brachte die Gefesselten zu den grössten Strafen. Von der Habsucht aber werden geboren Räubereien, Morde, Tempelraub, Giftmischerei und andere Schwestern derselben Art. Man muss daher die Schlupfwinkel jenes Waldes, in denen jene Leidenschaften sich aufhalten, mit Feuer, Schwert und allen Mitteln zerstören Wenn wir die edle Vernunft von jenen Leidenschaften befreit wissen, dann können wir die beste und ergiebigste Frucht in dieselbe säen. Dies hast Du, Hipparch, nicht ohne grosse Mühe gelernt, aber, Lieber, Du hast, nachdem Du den sicilischen Luxus gekostet hast, um dessen Willen Du nichts hättest hintansetzen sollen, es wenig beherzigt. Sehr Viele sagen auch, dass Du öffentlich Philosophie lehrtest, was Pythagoras verboten hat, welcher seiner Tochter, Dama, befahl, dass sie die kleinen Abhandlungen, welche er ihr durch Testament vermachte, Niemandem ausser der Familie geben solle. Obgleich sie dieselben für vieles Geld verkaufen konnte, so wollte sie dies doch nicht thun, sondern achtete die Armuth und die Befehle ihres Vaters höher, als Gold. Auch sagt man, dass die sterbende Dama dasselbe ihrer Tochter, Vitalia, als anvertrautes Gut hinterlassen hätte. Wir aber vom männlichen Geschlechte sind pflichtvergessen gegen unsern Lehrer, und Uebertreter unseres Bekenntnisses. Wenn Du Dich daher besserst, so habe ich Dich lieb, wo nicht, so bist Du für mich todt."

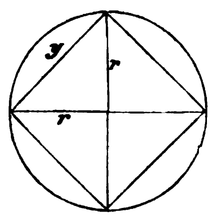
Die Ueberschrift des Capitels 12 „Ueber die Grösse der graden Linien im Kreise", welche in den Ausgaben hier folgt, fehlt in dem Original-Manuscripte, statt deren findet sich die Ueberschrift „Ueber die graden Linien, welche Sehnen im Kreise sind." Der Anfang des Capitels, wie er in den Ausgaben steht, und ausserdem einige dem vorausgeschickte Sätze, sind in dem Manuscripte ausgestrichen. Diese ausgestrichenen Worte lauten in Uebersetzung so: „Was aus der Naturphilosophie als Grundsätze und Voraussetzungen für unsere Entwickelung nothwendig erschien, dass nämlich die Welt kugelförmig, sehr gross und dem Endlosen ähnlich, ferner dass die Fixsternsphäre alles umfasse und unbeweglich, dass aber die Bewegung der übrigen Himmelskörper kreisförmig sei: haben wir im grossen Ganzen abgehandelt. Wir haben aber noch hinzugefügt, dass die Erde in einigen Kreisbewegungen begriffen ist, auf welche wir bei der Entwicklung unsrer ganzen Theorie von den Gestirnen, wie auf einen Grundstein uns stützen. Weil aber die Entwicklungen, deren wir uns fast in dem ganzen Werke bedienen, sich mit graden Linien und Bogen und mit ebenen und sphärischen Dreiecken beschäftigen, und, obgleich hierüber schon Vieles in den Elementen Euclids vorliegt, man doch nicht das besitzt, was hier hauptsächlich erforderlich ist, wie man nämlich aus den Winkeln die Seiten und aus den Seiten die Winkel finden kann: so u. s. w." Vergl. Capitel 12.

[39]) Almagest I. 9 & 10. Ueber dieses und die beiden folgenden Kapitel der Revolutionen vergl. ein Programm des Gymnasiums und der Realschule erster Ordnung in Thorn für 1872 von Prof. Dr. Fasbender.

[40])



$$x^2 = \tfrac{9}{4} r^2 + \tfrac{1}{4} x^2$$
$$\tfrac{3}{4} x^2 = \tfrac{9}{4} r^2$$
$$x^2 = 3r^2$$



$$y^2 = r^2 + r^2$$
$$y^2 = 2r^2$$

[41]) Die Handschrift hat diese beiden Stellenangaben, während in den Ausgaben steht: „nach XI des zweiten und nach XXX des sechsten Buches", hier bedeuten aber die römischen Ziffern die Propositionen und nicht die Probleme, wie in der Handschrift. Es sind also beide Arten der Citate identisch.

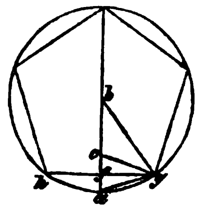
[42]) d. h. es soll $ab : bc = bc : ac$ sein.

[43]) Ist $ab : bc = bc : ac$, so ist auch $ab + bc : ab = bc + ac : bc$ und dafür kann man nach der Construction im Texte setzen $ad : ab = ab : bd$. Bezeichnet man nun die Länge bd mit z und ab mit r, so ist $r + z : r = r : z$, woraus folgt

$$z^2 + rz = r^2,$$

also $$z = (\sqrt{5} - 1)\frac{r}{2}.$$

Derselbe Ausdruck ergiebt sich aber auch für die Zehnecksseite, denn, wenn in der nebenstehenden Figur **ag** = **z** die Zehnecksseite, **r** der Radius des Kreises und **b** dessen Mittelpunkt ist, so muss Winkel **abg** = $^2/_5$ **R** und **bag** = **bga** = $^4/_5$ **R** sein. Trägt man nun Winkel **abg** in **g** an **bg**, so dass Winkel **cgb** = $^2/_5$ **R**, so werden die Dreiecke **abg** und **agc** ähnlich, folglich



$$\mathbf{bg} : \mathbf{ag} = \mathbf{ag} : \mathbf{ac}$$

oder $\quad r : z = z : r - z$

also $\quad z^2 = r^2 - rz$

oder $\quad z^2 + rz = r^2$

also $\quad z = (\sqrt{5} - 1)\frac{r}{2}$ wie oben.

[44]) $eb = \frac{r}{2}$, also $(eb)^2 = \frac{r^2}{4}$, oder $5\,(eb)^2 = 5\,\frac{r^2}{4}$

$$ebd = eb + bd = \frac{r}{2} + z = \frac{r}{2} + (\sqrt{5}-1)\frac{r}{2} = \frac{r}{2}\sqrt{5} \text{ also } (ebd)^2 = 5\frac{r^2}{4} = 5\,(eb)^2$$

[45]) Ist in der Figur der Anmerkung 43 **hg** = **v** = einer Fünfecksseite, so ist **fg** = $\frac{v}{2}$ und da **ae** = **r** − **z**, so ist auch **af** = $\frac{r-z}{2}$, folglich $z^2 = \frac{v^2}{4} + \frac{(r-z)^2}{4}$, dies ergiebt $v^2 = 3z^2 + 2rz - r^2$; setzt man hierin $z = (\sqrt{5} - 1)\frac{r}{2}$, so wird $v^2 = (5 - \sqrt{5})\frac{r^2}{2}$ setzt man denselben Werth in $r^2 + z^2$ so wird $r^2 + z^2 = (5 - \sqrt{5})\frac{r^2}{2}$, mithin $v^2 = r^2 + z^2$.

[46]) $\frac{ac\,.\,bd - ab\,.\,cd}{ad} = bc$. Nun ist **ac** als Fünfecksseite = 117557, **bd** als Dreiecksseite = 173205, **ab** als Sechsecksseite = 100000, $cd = \sqrt{ad^2 - ac^2} = 161803$, **ad** als Durchmesser = 200000 : folglich **ac** . **bd** = 20361469678, **ab** . **cd** = 16180343553, und daraus **bc** = 20905,63063.

[47]) $ab = \sqrt{ac^2 - bc^2}$, $ef = \frac{ab}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{ac^2 - bc^2}$, $fd = ed - ef = \frac{ac - \sqrt{ac^2 - bc^2}}{2}$

$$ac\,.\,fd = bd^2\ ,\ bd = \sqrt{\frac{ac^2 - ac\sqrt{ac^2 - bc^2}}{2}},\ ac^2 = 40000000000,$$

bc als Sehne des Bogens von 12 Graden = 20905,63062, $bc^2 = 437045391{,}2017815894$, $ac^2 - bc^2 = 39562954608{,}7982184155$, $\sqrt{ac^2 - bc^2} = 198904{,}38559$, $ac\sqrt{ac^2 - bc^2} = 39780877118$, $ac^2 - ac\sqrt{ac^2 - bc^2} = 219122881$, $\frac{ac^2 - ac\sqrt{ac^2 - bc^2}}{2} = 109561440{,}5$, $bd = \sqrt{\frac{ac^2 - ac\sqrt{ac^2 - bc^2}}{2}} = 10467$

[48]) Almagest I. 9.

[49]) Um dies zu erhalten, kann man die gegebenen Winkel zuerst in Bruchtheilen von zweien Rechten ausdrücken und diese Brüche auf den gemeinschaftlichen Nenner 360 bringen, wodurch die Zähler gleich den entsprechenden Bogen in Kreisgraden ausgedrückt werden. Ist z. B. der Winkel **b** gleich $^2/_9$. 2 **R**, **a** gleich $^3/_9$. 2 **R** und **c** gleich $^4/_9$. 2 **R**, so sind die Bogen **ac** = 80°, **bc** = 120°, **ab** = 160°.

[50]) Hierbei bleibt selbstverständlich die wirkliche Grössee des Durchmessers unbekannt, weil dieselbe durch nichts gegeben ist. In dem Beispiele der Anmerkung [49]) ist die Sehne **ac** = 128558, **bc** = 173204 und **ab** = 196962 zweihunderttausendstel des Durchmessers des dem Dreieck umschriebenen Kreises.

[51]) Euklid's Elemente Buch III. Propos. 35.

[52]) Die Bedeutung der Bezeichnung „Rechteck **fad** und **bae**" ist **fa** . **ad** und **ba** . **ae**.

[53]) Da **ab . ae = af . ad**, so ist **ae** $= \frac{af . ad}{ab}$

[54]) Am Mittelpunkte einer Kugel.

[55]) Almagest I. 14.

[56]) Almagest I. 11.

[57]) In der Säcular-Ausgabe findet sich diese Angabe im Manuscripte so: 23° 52′ 20″; dies würde aber mit der Schlussbemerkung dieses Capitels im Widerspruche stehen, nach welcher die Schiefe der Ekliptik niemals grösser, als 23° 52′ gewesen sein soll.

[58]) Die hier angeführten Namen und Bezeichnungen sind, mit Ausnahme von Byzanz, dieselben, welche in der von Schreckenfuchs in Basel 1551 besorgten lateinischen Ausgabe des Almagest pag. 154 sich finden. Danach haben die von den Alten unterschiedenen sieben Climate folgende Begrenzungen:

Nr.	Bezeichnung.	Nördliche Breite		Dauer des längsten Tages	
		Grad	Min.	Stunde	Min.
1	Meroë	16	27	13	0
2	Syëne	23	50	13	30
3	Unter-Aegypten	30	22	14	0
4	Rhodus	36	0	14	30
5	Hellespont	40	56	15	0
6	Mittlerer Pontus	45	0	15	30
7	Mündung des Borysthenes (Dnjepr)	48	32	16	0

[59]) Almagest V. 1.

[60]) Diese Beobachtung findet sich: Almagest VII. 2. Die Reduction des ägyptischen Datum's derselben lässt sich leicht folgendermassen ausführen. Das erste ägyptische Regierungsjahr des Augustus beginnt am 31sten August, oder am 1sten Thoth, also am 243sten Tage des 4684sten Jahres der julianischen Periode, 12 Uhr Mittags nach Alexandriner Zeit, vergl. Jdeler, Handbuch, I. 157. — Seit Anfang der julianischen Periode bis auf Augustus waren also verstrichen: 4683^a 242^d 12^h julianisch. Das Jntervall zwischen Augustus und Aelius Antoninus, welcher Letztere mit Antoninus Pius des Textes identisch ist, beträgt 166 ägyptische Jahre. Die in Rede stehende Beobachtung hat am 9ten Pharmuthi, also am 219ten Tage des zweiten Jahres des Antoninus Pius, also 167^a 218^d ägyptisch, oder

167^a 176^d 6^h julianisch nach Augustus stattgefunden, addirt man also hierzu jene
4683 242 12, so erhält man

4851^a 53^d 18^h nach dem Anfange der julianischen Periode.
Der Anfang der christlichen Zeitrechnung liegt aber
4713^a später, als der Anfang der julianischen Periode, vergl. Jdeler, Handbuch, I. 77,
folglich fand die Beobachtung statt

138^a 53^d 18^h nach Christus, d. h. 6^h Abends am 24sten Februar 139 nach Christus, wie auch Copernicus im Texte angiebt.

Der Wettlaufssieg des Coröbus zu Olympia, mit welchem die alle vier Jahre, ungefähr am ersten Juli regelmässig wiederkehrende Feier der olympischen Spiele, und also auch die Zeitrechnung der Griechen nach Olympiaden beginnt, — fand statt am ersten Juli des Jahres 776 vor Christus, — Jdeler, Handbuch, I. 375, — oder im 3938ten Jahre der julianischen Periode, — a. a. O. I. 77. — Zieht man diese Zeit von der Zeit der Beobachtung ab, also von 4851^a 53^d 18^h
3937 181

so erhält man 913^a 237^d 18^h, und diese Anzahl der Jahre mit vier dividirt, giebt

228 Olympiaden 1^a 237^d 18^h. Weil aber die Beobachtung in die erste Hälfte des betreffenden Jahres fällt, so muss der Rest bei der Division mit vier um eins vermindert werden, also erhält man

228 Olympiaden 0^a 237^d 18^h

d. h. im ersten Jahre der 229sten Olympiade, was mit Copernicus' Angabe im Texte wiederum übereinstimmt.

Copernicus kannte die hier angewandte julianische Periode nicht, weil dieselbe erst vierzig Jahre nach seinem Tode von Joseph Scaliger in seinem Werke „de emendatione temporum Paris 1583", durch Multiplication der drei cyklischen Zahlen 28, 19 und 15 gebildet wurde. Hiernach nehmen, mit dem Anfange dieser Periode, Sonnen-, Mond- und Jndictionscirkel zugleich ihren Anfang, und beginnt diese Periode nach je 7980 julianischen Jahren von Neuem. Innerhalb einer solchen Periode wird also jedes Jahr durch seine eigenthümlichen cyklischen Zahlen characterisirt. Nun war für das erste Jahr der christlichen Zeitrechnung der Sonnencirkel 10, die güldene Zahl 2 und die Zinszahl 4, woraus sich ergiebt, dass das 4714te Jahr der julianischen Periode das erste Jahr nach Christus ist. Vergl. Jdeler, Handbuch, II. 587. —

[61]) Hiob. Cp. 9. V. 9. „Er machet den Wagen am Himmel, und Orion, und die Glucke, und die Sterne gegen Mittag."

[62]) Bei Homer findet sich, Ilias XVIII. 486,

„Πληϊάδας θ' Ὑάδας τε, τό τε σθένος Ὠρίωνος",

welcher Vers auch bei Hesiod, ἔργα καὶ ἡμέραι 615, wörtlich übereinstimmend vorkommt. Ferner gehört hierher: Homer, Odyssee V

271. — — „οὐδέ οἱ ὕπνος ἐπὶ βλεφάροισιν ἔπιπτεν
272. Πληϊάδας τ' ἐσορῶντι καὶ ὀψὲ δύοντα Βοώτην
273. Ἄρκτον θ', ἣν καὶ ἄμαξαν ἐπίκλησιν καλέουσιν,
274. ἥτ' αὐτοῦ στρέφεται καί τ' Ὠρίωνα δοκεύει."

Der Vers 273 findet sich auch, Ilias XVIII 487, wörtlich wieder, und doch erwähnt Copernicus im Texte weder Arktos noch den Wagen, ἄμαξα, bei dieser Gelegenheit.

Hesiodus a. a. O. 566 & 610 nennt den Arctur, versteht aber darunter wahrscheinlich das ganze Gestirn des Bootes. Die Pleiaden nennt er, 383 u. 615, auch Ἀτλαγενεῖς.

Orion wird ausser an den angeführten Stellen noch erwähnt von Hesiodus 598 u. 619, von Homer, Ilias XXII. 29.

[63]) Der Schluss dieses Capitels ist nach dem Wortlaute der Nürnberger Ausgabe wiedergegeben, obgleich aus der Thorner Säcular-Ausgabe hervorgeht, dass derselbe in der Original-Handschrift etwas davon abweicht. Namentlich ist in Letzterer die Berufung auf Hiob ausgestrichen, und an deren Stelle diejenige auf Hesiod und Homer gesetzt. Sollte Copernicus sich deswegen zu dieser Abänderung veranlasst gefühlt haben, weil es ihm bereits zweifelhaft erschien, ob Hiob eine historische Person sei, und ob deshalb das Buch Hiob ein so hohes Alter besitze, dass es zum Beweise des „alten Brauches" einiger Sternnamen angeführt werden könne?

[64]) Das diesem Verzeichnisse zu Grunde liegende Vorbild ist dasjenige, welches ursprünglich Hipparch 130 v. Chr. entworfen, und Ptolemäus in seinem Almagest VII uns überliefert hat. In demselben sind die Worte, nördlich und südlich, auf die Ekliptik und nicht auf den Aequator bezogen.

In der letzten Rubrik habe ich die von Bayer zur Bezeichnung der Fixsterne um das Jahr 1639 zuerst eingeführten griechischen Buchstaben, so weit Bode in seinem „Claudius Ptolemäus' Beobachtung und Beschreibung der Gestirne, Berlin & Stettin 1795", eine Uebereinstimmung gefunden hat, hinzugefügt.

[65]) Der Scholiast des Homer, Ilias XVIII. 487 leitet diesen Namen davon ab, dass der kleine Bär, wie ein Hund, seinen Schwanz aufwärts gebogen trägt, διὰ τὸ ὡς κυνὸς ἔχειν ἀνακεκλασμένην οὐράν. Ursprünglich stellte man sich wahrscheinlich den Bogen, welcher die Sterne β, ζ, ε. δ und α verbindet, unter dem Bilde eines Hundeschwanzes vor. Vergl. Ideler, Sternnamen, pag. 8.

[66]) Dieser Stern ist gegenwärtig der Polarstern, und wird es auch noch einige Jahrhunderte bleiben, da derselbe um das Jahr 2100 seine kleinste Poldistanz, 28', erreicht. Zur Zeit des Ptolemäus betrug diese Poldistanz 12° 1'. Vergl. Bode an dem in Anm. [64]) angeführten Orte pag. 90 u. 91.

[67]) Dieser Stern hatte zur Zeit des Ptolemäus eine Poldistanz von 8° 52′, war also der dem Pole nächste helle Stern, und hätte also damals den Namen Polarstern verdient.

[68]) Die Benennung Helice bedeutet Windung, von ἕλιξ gewunden, und ist dem grossen Bär beigelegt, weil die sieben Hauptsterne desselben eine Schlangenlinie bilden, wenn man sich das Viereck als einen nach Norden offenen Halbkreis vorstellt. Vergl. Jdeler, Sternnamen, pag. 8.

[69]) Ἀρκτοφύλαξ = Custos ursae (Ovid. Trist. I. 10, 15.) = Bärenhüter, da Arctos die mythologische Benennung des grossen Bären ist. Ursprünglich war der Name Ἀρκτοῦρος, was ebenfalls Bärenhüter bedeutet, da οὖρος = φύλαξ = Wächter. Dieser Name, Arcturus, ist später derjenige des hellsten Sternes dieses Sternbildes geworden.

Βοώτης = Bootes = Ochsentreiber, hängt mit der Vorstellung zusammen, dass Bootes den Wagen, ἅμαξα, d. h. den grossen Bären, führen sollte. Vergl. Jdeler, Sternnamen, pag. 47.

[70]) Der Stern μ im Hirtenstabe wird im arabisch-lateinischen Almagest und in den alphonsinischen Tafeln Incalurus, in den neueren Sternkarten richtiger Alkalurops genannt. Es ist nämlich das griechische χαλαῦροψ, Hirtenstab, mit vorgesetztem, arabischen Artikel. Ptolemäus hat dafür in seinem Verzeichnisse das ungewöhnlichere, in den Wörterbüchern noch fehlende χολλόροβον, das zunächst aus χαλαύροπον, (diese Form findet sich nämlich bei Hesychius), enstanden ist. Später schrieb man auch χαλάβροψ Vergl. Jdeler, Sternnamen, pag. 49 u, 50.

[71]) Den Namen Herkules hat nach dem Zeugnisse des Avienus zuerst der Epiker Panyasis, 468 v. Chr, diesem Sternbilde beigelegt, und Eratosthenes, 272 v. Chr., gab ihm deshalb eine Keule, welche durch den Stern ω bezeichnet wird, in die Hand. Vorher hiess das Sternbild bei den Griechen Ἐν γόνασιν = der auf den Knieen liegende, und die Römer nannten dasselbe ebenfalls Engonasin, oder in Uebersetzung Nixus in genibus, Geniculatus u. s. w.

[72]) Bei diesem Sterne bemerkt Bode, Cl. Ptol.'s Beob. u. Beschr. d. Gestirne p. 117, „der neue Stern von 1604". Kepler, in den mit Tycho's und eigenen Beobachtungen verglichenen Sterncataloge, Tabulae Rudolphinae 1627 p. 108, führt diesen selben Stern, „quae in dextra tibia", ganz so an, wie er in den Sternverzeichnissen des Ptolemäus und Copernicus bezeichnet ist, und bemerkt dabei: „caret meus", d. h. mein Catalog enthält ihn nicht.

[73]) Fl. bedeutet Flamsteed, welcher in seiner Hist. coelest Tom. III das Ptolemäische Sternverzeichniss aufgenommen, und manche Sterne, die nicht stimmten, durch Verbesserung der Fehler und durch Reduction zur Uebereinstimmung gebracht hat.

[74]) Buch I. Cap. 11.

[75]) Der Anfang des ersten Hekatombäon des ersten Jahres der ersten 76jährigen Periode des Callippus fiel auf den Abend des 28sten Juni des Jahres 330 v. Chr., oder des Jahres 4384 der julianischen Periode, oder auf den Anfang des dritten Jahres der 112ten Olympiade. Die Epoche des Todes Alexanders ist für die ägyptische Zeitrechnung der alexandriner Mittag des 12ten November des Jahres 324 v. Chr., d. h. der 1ste Thoth des 425sten Jahres nach Nabonassar. — Vergl. Idelers Untersuchungen über die astr. Beob. der Alten pag. 49. Also ist das oben im Texte bezeichnete Jahr das 294ste v. Chr. Der wirkliche Tod Alexanders ist aber wahrscheinlich den 21sten April 323 v. Chr. zu Babylon erfolgt.

Ptolemäus Almagest VII. 3. giebt das Datum obiger Beobachtung mit den Worten an: Timochares rursum Alexandriae observasse scribit trigesimo sexto primae secundum Callippum periodi Elapheboliones die 15, tybi vero die 5 tertia hora incipiente — — — et est annus 454 a Nabonassaro, tybi secundum Aegyptios, die 5 sequente sexto ante mediam noctem horis tam temporalibus, quam aequalibus 4 proxime.

Da ein ägyptisches Jahr 365 Tage enthält, so betragen 453 ägyptische Jahre	165345 Tage
Der 1ste Tybi ist der 121ste Tag des Jahres also haben wir am 5ten Tybi	125 „
dies ergiebt als Summe	165470 Tage

nach der Epoche der Aera Nabonassars; dies sind, nach julianischer Zeitrechnung, 453 julianische Jahre und 11¾ Tage. Da nun die Epoche der Aera Nabonassars der wahre Mittag zu Alexandrien also $10^h\ 26^m$ Vormittags mittlerer pariser Zeit am 26. Febr. des julianischen Jahres 3967 oder 747 v. Chr. ist: so addirt man obige 453 zu 3967, und erhält 4420 als das julianische Jahr der Beobachtung, und da diese Zahl durch 4 dividirt nicht den Rest 1 giebt, so ist es kein Schaltjahr, also kommen von jenen 11¾ Tagen noch 2 Tage auf den Februar, und die übrigen $9^3/_4$ Tage auf den März. Das julianische Datum obiger Beobachtung ist also: a. j. 4420 oder a. 294 v. Chr. März 9. Der Monat Elaphebolion ist der neunte Monat des griechischen Jahres, also sind 8 Monate und 15 Tage vom Anfange des 36ten Callippischen Jahres verstrichen. Nun ist die Dauer eines Callippischen Monats 29^d 12^h 44^m $2^s.5$, danach betragen 8 Monate: 236^d 5^h 52^m 20^s. Addirt man dazu die 15 Tage des 9ten Monats, so erhält man 251 Tage. Rechnet man nun nach julianischen Monatszahlen vom 9ten März 251 Tage zurück: so ergiebt sich als Anfang des 36ten Callippischen Jahres der 1te Juli, was mit Plutarchs Bemerkung, — Ideler a. a. O. pag. 226, — sehr gut übereinstimmt. Ideler, a. a. O. pag. 35 giebt die Reduction des ägyptischen Datums auf das julianische folgendermassen: „Das Jahr 454 nimmt am 5ten November 295 v. Chr. seinen Anfang. Der 5te Tybi ist der 125te Tag des ägyptischen, und der 5te November der 309te Tag des julianischen Jahres. $308+125-365=68$. Das Jahr 294 v. Chr. ist ein Gemeinjahr und der 68te Tag des Gemeinjahres der 9te März. Die Beobachtung ist also am 9ten März 294 vor unsrer Zeitrechnung gemacht worden."

[76]) Die hier aufgeführten Beobachtungen finden sich im Almagest VII. 3.

[77]) Dies würde das Jahr 282 v. Chr. nach der oberflächlichen Rechnung $330-48=282$ sein. Ptolemäus giebt aber das Datum dieser Beobachtung so an: Asserit etiam, quod in 48 ejusdem periodi anno, Pyanesionos quidem desinentis die sexto, thoth autem septimo (decima hora per medium unius horae partem transacta) Spica perspiciebatur exacte borealem partem Lunae tangere super horizontem orientis, et est annus 466 a Nabonassaro Thoth, secundum Aegyptios, septimo, sequenti octavo, ut ipse quidem scribit post mediam noctem 3.30 horis temporalibus, quae sunt aequinoctiales 4.7.30 proxime. Es sind also 465 ägyptische Jahre oder 169725 und 7 Tage des ersten Monats Thoth, also 169732 Tage seit der Epoche der Aera Nabonassar's verstrichen; dies sind nach julianischer Rechnung 464 julianische Jahre und 256 Tage. Da nun die Epoche der Aera Nabonassars der 26te Februar 3967 ist, so erhält man durch Addition von $3967+464=4431$ das julianische Jahr der Beobachtung, dies Jahr ist kein Schaltjahr, also ist der 256te Tag nach dem 26ten Februar der 9te November. Um das christlich julianische Jahr genauer, als am Anfange dieser Anmerkung zu ermitteln, haben wir 4431 von 4714 abzuziehen, und erhalten so als Datum der Beobachtung den 9ten November 283 v. Chr.

Der Monat Pyanepsion ist der 5te des Jahres, 4 Callippische Monate sind 118^d 2^h 54^m 10^s nimmt man noch 6 Tage hinzu, so sind 124^d 2^h 54^m 10^s seit Anfang des 48ten Callippischen Jahres verstrichen. Rechnet man nun nach julianischen Monatstagen vom 9ten November diese 124 Tage zurück: so ergiebt sich als Anfang des 48ten Callippischen Jahres der 8te Juli.

[78]) a. 127 v. Chr.

[79]) a. 139 n. Chr.

[80]) a. 879 n. Chr.

[81]) Die Stelle, an welcher Albategnius dieselbe Untersuchung, zum Theil auf dieselben älteren Beobachtungen gestützt, wie hier Copernicus, führt, findet sich in dessen schon erwähnten Werke „de motu stellarum" in der Nürnberger Ausgabe von 1537. Capitel 51. fol. 79, und lautet so: „Stellarum fixarum qualitates in ipsarum ortu et occasu, ac in mediando coelum, nec non in earundem mora super terram, et sub terra, in ipsarum quoque remotionibus ac propinquitatibus in singulis regionibus, hoc in libro praediximus. Fixarum vero stellarum motus super duos circuli signorum, polus est inventus. Et ex quo ipsorum motus depraehensus est nullatenus ab eo discedere, earumque latitudines similiter non sunt alteratae. Itemque inter ipsas habentur longitudines invariabiliter ex quo fuerint observatae permanserunt, ideoque stellae fixae in longitudine fixae nuncupantur. Omnium enim earum motus unus est, ac idem, ac si in eodem circulo moverentur, sive naturaliter per se ipsas moveantur, sive suo motu circulus eas ita circumvolvat, ut ab occidente in orientem ex uno esse ad aliud, quemadmodum aliarum stellarum erraticarum motus ipsas transferat. Ipsarum autem loca secundum longum et latum in Ptolemaei libro anno primo regis Antonini, qui est annus 886 a rege Nabuchodonosor invenimus in una illarum observationum per quas Ptolemaeus operatus est, fuit observatio Menelai, qua usus est anno 842 a Nabuchodonosor rege, dixitque stellam septentrionalem, quae inter duos scorpionis oculos ponitur, velut per Lunam cum sphaera circulorum experimentatus est, illo anno in 2 graduum, et 22 minutorum scorpii existere, ac secundum quod ipse in libro suo scripserat, cor Leonis illo eodem anno in 2 gradibus et sexta Leonis esse, Leumia vero in 17 gradu Geminorum esse debuerat.

Nos etiam has et alias stellas persaepe continuis annis observavimus, unaque nostrarum observationum in qua plurimum confidimus, facta est anno 1191 ad Hilcarnain, Lunam quoque et stellarum transitus per coeli medium observantes, earum ab aequidiei circulo longitudinem, signorumque partes, cum quibus coelum eis mediatur, per eos transitus adinvenimus, per haec ad quas circuli signorum partes in longum et latum loca pervenerint, per hoc depraehendimus. Stellamque septentrionalem, quae inter duos scorpionis oculos circumvolvitur in 17 gradu et 20 minutorum Scorpionis, cor autem Leonis in 14 gradu Leonis invenimus, fuit autem hujus observationis annus 1627 regni Nabuchodonosor. Cumque has 11 gradus et 50 minuta, quae habentur inter primum locum et eum locum, in quo nos ipsas invenimus per 783 annos, qui sunt inter duas observationes, dividentur, earumque motus in omnibus 66 annis solaribus unius esse gradus inveniemus, et sic eos in tabulis motuum stellarum fixarum, qui per collectos et expansos annos, atque menses abstracti sunt descripsimus. Similiter etiam nos 11 gradus et dimidium ac tertiam locis, in quibus eos in Ptolemaei libro scriptos invenimus addidimus, eorumque loca anno 1191 ad Hilcarnain scripsimus. In plurimis vero stellis, quas attentius observavimus, nullam in latitudine notabilem diversitatem invenimus. Ideoque tabulas constituimus, in quibus earum in longum et latum, nec non in parte et quantitate loca posuimus, ut earundem ad quae post hunc annum loca pervenerint per suos motus, qui ex tabulis abstrahuntur cum ipsarum locis in anno 1191 superadditi fuerint, veraciter depraehendantur."

In dem Kanon der Assyrischen und Medischen Regenten, wie denselben Jdeler im Handbuche der Chronologie I. p. 111 nach Halma giebt, wird der in den obigen Worten des Albategnius Nabuchodonosor genannte Regent, Nabocolassar geschrieben, und dazu bemerkt, dass dies der babylonische König ist, der in den hebräischen Geschichtsbüchern Nebucadnezar, bei den LXX und beim Josephus Nabuchodonosor heisst.

Eine Bestätigung dieser Identität liefert auch das Datum der Beobachtung des Ptolemäus, welche in das 2te Jahr des Antoninus fällt, und sowohl in den obigen Worten des Albategnius, als auch im Texte des Copernicanischen Werkes Erwähnung findet. Dies Jahr ist das 462te nach Alexanders Tode, wie auch Copernicus richtig schreibt. Alexanders Tod fällt aber 424 Jahre nach Nabonassar, — vergl. Anm. [15]), — also ist das 2te Jahr des Antoninus das $462 + 424 = 886$ste Jahr nach Nabonassar, und damit in Uebereinstimmung schreibt Albategnius „annus 886 a rege Nabuchodonosor." Albategnius giebt seine eigene Beobachtung als „facta anno 1191 ad Hilcarnain" an. Unter diesem „ad Hilcarnain" wird die Philippische oder Seleucidische Aera verstanden, welche 12 Jahre nach Alexanders Tode beginnt. — Vergl. Albategnius Cap. XXX. fol. 36. a, und Jdeler, astr. Beob. d. A. p. 258. — Daher sagt auch Albateginus z. B. Cap. XXVII. fol. 27. a., dass er im Jahre 1206 nach Alexanders Tode, oder 1194 ex annis Adhilcarnain am 19 Elul oder am 3ten Pachon das Herbstäquinoctium beobachtet hat. Elul = Eilul ist der zwölfte syrische Monat, während das syrische Jahr mit dem auf den 1ten October fallenden Tesrin I begann, also ist der 19 Elul = 19 September. Im Jahre 1206 nach Alexanders Tode d. h. 1627 nach Nabonassar fiel der 1te Thoth auf den 17ten Januar, danach war der 3te Pachon ebenfalls = 19 September. Die beiden Datum-Angaben sind also in der That identisch. Die Differenz der Jahreszahlen 1206 — 1194 beträgt aber richtig 12.

In Bezug auf die beiden Beobachtungen von α der Jungfrau und β des Scorpions durch Menelaus ist die in dem Texte des Werkes von Albategnius enthaltene Jahreszahl „842 a Nabuchodonosor" offenbar durch einen Druckfehler unrichtig geworden. Das erste Jahr Trajan's ist das 845te Nabonassar's, im Ptolemäus: Alm. VII. 3 und damit übereinstimmend auch Ideler a. a. O. p. 35. richtig reducirt haben.

[82]) 1461 ägyptische Jahre sind 1460 julianische, also 1849 ägyptische = 1847, 73 julianischen.

[83]) Elias Olai Morsianus, welcher im Auftrage Tycho's die Polhöhe zu Frauenburg untersuchte, fand 54° 22′ 30″, — vergl. A. G. Kästner: Gesch. d. Math. II. p. 391. — Gegenwärtig wird dieselbe zu 54° 21′ 34″ angegeben, — vergl. Gehler's Lexicon X. 3. Verz. p. 145. —

[84]) Nach des Copernicus eigener Angabe der Polhöhe von Frauenburg berechnet sich diese Declination zu 8° 40′ 30″, nach der Polhöhe 54° 21′ 34″ ergiebt sich aber 8° 38′ 26″.

[85]) Die Zeit der Beobachtung Aristarch's setzt Jdeler in „Ueber das Verhältniss des Copernicus zum Alterthum 1810. pag. 31." in das Jahr 280 v. Chr., und zwar gestützt auf die Notitz im Almagest III. 2, nach welcher es das 50ste Jahr der ersten Callippischen Periode gewesen ist.

[86]) Almagest I. 3. und Copernicus II. 2.

[87]) Die Angabe über die Schiefe der Ekliptik bei Albategnius findet sich in der Nürnberger Ausgabe seines Werkes „De motu stellarum" Cap. IV. fol. 8. a, und lauten die Worte dort so: „Nos autem in hoc nostro tempore cum Alhidada longissima, et latere, quorum opus et doctrina in Almagesti libro docetur post partium diminutionem et positionis instrumenti verificationem, tam optimam, quam esse possit, frequenter observavimus, solisque propiorem ascensum puncto zenith capitis in medii diei circulo in Aracta civitate 12 graduum et 26 minutorum, remotiorem autem ejus elongationem 59 graduum et 36 minutorum esse deprehendimus. Per hoc ergo probatum est, quantitatem arcus inter duo solstitia 47 graduum et 10 minutorum existere,

declinationemque circuli signorum ab aequinoctiali circulo, non nisi harum partium medietatem, quod est 23 graduum et 35 minutorum obtinere, et hoc est spacium, quod inter duorum circulorum duos polos continetur.“ Im Texte der Nürnberger, Baseler und Thorner Ausgabe des copernicanischen Werkes ist die Schiefe der Ekliptik hier zu 23° 26′ und im 6sten Capitel III Buches zu 23° 25′ angegeben. Die Amsterdamer Ausgabe stellt wenigstens 23° 35′ als richtiger auf. Aus dem Berichte des Rhäticus, in welchem sich die richtige Angabe 23° 35′ findet, geht hervor, dass alle abweichende Angaben wohl nur auf Druck- oder Schreibfehlern beruhen.

88) Arzachel, Archazel, Azrachel, eigentlich Abraham Eizarakil, lebte zu Toledo 1080 n. Chr. nach dem Texte 1069 n. Chr. In einem Folio-Manuscripten-Bande der Wolfenbütteler Bibliothek, mit dem Signum 65 MS. beginnt auf fol. 171 ein Werk mit den Worten: „Incipiunt Canones Arzachelis sive regule supra tabulas astronomie constitutas supra civitatem toleti.“ In diesem Werke findet sich fol. 173 ein Capitel mit der Ueberschrift: „De ascensionibus signorum in circulo directo.“ In diesem Capitel stehen folgende Worte: „Accipies declinationem totam, que est secundum quod narravit Ptolemeus 23 graduum et 51 minuti, et secundum Jahiben, filium Albumasaris, admirabilis consideratoris, 23 graduum et 33 minutorum et 30 secundorum, que apud nos dicitur esse verior, quarum primam novimus rumore, et hanc didicimus per considerationem.“ Das Werk endigt auf fol. 180 mit den Worten: „Expliciunt canones arzachelis supra tabulas astronomie constitutas ad meridiem civitatis tholeti. Anno incarnationis Jesu Christi 1455 per Wilhelmum gezenstorffer.“ Hier wird also die Schiefe der Ekliptik um 30″ kleiner angegeben, als im Texte. In den sonstigen Schriften desselben Autors kommt aber die Schiefe der Ekliptik auch zu 23° 30′ vor, so z. B. findet sich in einem Quart-Manuscripten-Bande der Wolfenbütteler Bibliothek, mit dem Signum 24 MS. ein Werk, welches anfängt: „Incipiunt Regule de Astrolabio universali, quod Azarchel epistolis scripsit Maymoni regi Toleti.“ Der zweite Theil dieses Werkes fängt an mit: „Perfecta est pars prima cum laude dei et ejus auxilio, sequiturque secunda.“ In diesem zweiten Theile beginnt das zweite Capitel: „In scientiam declinationis gradus, que volueris ab aequinoctio diei post haec operatus pone notam supra ipsum gradum in zodiaco quemadmodum processit, post hoc pone aliquem ostensorem retis in quartam orientali septentrionali in limbo supra declinationem maximam, que est 23 graduum et dimidii, post hoc adspice si nota ceciderit sub medietate retis, postea adspice mamar quid supra ipsum transit gradum, et pone in eo notam supra locum, in quem cecidit.“ Am Rande ist bei der Zahlenangabe bemerkt: „ecce axialem declinationem arzachalam 9m plus eā, quae nunc ponitur.“

Der König Maymon von Toledo, an welchen dieser Brief gerichtet ist, war ursprünglich, unter dem Namen Adafer Ali Maymon, während der Herrschaft der ommajadischen Khalifen, Statthalter von Toledo, machte sich aber im Jahre 1024 unabhängig; von da an bestand Toledo unter ihm und seinen Nachkommen als eigenes Reich, bis Alfons VI, König von Castilien, am 25. Mai 1085 Stadt und Reich eroberte.

In dem zu Nürnberg 1534 gedruckten Werke: „Problemata XXIX saphaeae nobilis instrumenti astronomici, ab Joanne de Monteregio“, dessen zweiter Theil betitelt ist: „Sapheae recentiores doctrinae patris Abrusahk Azarchelis“, findet sich ebenfalls in Doctrina IV: „23 graduum fere cum dimidio“, in Doctrina VI „grad. 23 et semis.“ und in Doctrina VIII „23 et semis graduum.“

89) Herr M. Steinschneider sagt in seinem „Catalogus libr. hebr. in bibliotheca Bodlejana Spalte 1233— 1234“: — „Noster est, ut recte primus observat Munk (Beer. Philos. p. 108.) celeber ille Prophatius, de quo diligentissime auctores colligit Astruk, Hist. de la faculté de Montpellier p. 168. — Ille tractatus de quadrante ex Lat. hebr. versum se habet, estque idem, qui sub nomine Jacob b. Machir in plurimis exstat Codd. hebr. (non confundendus cum op. de astrolabio a Nostro ex Arabico verso, ut fit ap. Bibliographos multos, v. interim quae disserui in Zeitschr. der Deutsch-morgenländischen Gesellsch. VIII. 380. 548), quorum congruit Versio Latina nomine Profatii Judaei in Cod. Paris. 7437, Patavii (W² 1846) et Mus. Brit. Arund. 268⁵ (impf.). Accedit testimonium non refellendum de altero op. Profatio tributo, scil. Almanach seu Tabulis chronol. cum Canonibus introd., A. 1300 (i. e. radice), quae extant in Codd. Lat. Digb. 114, Bodl. 464. (i. e. Cat. MS. Angliae 2438 apud W¹ 1846), Rawl. 117 (quem contuli Oxonii), nihilque aliud continere ostendam, quam Vers. ex hebraico Cod. Uri 454 (W² p. 514.). — Einer brieflichen Mittheilung desselben Herrn verdanke ich noch folgende Notiz: „Der berühmte Astronom Prophatius ist Jacob ben Machir, genannt Prophiat-„Tibbon, starb um 1307, wie ich aus HSS. ermittelt. Diese Zeitangabe stimmt auch mit der „Stelle im Copernicus; denn Albategnius beobachtete um 877 und starb 929 ungefähr“.

„Arzachel Hispanus ist der Araber Abu Ishak Ibrahim al Zarkali, über welchen u. A. „eine Notitz von mir in der Zeitschr. der deutsch-morgenländischen Gesellschaft Bd. VII S. „379., der in der zweiten Hälfte des 11ten Jahrh. gelebt, Isak Israeli giebt das Jahr 1076 an. „Ein Werk de motu solari desselben befindet sich, arabisch, im Cod. 175 des St. Johns Col-

„lege in Oxford (nach Coxe's Catalog p. 57.). Copernicus lässt Prophatius 230 Jahre später „schreiben, also um 1300. Das Werk, von welchem Copernicus spricht sind die Tafeln (d. h. „der sogenannte Almanach), in deren Vorrede Jacob b. Machir selbst den Zarkali um 400 „der Flucht leben lässt. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass hier nur das Jahrhundert angegeben „ist, und die Zehner und Einer fehlen. Dieser Almanach hat zur Radix das Jahr 1300. Es ist „wohl nicht nöthig, auf die beiden Werke des Prophatius einzugehen, welche astronomische „Instrumente behandeln, nämlich eines, aus dem Arabischen übersetzt, (wahrscheinlich von Ahmed „Ibn al Saffar), das andere, seine eigene Erfindung des Quadranten; obwohl beide in lateini-„scher Uebersetzung existiren, da ich glaube, dass Copernicus den Almanach, oder eine daraus „entnommene Notiz, vor sich hatte. Ueber die Handschriften des Almanach müssen noch Un-„tersuchungen angestellt werden, da die Angaben der Bibliographen wenig Werth haben, und „noch eine Uebersetzung des arabischen Werkes von Ibn el Heithem in Betracht kommt. Ich „kenne aus Autopsie die Bodlejanische Handschrift des hebräischen Originals dieser Tafeln. „Ferner habe ich den Anfang des lateinischen Cod. Bodl. 464, verglichen mit Cod. Rawlinson „C. 117 (Canones Almanach Profacii Judaei), copirt erhalten, und daher die Identität der Ta-„feln mit dem Almanach erkannt. Was endlich die Ziffern für die Schiefe der Ekliptik betrifft, „so habe ich schon im Allgemeinen im Artikel „Jüdische Literatur" in der Encyklopädie von „Ersch und Gruber Bd. 27, S. 439 darauf hingewiesen, dass denselben schwer zu trauen, da „die Abschreiber mitunter andere Zahlen substituirt haben. In der englischen Uebersetzung „jenes Artikels, welche Mr. Spottiswoode in London veranstaltete und 1857 erschien, habe ich „p. 186 Folgendes geschrieben: The obliquity of the ecliptic staded by Albatani, Ibn Ezra „(Mitte des 12ten Jahrh.) and Levi ben Gerson (schrieb 1330—1340 ein originelles astronomi-„sches Werk, welches hebräisch in Paris sich befindet und von Munk den Fachmännern emp-„fohlen ist) as 23° 33′ is reduced by Prophatius to 23° 32′. Meine Quelle für Batani, „Ibn Esra und Levi war das 1521 in Paris gedruckte Werk: De motu octavae sphaerae von „Augustinus Ricius (Schüler des Abraham Zakul) Blatt 36. b., ob auch für Prophatius? bin „ich nicht sicher, vermuthe es jedoch, da ich die Notiz zugleich geschrieben, und es die Ten-„denz des Ricius ist, auf solche Aenderungen astronomischer Bestimmungen hinzuweisen, obwohl „sein eigenes Thema die Präcession der Nachtgleichen ist."

Die obigen Worte, nach welchen Prophatius die Schiefe der Ekliptik zu 23° 32′ angegeben haben soll, stehen mit dem Texte im vollen Einklange, während die Behauptung, als habe Albatani dieselbe gleich 23° 33′ gesetzt, dem in Anm. [87]) angeführten Citate als dem Werke des Albategnius selbst, nach welchem dort die Schiefe der Ekliptik zu 23° 35′ bestimmt ist, widerspricht.

Nach einer Notiz des Herrn Curtze in der Thorner Zeitung No. 133. 1877. Juni 12 findet sich in der Bibliothek zu Upsala eine grössere Anzahl von Büchern, welche einst der Dombibliothek zu Frauenburg resp. der Jesuiten-Bibliothek zu Braunsberg angehört haben, und alle die Inschrift Liber Bibliothecae Varmiensis tragen, unter diesen führt der genannte Herr unter No. 10 an: „Ein Band, der der „Jesuiten-Bibliothek zu Braunsberg gehörte, in seinen „älteren Theilen aber schon aus der Bibliothek fratrum minorum in Braunsberg stammt; die „neueren Bestandtheile sind erst nach des Copernicus Tode hineingekommen. Darin ist aber „eine Pergament-Handschrift des Almanach Prophatii Judei von 1302, die Copernicus sehr wohl „benutzt haben kann, der den Prophatius mehrfach in seinem Werke erwähnt." Meine Bemühungen, eine authentische Abschrift der in dieser Handschrift sicher zu findenden Angabe des Prophatius über die Schiefe der Ekliptik zu erhalten, sind leider ohne Erfolg geblieben.

In Zedler's Universal-Lexicon Theil 29. S. 842. wird über Prophatius gesagt, dass er ein Rabbiner in Montpellier war, und nach Christmann Astronom. illustr. und Riccius in Praef. ad Almagestum Ptolemaei, ingleichen Lucas Gauricus in seiner Rede de laudibus Astronomiae, im 13ten Säculo geblüht habe, und dass sich König Alfons X, der Weise, von Castilien (1252—1284), als er seine Tabulae Alfonsinae verfertigt, desselben stark bedient habe. Von seinen Schriften, welche aber noch alle ungedruckt liegen, befinden sich:

1, Verschiedene in der Vatican. Bibl. zu Rom in lat. Sprache,
2, Tract. de quadrante, in der Paduanischen Bibl.
3, Tabulae, in der Bodlej. Bibl.
4, Tract. de eclipsi solis et lunae und
5, Canones super Almanach, in der Bodlej. Bibl.

Nach den oben mitgetheilten Notizen des Herrn Steinschneider würden die Nummern 3 und 5 identisch und diejenige Schrift sein, aus welcher Copernicus die Angabe über die Schiefe der Ekliptik geschöpft hat. Ueber Prophatius sehe man die neuerdings erschienene Abhandlung: Prophatii Judaei Montpessulani (a. 1300) Prooeminum in Almanach adhuc ineditum e versionibus duabus antiquis (altera quoque interpolata) una cum textu hebraico e manuscriptis primum editit suamque versionem latinam verbalem adjecit Mauritius Steinschneider (Bullettino Boncompagni, T. IX, 1876, 595—614).

[90]) Im 10ten Capitel des 3ten Buches wird gesagt 23° $28^{2}/_{3}$′.

91) Die in diesem Capitel von Copernicus mitgetheilten Angaben über beobachtete Aenderungen der Nachtgleichen und der Schiefe der Ekliptik, ergeben, übersichtlich zusammengestellt, folgende Register:

REGISTER ÜBER DIE ÄNDERUNGEN DER NACHTGLEICHEN.

Beobachter	lebte	Beobachtete Länge			Zeitraum in Jahren	Aenderung der Länge		Jahre für die Aenderung von 1°	Zeitraum in Jahren	Aenderung der Länge		Jahre für die Aenderung von 1°	Zeitraum in Jahren	Aenderung der Länge		Jahre für die Aenderung von 1°
		Zeichen	Grad	Min.		Grad	Min.			Grad	Min.			Grad	Min.	
Beobachtungen der Spica.																
Timochares	293 v.Chr.	♍	22	20												
					12	0	10	72								
	281 v.Chr.	♍	22	30					392	3	55	100				
					380	3	45	101					432	4	20	99,7
Menelaus	99 n.Chr.	♍	26	15					420	4	10	100,8				
					40	0	25	96					1796	24	44	72,3
Ptolemäus	139 n.Chr.	♍	26	40					1416	20	59	67,4				
					1376	20	34	66,8					1426	21	6	67,5
Copernicus	1515 n.Chr.	♎	17	14					1386	20	41	67,0				
					10	0	7	85,7								
	1525 n.Chr.	♎	17	21												
Beobachtungen des Regulus.																
Hipparch	127 v. Chr.	♋	29	50												
					266	2	40	99,7								
Ptolemäus	139 n. Chr.	♌	2	30												
					740	11	35	63,2								
Albategnius	879 n. Chr.	♌	14	5												
Beobachtungen von β des Scorpion.																
Timochares	293 v. Chr.	♏	2	0												
					392	3	55	100								
Menelaus	99 n. Chr.	♏	5	55					432	4	20	99,7				
					40	0	25	96								
Ptolemäus	139 n. Chr.	♏	6	20					780	11	55	65,4				
					740	11	30	64,3								
Albategnius	879 n. Chr.	♏	17	50												

REGISTER ÜBER DIE ÄNDERUNGEN DER SCHIEFE DER EKLIPTIK.

Beobachter	lebte	Beobachtete Schiefe.			Zeitraum in Jahren	Aenderung der Schiefe		Jahre für die Aenderung um 1°
		Grad	Min.	Sec.		Min.	Sec.	
Aristarch	260 v. Chr.	23	51	20				
					399	0	0	∞
Ptolemäus	139 n. Chr.	23	51	20				
					740	16	20	2718,87
Albategnius	879 n. Chr.	23	35	0				
					190	1	0	11400
Arzachel	1069 n. Chr.	23	34	0				
					230	2	0	6900
Prophatius	1299 n. Chr.	23	32	0				
					226	3	30	3875,71
Copernicus	1525 n. Chr.	23	28	30				

[91a]) Im Originalmanuscripte hatte Copernicus hier ursprünglich noch einige später durchstrichene Sätze beigefügt, aus welchen hervorgeht, dass er die elliptische Gestalt der Planetenbahnen ahnte! Es heisst dort: Estque hic obiter animadvertendum, quod, si circuli hg et ef fuerint inaequales manentibus caeteris condicionibus, non rectam lineam, sed conicam sive cylindricam sectionem describent, quam ellypsim vocant mathematici; sed de his alias. (Säcularausgabe der Revolutionen S. 166, Note zu Z. 26).

[92]) Buch III. Cap. 2.

[93]) Aristyllus war Zeitgenosse des Timochares, lebte also c. 290 v. Chr. und beobachtete wahrscheinlich mit Timochares gemeinschaftlich zu Alexandrien. Ptolemäus benutzt die Beobachtungen Beider im Alm. VII. 3 als gleichzeitige. Lalande, Astr. I. p. 111. No. 315 bemerkt über Beide: „Les premiers Grecs qui cultiverent l'astronomie à Alexandrie, furent Timocharès et Aristylle. Ptolémée, dans son Almageste, assure qu' Hipparque avoit employé leurs observations, quoiqu' imparfaites, et avoit reconnu par leur moyen le mouvement des étoilles en longitude (Ptol. VII. 1. 2. 3.). Ptolémé lui-même cite plusieurs de leurs observations: la plus ancienne est de l'annéc 294 avant l'ere vulgaire. Timocharès vit le bord boréal de la lune toucher l'étoile boréale au front du scorpion: cette observation est une des meilleures que nous ayons pour connoitre le mouvement qu' ont eu les ètoilles fixes. Je m'en suis servi avec avantage dans un mémoire, où j'ai établi, tant par la théorie que par les observations, le changement des étoiles en latitude (Mém. Ac. 1758).

[94]) Hipparchus war in Nicäa in Bithynien c. 160 v. Chr. geboren, seine Beobachtungen sind theils in Rhodos, theils in Alexandrien angestellt. Von ihm rührt das erste Fixstern-Verzeichniss her. Ein ausführlicher Bericht über seine bedeutenden Arbeiten findet sich in Lalande's Astr. I. p. 113—115. No. 321—327.

[95]) Agrippa beobachtete nach Alm. VII. 3. in Bithynien, also wahrscheinlich in Nicäa im zwölften Jahre Domitians, oder im 840ten Jahre Nabonassars, also im Jahre 93 n. Chr. und war folglich ein Zeitgenosse des Menelaus.

[96]) Menelaus beobachtete in Rom, im ersten Jahre Trajans, oder im 845ten Jahre Nabonassars, also im Jahre 98 n. Chr. vergl. Jdeler, Hist. Unters. p. 35.

[97]) Dieser Zeitraum reicht von 139 bis 881 n. Chr., und umfasst also 742 Jahre.

[98]) Es ist zu bedauern, dass Copernicus die Methode seiner eingehenderen Berechnung nicht mitgetheilt hat; nimmt man aber die nicht näher nachgewiesene Angabe an, dass nämlich die Bewegung der Anomalie der Präcession der Nachtgleichen in 1819 Jahren ihren vollständigen Umlauf um 21° 24′ überschritten habe, so ergiebt die Proportion

$$381^{2}/_{3} : 360 = 1819 : x$$

für x allerdings 1716, 937 Jahre, wofür dann im Texte 1717 Jahre gesetzt sind.

[99]) Vergleicht man z. B. die Beobachtungen des Menelaus mit denen des Ptolemäus, so liegt zwischen denselben ein Zeitraum von etwa 40 Jahren, und in dieser Zeit hat die Präcession der Nachtgleichen 25′ betragen, also in 96 Jahren 1°; dies ergiebt für eine Zeit von 102 Jahren 1° 3′,75, wofür im Text gesetzt ist 1° 4′. Hätte die Präcession in dem obigen Zeitraum von 40 Jahren 25′,098 betragen, so würde sich für 102 Jahre genau 1° 4′ ergeben haben. Da nun von Timochares' Zeit bis Copernicus, also in 1819 Jahren, die Präcession 25° 1′ betragen hatte, so ergiebt sich dieselbe für 1717 Jahre zu 25° 1′—1° 4′ = 23° 57′.

[100]) Da in 1717 Jahren die Präcession 23° 57′ betragen soll, so müsste zu einem ganzen Umlaufe derselben ein Zeitraum von 25808,768 Jahren, und nicht, wie in allen alten Drucken, von 25816 Jahren erforderlich sein. Die Warschauer Ausgabe hat 25809 (c. Säcular-Ausgabe p. 171. Anm. zu linea 18). Hiernach würden $15^{1}/_{20}$ Umgänge der Anomalie auf einen Umlauf der Präcession kommen. Vergl. Anm. [104]).

[101]) Buch III. Cap. 2 ist die Schiefe der Ekliptik zur Zeit des Copernicus zu 23° 28′ 30″ angegeben, während hier 23° 28′ 24″ gesagt ist.

[102]) Georg Purbach oder Peurbach aus Peurbach in Oesterreich ob der Ens lebte von 1423 bis 1461, war Lehrer der Mathematik in Wien, und schrieb „Theoriae novae planetarum, Nürnberg 1472“ und „Sex primi libri systematis Almagesti, Venedig 1496.“

[103]) Johann, eigentlich Müller, auch Molitor, auch Kunsperg, Germanus, Frankus, Regiomontanus, geb. zu Königsberg in Franken 1436, starb zu Rom 1476. Tannstetter hat in seiner Vorrede zu der Tafel der Finsternisse von Peurbach einen Catalog, sowohl der gedruckten als auch der ungedruckten Werke des Regiomontanus geliefert. Beschreibungen seines Lebens besitzen wir von Gassendi, Doppelmayr und Weidler.

[104]) Die Division von 23° 57′ durch 1717 ergiebt zwar 0° 0′ 50″ 12‴ 55⁗, und nicht, wie alle Ausgaben haben 50″ 12‴ 5⁗. Wenn man aber 360° mit 25816 dividirt, so erhält man 50″ 12‴ 5⁗. Vergl. Anm. [108]).

[105]) Dies Resultat wird durch die Correctur der vorigen Anm. nicht verändert.

[106]) Chiach, eigentlich Chöak; die zu Berlin befindlichen Papyrusrollen mit griechischer Schrift haben durchgehends Χοιάχ. Vergl. Jdeler, Handbuch I. p. 97.

[107]) „Dies intercalares". Herodot nennt sie ἡμέρας πάρεξ τοῦ ἀριθμοῦ II. 4. Die Griechen und griechisch redenden Aegypter nennen sie ἐπαγομένας. Vergl. Diodor I. 13., Almagest III. 2, Plutarch de Is. & Osir. c. 12. Diese fünf Schalttage folgten auf den 30ten Mesori.

[108]) Wenn in 25816 Jahren 360° durchlaufen werden, so kommen auf 420 Jahre 6° 1′ 27″ 51‴, werden dagegen in 1717 Jahren 23° 57′ zurückgelegt „so ist die jährliche Bewegung 6° 1′ 33″.

[109]) Buch III. Cap. 2. und das Verzeichniss Anm. [91]).

[110]) Die Bewegung der doppelten Anomalie beträgt in 1717 Jahren 360°, also in 420 Jahren 90° 34′ 35″, wofür im Text gesetzt ist 90° 35′.

[111]) Von hier an benutzen wir die Lesart der Säcularausgabe, die hier dem Druckfehler-Verzeichniss der Original-Ausgabe folgt. In allen übrigen Ausgaben folgen zunächst die Worte Seite 150, Zeile 3.: „Nachdem dies so bestimmt ist" u. s. w. bis zur vorletzten Zeile des Capitels: „gleich 28′ ist", dann erst der hier unmittelbar sich anschliessende Passus. Die letzten zwei Zeilen des Capitels fehlen in allen Ausgaben mit Ausnahme der Säcularausgabe.

[112]) Die im Text angedeutete Rechnung stellt sich so dar:
$7107 : 10000 = 50' : 70' = 20' : 28 = \mathfrak{bg}$: der grössten Ablenkung der Pole.
[112a]) Hier lesen die früheren Ausgaben $^5/_6{}^0$, während das Druckfehler-Verzeichniss und die Säcular-Ausgabe den im Texte benutzten Werth einsetzen. Auch gleich darauf müssen daher die früheren Ausgaben 1° 40′ für 2° 20′ haben.

[113]) Buch III. Cap 3.

[114]) Die Säcular-Ausgabe hat 350, während in den alten Drucken 450 steht. Diese Abweichung des Textes wird in den Anmerkungen der Säcular-Ausgabe ausnahmsweise nicht erwähnt. Am Schlusse des hier vorliegenden Capitels ergiebt sich, dass die grösste Ablenkung der Pole 28′ betrage, also nach jeder von beiden Seiten seiner mittleren Lage 14′. Dividirt man um 90° mit 450, so erhält man 12′, während bei der Division durch 350 vielmehr 15′ 25″, 7 herauskommt. Diese letztere Grösse wird offenbar von 14′ nicht überschritten, wohl aber 12′, und deshalb ist die Lesart der Säcular-Ausgabe richtig.
[114a]) Hier lesen die früheren Ausgaben 50′, statt 70′.

[115]) In dem rechtwinkligen, sphärischen Dreiecke $\mathfrak{ibg}$ ist $\sin \mathfrak{bg} = \sin \mathfrak{bi} . \sin \mathfrak{big}$, wo $\mathfrak{bi} = 70'$ und $\mathfrak{big} = 23^0\ 40'$ ist, danach erzielt sich $\mathfrak{bg} = 28'\ 1''.9$, wofür im Text 28′ gesetzt ist. Die früheren Ausgaben haben 20′.

[116]) Auch hier lesen die früheren-Ausgaben 20′, was sich mit den übrigen Zahlangaben nicht vereinigen lässt. Vergl. Anm. [115]).

[117]) Nach dem Verzeichnisse der Sehnen Buch I. Cap. 12. erhält man:
$100000 : 5234 = 70' : x$, also $x = 3'.6638$, wofür im Text 4′ gesetzt ist.

[118]) In der Weise der Anm. [117]) wäre
$100000 : 10453 = 70' : x$, also $x = 7'.3171$, wofür im Text 7′ gesetzt ist.

[119]) Wie in den beiden vorangehenden Anmerkungen, ergiebt diese Rechnung
$100000 : 15643 = 70' : x$, also $x = 10',9501$, wofür im Text 11′ gesetzt ist.

[120]) Buch II. Cap. 3.

[121]) Die Säcular-Ausgabe liest hier „in anomalia semicirculo minore", während die alten Drucke wohl richtiger „in anomaliae semicirculo minore" haben. Diese abweichende Lesart ist in den Anmerkungen der Säc.-Ausg. ausnahmsweise nicht vermerkt, und gehört wohl zu den Druckfehlern.

[122]) Dies ergiebt sich aus der Proportion $24:60 = 22:x$, woraus $x = 55$
ebenso wie gleich nachher: $24:60 = 20:x$, woraus $x = 50$

[123]) Die Säc.-Ausg liest richtig 48^0, während die alten Drucke 28^0 haben.

[124]) Die hier eingefügte Rechenregel enthält nur die Amsterdamer Ausgabe, und die Säcular-Ausgabe in den Anmerkungen zu pag. 182.

[125]) In dem 6ten Capitel des III. Buches ist gezeigt, dass das ganze Vorrücken der Nachtgleichen in 1717 ägyptischen Jahren $23^0\ 57'$, oder besser in 25816 ägyptischen Jahren 360^0 beträgt, wir hätten also $25816:432 = 360:x$, was für x giebt $6^0\ 1'\ 27''$, wofür im Texte 6^0 gesetzt ist. Die Tafeln desselben Capitels ergeben folgendes: 432 Jahre sind $7 \times 60 + 12$,

$$\begin{array}{lrrrr} 7 \times 60 \text{ giebt} & 5^0 & 51' & 24'' & \\ 12 \quad „ & 0 & 10 & 2 & 25''' \\ \hline \text{zusammen} & 6^0 & 1' & 26'' & 25''' \end{array}$$

[126]) Da nach Anm. [100]) und [106]) der ganze Umlauf der Präcession der Nachtgleichen, also 360^0, eine Anzahl von 25816 ägyptischen Jahren erfordert, so setzt eine Präcession von $23^0\ 57'$ einen Zeitraum von 1717,4711..., und nicht von rund 1717 ägyptischen Jahren voraus. Berechnet man auf dieser Grundlage die doppelte Anomalie, so hat man

$$1717{,}47111\ldots : 432 = 360 : x$$

woraus $x = 90^0\ 33'\ 10''\ 5'''$.

Ermittelt man dagegen die doppelte Anomalie nach den Tafeln des 6ten Capitel Buch III. so erhält man die einfache Bewegung der Anomalie für 7×60 Jahr $= 44^0\ 1'\ 4''$

$$\begin{array}{lrrrr} „ \quad 12 \quad „ & = 1 & 15 & 28 & 49 \\ \hline \text{zusammen} & = 45^0 & 16' & 32'' & 49''' \\ \text{mit 2 multiplicirt} & = 90^0 & 33' & 5'' & 38''' \end{array}$$

wofür im im Text $90^0\ 35'$ gesetzt ist.

[127]) In der Weise der Anm. [126]) erhält man aus

$$25816 : 742 = 360 : x$$
$$x = 10^0\ 20'\ 49''\ 27'''$$

Die Tafeln ergeben für 12×60 Jahre $= 10^0\ 2'\ 25''$

$$\begin{array}{lrrrr} 22 \quad „ & = 0^0 & 18' & 24'' & 25''' \\ \hline \text{zusammen} & = 10^0 & 20' & 49'' & 25''' \end{array}$$

wofür im Texte $10^0\ 21'$ gesetzt ist.

[128]) Vergl. Anm. [91]), wo sich im Register über die Aenderung der Nachtgleichen beim Regulus $11^0\ 35'$ und beim Scorpion $11^0\ 30'$ ergeben hat.

[129]) Nach den Anmerkungen [127]) und [128]) hat man bei der Annahme von $11^0\ 35'$ entweder $1^0\ 14'\ 0''\ 6'''$ oder $1^0\ 14'\ 10''\ 35'''$, und bei der Annahme von $11^0\ 30'$ entweder $1^0\ 9'\ 0''\ 6'''$ oder $1^0\ 9'\ 10''\ 35'''$. Offenbar haben wir für die Folge die Angabe $11^0\ 30'$ zu Grunde zu legen.

[130]) Der Unterschied zwischen der mittleren und der wahren Bewegung der Nachtgleichen hat sich Buch III. Cap. 7. zu $1^0\ 10'$ ergeben.

[131]) Zur Erläuterung und Erweiterung dieses Capitels möge die folgende Berechnung hier ihre Stelle finden:

der 1te Zeitraum von Timochares 293 v. Chr. bis Ptolemäus 139 n. Chr. umfasst 432 Jahre
„ 2te „ „ Ptolemäus 139 n. Chr. bis Albategnius 881 n. Chr. „ 742 „
„ 3te „ „ Albategnius 881 n. Chr. bis Copernicus 1525 n. Chr. „ 644 „

Zur Ermittelung der wirklichen Bewegung der Nachtgleichen in dem 3ten Zeitraume haben wir dieselbe von Ptolemäus bis Copernicus in 1386 Jahren $= 20^0\ 40'$ (Spica)
und von Ptolemäus bis Albategnius in 742 „ $= 11^0\ 30'$ [129])
folglich von Albategnius bis Copernicus in 644 Jahren $= 9^0\ 10'$.

In den drei Zeiträumen beträgt die gleichmässige und wirkliche Bewegung

$$\left.\begin{array}{l} 1,\ 6^0 \text{ und } 4^0\ 20' \text{ letztere ist verkleinert um } 1^0\ 40' = mn \\ 2,\ 10^0\ 21 \text{ „ } 11^0\ 30' \text{ „ „ vergrössert „ } 1^0\ 9' = mo \end{array}\right\} no = 0^0\ 31'$$

$$3,\ 9^0 \text{ „ } 9^0\ 10' \text{ „ „ „ „ } 0^0\ 10' = oq$$

Die hier gebrauchten Buchstaben beziehen sich auf die Figur im Texte, in welche der Punkt der Anomalie zur Zeit des Copernicus zwischen **d** und **f** mit **r**, und das Loth von **r** auf **ab**, mit **rq** eingetragen ist.

Die doppelten Anomalien betragen in denselben Zeiträumen

1, Bogen **fdg** $= 90^\circ\ 35'$
2, „ **gep** $= 155^\circ\ 34'$
3, „ **pafr** $= 135^\circ\ 2'$
„ **paf** $= 113^\circ\ 51'$ } also Bogen **fr** $= 21^\circ\ 11'$

Hiernach ist Bogen **fdgep** $= 246^\circ\ 9'$
fdge $= 225^\circ\ 17'\ 30''$
ep $= 20^\circ\ 51'\ 30''$

Zieht man ferner den Bogen **dgcepafr** $= 335^\circ\ 53'\ 30''$ von 360° ab, so erhält man **dr** $= 24^\circ\ 6'\ 30''$.

Nun ist **bo** = **sin ep** $= 356$ wenn **ab** $= 1000$, also wenn **ab** $= 70'$ so ist **bo** $= 24'$
bm = **sin gd** $= 722{,}87$ „ „ „ „ „ „ „ „ „ **bm** $= 50'$
folglich **mbo** $= 74'$

soll aber, wie oben, sein $1^\circ\ 9'$, ist also zu gross um $5'$. ferner ist **mn** $= 100'$
folglich **no** $= 26'$

soll aber, wie oben, sein $0^\circ\ 31'$, ist also zu klein um $5'$.

Ebenso ist **bq** = **sin dr** $= 408{,}46$ wenn **ab** $= 1000$, also wenn **ab** $= 70'$, so ist **bq** $= 29'$
bo $= 24'$
folglich **oq** $= 5'$,

soll aber, wie oben, sein $0^\circ\ 10'$, ist also zu klein um $5'$.

Diese Differenzen werden alle ausgeglichen, wenn der kleine Kreis gegen den Sinn des Umlaufes der Anomalie um $2^\circ\ 47'\ 30''$ gedreht wird, wodurch **dg** $= 42^\circ\ 30'$
ep $= 18^\circ\ 4'$
fd $= 48^\circ\ 5'$
rd $= 26^\circ\ 54'$
werden.

Fängt man nun beim Messen der Bogen von **d** an, so erhält man für die Periode

1, von **d** bis Timochares den Bogen **dgcepaf** $= 311^\circ\ 55'$
2, „ **d** „ Ptolemäus „ „ **dg** $= 42^\circ\ 30'$
3, „ **d** „ Albategnius „ „ **dgcep** $= 198^\circ\ 4'$
4, „ **d** „ Copernicus „ „ **dgcepafr** $= 333^\circ\ 6'$

Hiernach ist **bm** = **sin** $42^\circ\ 30' = 47',29$ wenn **ab** $= 70'$
bo = **sin** $18^\circ\ 4' = 21',71$
bn = **sin** $48^\circ\ 5' = 52',09$
bq = **sin** $26^\circ\ 54' = 31',67$
mn = **bm** + **bn** $= 1^\circ\ 40'$
mo = **bm** + **bo** $= 1^\circ\ 9'$
oq = **bq** — **bo** $= 0^\circ\ 10'$, was mit den hier zu Grunde gelegten Beobachtungen hinreichend übereinstimmt.

[132]) Die Säc.-Ausg. hat hierfür $144^\circ\ 4'$, die Tafeln geben aber

$144^\circ\ 40'\ 15''$ für 23×60 Jahre
$0\ \ 44\ \ 1\ \ 49'''$ „ 7 „
zusammen $145^\circ\ 24'$ für 1387 Jahre wie die alten Ausgaben lesen.

Aus den doppelten Anomalien, wie sich dieselben gegen das Ende der Anm. [131]) ergeben haben, erhält man aber, als Differenz zwischen Ptolemäus und Copernicus $290^\circ\ 36'$, und dies halbirt, ergiebt die einfache Anomalie $145^\circ\ 18'$.

Zu der einfachen Anomalie der Säc.-Ausg., also zu $144^\circ\ 4'$ kann man leicht mittelst der Tafeln die zugehörige Zeit berechnen, denn

$138^\circ\ 22'\ 51''$ entsprechen $22 \times 60 = 1320$ Jahren
$5\ \ 39\ \ 39\ \ 44$ „ 54 „
$1\ \ 29\ \ 16$ „ 86 Tagen
zusammen $144^\circ\ 4'$ „ 1374 Jahren 86 Tagen
hierzu für Ptolemäus 139 „
ergiebt das Jahr 1514 n. Chr.

Im Cap. 2. des III Buches bezeichnet aber Copernicus seine Beobachtungen der Spica durch die Jahre 1515 und 1525 n. Chr. Die einfache Anomalie $144^\circ\ 4'$ passt also zu keinem dieser beiden Beobachtungsjahre. Man könnte nun meinen, Copernicus bezöge sich auf das Jahr 1515, welches dem Jahre 1514 nahe liegt; aber im Anfange des vorliegenden Cap. selbst ist der Zeitunterschied zwischen den Beobachtungen des Ptolemäus und Copernicus, auch in der Säc.-Ausg. zu 1387 äg. Jahren angegeben, addirt man dazu 139, so erhält man 1526 äg. Jahre n. Chr., woraus erhellt, dass hier die Beobachtung des Copernicus vom Jahre 1525 n. Chr. gemeint ist. Aus allen diesen Gründen erscheint die Lesart der Säc.-Ausg. sachlich als nicht zu rechtfertigen, obleich dieselbe thatsächlich mit dem eigenhändigen Manuscripte des Copernicus übereinstimmt.

[133]) Diese Angabe stimmt mit derjenigen in Cap. 6 Buch III überein, während in Cap. 2 Buch III. $23^0\ 28'\ 30''$ steht.

[134]) In der Säc.-Ausg. ist mit der in Anm. [132]) hervorgehobenen abweichenden Lesart weiter gerechnet, wodurch jene Ausg. $df = 75^0\ 19'$ liest, während die älteren Drucke auf Grund der Tafeln $df = 76^0\ 39'$ haben. So wird denn auch in der Säc.-Ausg. $\sin df = bk = 967$ statt 973, und also auch $gk = 1899$ statt 1905 der älteren Ausgaben. Beide Lesarten führen aber schliesslich, und ganz folgerichtig, auf dasselbe Resultat: $ac = 24'$.

[135]) $gk : ac = 1904{,}98 : 2000 = 22'\ 56'' : x$ ergiebt $x = 24'\ 4'',63$.

[136]) $ag = 1000 - gb = 68$, also $ag : ac = 68 : 2000 = x : 24'$, ergiebt $x = 48'',96$, dadurch wird die grösste Schiefe der Ekliptik $= 23^0\ 52'\ 8'',96$.

[137]) $kc = 1000 - kb = 27$, also $ac : kc = 2000 : 27 = 24' : x$, ergiebt $x = 19'',44$, dadurch wird die kleinste Schiefe der Ekliptik $= 23^0\ 28'\ 4'',56$.

[138]) Die Epoche des Anfangs der Olympiaden ist der athenienser Mittag des ersten Juli des 3938sten Jahres der julianischen Periode, oder des 776ten Jahres vor Chr. Vergl. Ideler, Handbuch I. pagg. 373 und 377.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1438170,5 Tage.

Die Epoche der Nabonassarischen Aera ist der alexandrianer Mittag den 26ten Februar des 3967ten Jahres der julianischen Periode, oder des 747ten Jahres vor Chr. Vergl. Ideler, Handbuch I pag. 98.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1448637,5 Tage
Differenz 10467 Tage

das sind $28^a\ 247^d$ ägyptisch, statt dessen haben alle Ausgaben, einschliesslich der Säcular-Ausgabe $27^a\ 247^d$, was offenbar auf einem Irrthum beruht.

Die Epoche der Aera nach Alexanders Tode ist der alexandriner Mittag des 12ten Novembers des 4390ten Jahres der julianischen Periode, oder des 324ten Jahres vor Chr. Vergl. Ideler, Handbuch I. pag. 107.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1603397,5 Tage
davon ab 1448637,5 „
Differenz 154760 Tage,

das sind $424^a\ 0^d$ ägyptisch, hiermit stimmen alle Ausgaben des Copernicus zusammen.

Die Epoche der julianischen Aera ist die Mitternacht auf den 1ten Januar des 4669ten Jahres der julianischen Periode, oder das 45te Jahr vor Chr. Vergl. Ideler, Handbuch II. pagg. 131 und 173.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1704987 Tage,
davon ab 1603397,5 „
Differenz 101589,5 Tage,

das sind $278^a\ 119^d,5$ ägyptisch, statt dessen hat die Säcular-Ausg. $178^a\ 118^d,5$, was in Bezug auf die Anzahl der Jahre nur auf einem Druckfehler beruhen kann, da die älteren Drucke alle 278^a haben, und über eine abweichende Lesart sich kein Vermerk in der Säc.-Ausg. findet. Die Anzahl der Tage ist aber in allen Ausgaben um einen Tag kleiner, als sich aus obiger Rechnung ergiebt.

Die Epoche der Aera des Augustus ist der alexandriner Mittag am 31ten August des 4684ten julianischen Jahres, oder des 30ten Jahres vor Chr.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1710707,5 Tage
davon ab 1704987 „
Differenz 5720,5 Tage,

das sind $15^a\ 245^d,5$ ägyptisch, hiergegen haben alle Ausgaben des Copernicus $246^d,5$.

Die Epoche der Aera Christi ist die Mitternacht auf den 1ten Januar des 4714ten Jahres der julianischen Periode, oder des 1ten Jahres nach Chr. Vergl. Ideler, Handbuch I. pag. 106.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1721423 Tage
davon ab 1710707,5 „
Differenz 10715,5 Tage,

das sind $29^a\ 130^d,5$, die Säc.-Ausg. hat dasselbe, in der Baseler Ausgabe fehlt 0,5 Tage.

Copernicus Buch II. Cap. 14. nimmt an, dass Ptolemäus die von ihm beobachteten Sternörter für den Mittag des 24ten Februars des 139ten Jahres nach Christus, oder des 4852ten Jahres der julianischen Periode, oder des 886ten Jahres Nabonassars, oder des 462ten Jahres nach Alexanders Tode, oder des 2ten Jahres des Aelius Antoninus, Pharmuthi 10, bestimmt habe.

Seit Anfang der julianischen Periode waren also verflossen . . . . 1771881,5 Tage
davon ab 1721423 „
Differenz 50458,5 Tage,

das sind 138ª 88ᵈ,5; in allen Ausgaben fehlt der halbe Tag.

Freilich widerspricht der letztere Termin der eigenen Angabe des Ptolemäus, Alm. VII. 5, welcher den Anfang, also den 20ten Juli, der Regierung des Antoninus als die Zeit, für welche seine Beobachtungen gelten, angiebt.

139) Alle Ausgaben haben hier fälschlich Numatius statt Munatius.

140) 138 julianische Jahre, das Jahr zu 365,25 Tagen gerechnet, sind 138 ägyptische Jahre, das Jahr zu 365 Tagen gerechnet, und 34 Tage.

141) Nach den Berechnungen der Anm. 138) muss diese Summe 914 Jahre 101 Tage lauten, es fehlt eben im Texte das Jahr, um welches die Zeit vom Anfange des ersten Jahres der ersten Olympiade bis auf Nabonassar grösser ist, als im Texte berechnet.

142) Vergl. Buch III. Cap. 9.

143) Nach dem Verzeichnisse zu Buch III. Cap. 8.

144) Nach den Berechnungen der Anm. 138) hat man:

vom Anfange der Olympiaden	bis Nabonassar	28ª	247ᵈ	ägyptisch
von Nabonassar	bis Alexanders Tod	424ª	0ᵈ	„
von Alexanders Tod	bis Cäsar	278ª	119ᵈ,5	„
von Cäsar	bis Augustus	15ª	245ᵈ,5	„
von Augustus	bis Christus	29ª	130ᵈ,5	„
von Christus	bis Ptolemäus	138ª	88ᵈ,5	„
also vom Anfange der Olympiaden	bis Ptolemäus	914ª	101ᵈ	„

Dasselbe Resultat ergiebt sich auch, wenn man von 1771881,5 Tagen die Anzahl der Tage abzieht, welche von dem Anfange der julianischen Periode bis zum Anfange der Olympiaden verflossen sind = 1438170,5 Tage
Differenz = 333711 Tage,

welche geben 914ª 101ᵈ ägyptisch. Für diesen Zeitraum erhält man aus den Tafeln als gleichmässige Bewegung der Nachtgleichen: 12° 44′ 57″ 42‴
im Texte steht dafür: 12° 44′
als einfache Anomalie: . . . . . 95° 51′ 0″ 3‴
im Texte steht dafür: . . . . . 95° 44′

Beide Abweichungen erklären sich daraus, dass Copernicus den Zeitraum zwischen dem Anfange der Olympiaden und der Aera Nabonassars um 1 Jahr zu klein gefunden hat. — Zur Zeit der Ptolemäischen Beobachtungen war der beobachtete Ort des Frühlingsnachtgleichenpunktes 6° 40′, die doppelte Anomalie 42° 30′. Die Letztere liefert nach den Tafeln eine Prosthaphärese von 47′ 40″, wofür man im Texte 48′ liest. Diese Prosthaphärese zu dem beobachteten Orte des Frühlingsnachtgleichenpunktes, 6° 40′, hinzu addirt, giebt den mittleren Ort des Frühlingsnachtgleichenpunktes zur Zeit der Ptolemäischen Beobachtungen zu 7° 27′ 40″, wofür im Texte 7° 28′. Hierzu 360° addirt, und die oben angegebene gleichmässige Präcession von 12° 44′ 57″ 42‴ abgezogen, ergiebt für den mittleren Ort des Frühlingsnachtgleichenpunktes zur Zeit des Anfanges der Olympiaden 354° 42′ 42″ 18‴, wofür im Texte 354° 44′. Der Frühlingsnachtgleichenpunkt folgte also damals ♈ Arietis um 5° 17′ 17″ 42‴ nach. Addirt man 360° zu der einfachen Anomalie zur Zeit des Ptolemäus, nämlich zu 21° 15′, und zieht von dieser Summe die oben berechnete einfache Anomalie 95° 51′ ab, so erhält man als Ort der einfachen Anomalie zur Zeit des Anfanges der Olympiaden: 285° 24′, wofür man im Texte 285° 30′ findet. Von da ab lassen sich die Oerter oder „Wurzeln“ für die im Texte namhaft gemachten Termine nach den Tafeln und den zwischenliegenden Zeiten leicht berechnen. In der nachstehenden, kleinen Tafel sind die genauer berechneten Orte mit den im Texte angegebenen zur Vergleichung zusammengestellt.

Termine.	Ort der Frühlingsnachtgleiche										Ort der einfachen Anomalie									
	nach dem Text		genauer berechnet				Differenz				nach dem Text		genauer berechnet				Differenz			
	°	'	°	'	"	'''	°	'	"	'''	°	'	°	'	"	'''	°	'	"	'''
Olympias I. 1	354	44	354	42	42	18	— 0	1	17	42	285	30	285	24	0	0	— 0	6	0	0
Nabonassar			355	6	42	3							288	24	22	30				
Alexanders Tod	1	2	1	1	26	41	— 0	0	33	19	332	52	332	51	21	6	— 0	0	38	54
Cäsar	4	55	4	54	20	12	— 0	0	39	48	2	2	2	2	1	58	+ 0	0	1	58
Augustus			5	7	26	59							3	40	36	41				
Christus	5	32	5	32	0	47	+ 0	0	0	47	6	45	6	45	16	27	+ 0	0	16	27
Ptolemäus	7	28	7	27	40		— 0	0	20	0	21	15	21	15	0	0	± 0	0	0	0

145) Buch III. Cap. 6.

146) Buch III. Cap. 8.

147) Buch III. Cap. 11 und Anm. 144)

148) Genauer 26° 48′ 41″ 34‴

149) Genauer 166° 39′ 26″ 47‴

150) Genauer 333° 18′ 53″ 34‴

151) Genauer 0° 31′ 48″ 9‴

152) Genauer 27° 20′ 29″ 43‴

153) Nämlich 197° 20′ 29″ 43‴, und davon 180° abgezogen, giebt 17° 20′ 29″ 43‴ als Abstand der Spica von der Wage.

154) Buch III. Cap. 2.

155) Buch II. Cap. 3.

156) Man hat nämlich $60 : 24' = 1' : x$, woraus $x = 24''$.

157) In der Ausgabe, welche Schreckenfuchs vom Almagest besorgt hat, steht Buch III. Cap. 2. fol. 59: 178 statt 177, was aber ein Druckfehler ist.

158) Hipparch beobachtete ♎ zu Alexandria 177 nach Alexanders Tode Mitternacht vom 3 auf den 4ten Schalttag, es waren also verflossen 176ᵃ 362ᵈ 12ʰ

Ptolemäus beobachtete ♎ zu Alexandria 463 nach Alexanders Tode 1ʰ 12ᵐ nach Sonnenaufgange den 9ten Athyr, es waren also verflossen 462ᵃ 67ᵈ 19ʰ 12ᵐ

Differenz 285ᵃ 70ᵈ 7ʰ 12ᵐ

$\frac{285}{4}$ = 71 6

Differenz 22ʰ 48ᵐ

das sind aber $\frac{19}{20}$ Tag. Nun ergiebt $285 : \frac{19}{20} = x : 1$

$x = 300$.

159) Hipparch beobachtete ♈ zu Alexandria 178 nach Alexanders Tode beim Aufgange der Sonne am 27 Mechir, es waren also verflossen 177ᵃ 175ᵈ 18ʰ

Ptolemäus beobachtete ♈ zu Alexandria 463 nach Alexanders Tode 1ʰ Nachmittags am 7 Pachon, es waren also verflossen 462ᵃ 246ᵈ 1ʰ 12ᵐ

Differenz 285ᵃ 70ᵈ 7ʰ 12ᵐ

$\frac{285}{4}$ = 71 6

Differenz 22ʰ 48ᵐ

[160]) $\frac{19}{20}$ Tage durch 285 dividirt, giebt $\frac{19}{5700}^d$, dies von $^1/_4$ abgezogen, giebt $\frac{5624}{22800}^d$, und das ist $= \frac{14}{60} + \frac{48}{3600}$ Tage.

[161]) Albategnius de scientia stellarum. Nürnberg 1537. Cap. XXVII. fol. 27.

[162]) In C. Ritters Erdkunde Theil X. 1843. pagg. 1116 bis 1143 und sonst, finden sich folgende hierher gehörende Notizen: Rakka, Sitz des berühmten sabischen Astronomen Al Batheni, Albategnius (confr. J. Golius ad Alferg. p. 252, und J. Rennell Comparat. geogr. I. p. 34.), welcher dort im Jahre 912 n. Chr. — [sic! Dies ist aber ein Irrthum, denn Albategnius giebt selbst als Data seiner Beobachtungen an: in dem in Anm. [161]) angeführten Werke Cap. XXVII und XXVIII. fol. 27 & 29.: 1194 Adhilcarnain i. e. 883 p. Chr. und Cap. XXX und LI. fol. 36 & 79.: 1191 ad Hilcarnain i. e. 879 p. Chr.] — seine astronomischen Bestimmungen machte. Er giebt die Breite in den Tafeln auf 36° oder 36° 1′ nördlich nach Ibn Xathir, 36° 3′ nach Ibn Junis an. Die Längenangabe wurde in seinen Handschriften unter der corrumpirten Benennung Aracta, statt Arraca, verderbt eingetragen. Rennell giebt an 36° 1′ nördl. Br. 39° 3′ 30″ östl. L. von Greenwich. Chesney beobachtete im Palaste Harun al Raschid's an der Ostecke der Stadt, und fand 35° 55′ 35″ nördl. Br. 39° 3′ 58″,5 östl. L. v. Greenwich. Dagegen die östliche Mündung des benachbart in den Euphrat einfliessenden El-Belik-Flusses zu Aran (Aram) 35° 53′ 22″ nördl. Br. 39° 7′ 40″,5 östl. L. v. Greenwich. Die Stadt ist von Alexander d. G. am Euphrat erbaut und Νικηφόριον (Nicephorium) genannt. (Vergl. Isidor. Charac. ed. E. Müller. Paris. 8. 1839 im Supplém. aux dernieres edit. des pet. geogr. p. 248. — Strabo XVI. 747. — Plin. H. N. V. 21 & VI. 30). Der parthische Name ist Philiscum. (Vergl. Mannert, Geogr. d. Gr. u. R. VI. 1. p. 527. — Plin. H. N. V. 21). Im 4ten Jahrhundert heisst es Καλλίνικον (Callinicum), weil der Sophist Callinicus Sutorius, welcher nach Suidas unter dem Kaiser Gallienus (261—268 n. Chr.) lebte, und eine Geschichte Alexanders d. Gr. schrieb, dort ermordet wurde, (Mannert a. a. O. V. 2. p. 286.); auch verstümmelt Kalonicus, „quae eadem Al-Racca (Greg. Abul-Pharag. Hist. dyn. p. 65.), auch Ballonicus, Calonica, Anikos, auch Clunicojo (Ritter X. p. 1127). Im 5ten Jahrhundert heisst es Leontopolis, nach dem Kaiser Leo II, Thrax, der ihr im Jahre 466 n. Chr. neue Mauern gab. Die Stadt lag in Osrhoene. Seit dem 7. Jahrhundert ist der arabische Name Racca (Bewässerung) beibehalten. Bei Ibn Sayd findet sich noch der Beiname ol Beidoa (die weisse). Das Ar vor Racca bedeutet Stadt. Die Stadt Batne, Batna, Batana, Bataneae der Syrer, die spätere Sarug der Araber, war die Heimath des grossen, sabischen Astronomen Al Batheni, Aractensis, der als Muhamedes bald Albatani, bald Albettanius von Bettan oder Bittan, von seiner Geburtsstadt Batna, bald Alcharani genannt, von der Stadt Charrae (Carrhae, Haran) seinen Namen erhalten haben soll.

[163]) Racca liegt 39° 3 30″ östl. v. Gr.
Alexandria 29° 53′ 27″ „ „ „
Längendifferenz 9° 11′ 3″, wofür im Text 10° gesetzt ist. Die Längendifferenz ist gleichwerthig mit $36^m\ 40^s,2$ Sternzeit oder $36^m\ 34^s,19$ mittl. Zeit.

[164]) Nach den Angaben des Copernicus gestaltet sich die Rechnung so:
Ptolemäus beobachtete ♎ zu Alexandria 463 n. Alex. Tode, 1^h nach Aufgang der Sonne, den 9ten Athyr, es waren also verflossen . . . . $462^a\ 67^d\ 19^h\ 12^m$
Die Differenz der mittleren Zeit von Alexandria und Rakka ist . 40^m
zusammen $462^a\ 67^d\ 19^h\ 52^m$
Albategnius beobachtete ♎ zu Rakka 1206 n. Alex. Tode $7^2/_5{}^h$ nach Sonnenuntergang am 7ten Pachon, es waren also verflossen . . . . $1205^a\ 246^d\ 13^h\ 24^m$
Differenz $743^a\ 178^d\ 17^h\ 32^m$
$^{743}/_4 =$ $185^d\ 18^h$
Differenz $7^d\ 0^h\ 28^m$
wofür im Text $7^d\ 0^h\ 24^m$ gesagt ist. Vertheilt man diese $7^d\ 0^h\ 28^m$ auf 743 Jahre, so kommen auf jedes Jahr $13^m\ 36^s,25841$, diese Zeit fehlt also an dem $^1/_4$ Tag oder an 6^h, danach ist die Jahresdauer $365^d\ 5^h\ 46^m\ 23^s,74159$, wofür im Text $365^d\ 5^h\ 46^m\ 24^s$.

Nach den neueren Ermittlungen der geogr. Längendifferenz zwischen Rakka und Alexandria, wie sie in Anm. [162]) angegeben sind, ergiebt sich auf demselben Wege:
$365^d\ 5^h\ 46^m\ 24^s,0186.$

[165]) $7^d\ {}^2/_5{}^h$ sind $7^1/_{60}{}^d$, nun verhält sich $743 : 7^1/_{60} = 1 : \frac{1}{x}$, woraus sich berechnet $x = 105{,}89$, und hierfür steht im Text 106.

[166]) Der Termin des Todes Alexanders ist 324 v. Chr. den 12ten November, alexandriner Mittag, das sind also

	323^a	50^d	v. Chr. Die Beobachtung des Copernicus war
	1514^a	256^d	n. Chr.
zusammen	1837^a	306^d	dazu kommen noch die Schalttage von 1837 Jahren
		459	
zusammen	1839^a	35^d	nach Alex. Tode, d. i. aber im Jahre 1840 den 6 Phaophi.

[167]) Rakka liegt 39° 3′ 30″ östl. v. Greenwich, Rennell

Frauenburg „	19° 40′ 7″,5 „ „	„ Textor in Zach's monatl. Corr. 1798 & 1799
Differenz	19° 23′ 22″,5	statt dessen steht im Text 25°.

Diese Längendifferenz giebt in Zeit ausgedrückt $1^h\ 16^m\ 13^s,5$ Sternzeit
oder $1^h\ 16^m\ 1^s,01234$ mittlere Zeit.

[168]) Diese Berechnung beruht auf dem Verfahren der Anm. [164]).

[169]) Alexandria liegt 29° 33′ 27″ östl. v. Gr.

Frauenburg „	19° 40′ 7″,5 „ „ „	
Differenz	10° 13′ 19″5 =	$40^m\ 53^s,3$ Sternzeit
		$40^m\ 46^s,6$ mittlere Zeit, wofür im Texte eine

Stunde steht.

[170]) Thebit Ibn Chora oder Thebit Ben Korrah auch Thabet Ebn Korra Ebn Merwan, der Sabier, lebte zur Zeit Almamums, Khalifen von Bagdad, in Harran und starb 901 n. Chr. Er war der Erste, der das siderische Jahr von dem tropischen genau unterschied, das erstere für die wahre Umlaufszeit der Sonne erklärte, und dessen Dauer auf 365,25639 Tage bestimmte, fast ganz im Einklange mit den neuesten astronomischen Bestimmungen. Vergl. Ritter's Erdk. XI. 1844. pagg. 298 & 306, Abulfedae Tab. Mesopot. ed. Reiske. b. Büsching IV. p. 240, Abul Pharag. Hist. Dynast. p. 184. La Lande, Astr. I. No. 356. p. 123.

[171]) In dem eben vorhergehenden Capitel 13 ist gesagt: Thebit ben Chora habe das Jahr

bestimmt zu	$365^d\ 15^I\ 23^{II}$	=	$365^d\ 6^h\ 9^m\ 12^s$
	$1\ \ 10^{III}$		28
giebt	$365^d\ 15^I\ 24^{II}\ 10^{III}$		$365^d\ 6^h\ 9^m\ 40^s$

[172]) In einem Jahre, oder in $365^d\ 15^I\ 24^I\ 10^{III}$ werden zurückgelegt 360°, in einem ägyptischen Jahre, oder in 365^d werden zurückgelegt x^0, woraus

	$x = 359^0\ 44'\ 49''\ 8'''\ 1''''\ 37'''''$
Copernicus hat im Text	359 44 49 7 4 37
was sich um	$57''''\ 37'''''$

von unserm Resultate unterscheidet. Sollte das Resultat Copernicus richtig sein, so musste die Dauer des Jahres zu

$365^d\ 15^I\ 24^{II}\ 10^{III}\ 59^{IV}\ 30^V\ 18^{VI}$

angenommen werden.

[173]) 60 mal $359^0\ 44'\ 49''\ 8'''\ 1''''\ 37'''''$ geben $59^s\ 5 \times 60^0 + 44^0\ 49'\ 8''\ 1'''\ 37''''$

[174]) Buch III. Cap. 6.

[175])
$$\begin{array}{r} 359^0\ 44'\ 49''\ \ 7'''\ 4'''' \\ 50''\ 12'''\ 5'''' \\ \hline 359^0\ 45'\ 39''\ 19'''\ 9'''' \end{array}$$

[176])
$$\begin{array}{r} 59'\ 8''\ 11'''\ 22'''' \\ 8'''\ 15'''' \\ \hline 59'\ 8''\ 19'''\ 37'''' \end{array}$$

[177]) Alm. III. 4.

[178]) So liest die Säc.-Ausg. richtiger als die alten Drucke, welche 90° 11′ haben.

[179]) Albategnius, de motu stellarum, Norimb. 1537. Cap. XXVII. fol. 27 & 28. Dort finden sich die Zahlen, wie sie im Texte, aus der Säc.-Ausgabe entnommen, stehen, während die alten Ausgaben statt der letzteren Angabe 182 32^{I} Tage haben. Die Excentricität giebt Albategnius ebenda zu 2 4^{I} 45^{II} solcher Theile an, von denen der Halbmesser 60 enthält; dies ergiebt aber 346,53, wenn der Halbmesser 10000 beträgt. Deshalb dürfte die Lesart 347 der alten Drucke, derjenigen der Säc.-Ausg., nämlich 346 vorzuziehen sein.

[180]) A. a. O. fol. 29.

[181]) Alexandria liegt 29° 53′ 27″ östl. v. Gr.
Krakau „ 19° 57′ 46″,5 „ „ „ (Nautical Almanac)
Differenz 9° 55′ 40″,5 oder 0^{h} 39^{m} 42^{s},7 Sternzeit, oder 0^{h} 38^{m} 36^{s},2 mittl. Zeit, wofür im Text 1^{h}. Vergl. auch Anm. [166]).

[182]) Genauer 23^{h} 21^{m} 23^{s},8 mittlere Krakauer Zeit.

[183]) Buch III. Cap. 12.

[184]) Nach Anm. [158]) zu Buch III. Cap. 13. waren seit Alexanders Tode verstrichen
176 ägypt. Jahre 362^{d} 12^{h} mittl. Zeit von Alexandrien, davon gehen wegen der Länge von Krakau ab 0^{h} 38^{m} 36^{s},2
bleiben 176 ägypt. Jahre 362^{d} 11^{h} 21^{m} 23^{s},8. Nach Buch III. Cap. 6 beträgt

	die gleichmässige Bewegung	die einfache Anomalie
für 2 × 60^{a}	1° 40′ 24″	12° 34′ 48″
56^{a}	0 46 51 16‴	5 52 14 32‴
6 × 60^{d}	0 0 49	0 6 12
2^{d}	0 0 0 16	0 0 2 4
11^{h} 21^{m} 23^{s},8	0 0 0 3 47	0 0 0 29 20
Wurzel Buch III. Cap. 11.	1° 2	332 51 3 42
Summe	3° 30′ 4″ 35‴ 47⁗	351° 15′ 20″ 47‴ 20⁗
doppelte Anomalie		342° 30′ 41″ 34‴ 40⁗

Nach Buch III. Cap. 8 ist die Prosthaphärese für diese doppelte Anomalie
0° 20′ 29″ 18‴ 25⁗ dies nach Buch III. Cap. 12 zu der gleichmässigen Bewegung addirt 3° 50′ 33″ 54‴ 12⁗, um so viel stand also der erste Stern des Widders von der Frühlingsnachtgleiche ab; zieht man dies von 180° ab, so erhält man
176° 9′ 26″ 5‴ 48⁗ als Abstand der Herbstnachtgleiche vom ersten Sterne des Widders, wofür im Text 176° 10′ steht.

[185]) Nach Buch III. Cap. 16 erste Figur betrug zu Hipparchs Zeit der Winkel

lfa = 24° 30′
efl = 90°
folglich efa = 114° 30′,

wo a das Apogeum und e der Herbstnachtgleichenpunkt war.

[186]) Krakau liegt 19° 57′ 46″,5 östl. v. Gr.
Frauenburg 19 40 7′,5 „ „ „
Differenz 0° 17′ 39″, welche Copernicus nicht gekannt zu haben scheint. Die Meridianübereinstimmung zwischen Frauenburg und Krakau, welche er annahm, veranlasste ihn an verschiedenen Stellen andere Orte auf Krakau zu beziehen. Er meinte eigentlich seinen eigenen Beobachtungsort Frauenburg und ersetzte diesen nur durch das allgemeiner bekannte Krakau. Eine nationale Vorliebe für Krakau ist keineswegs darin zu finden, wie man wohl gefabelt hat.

[187]) Buch III. Cap. 13. Anm. [166]).

[188]) Diese Berechnung ist für den Zeitraum von 1839^{a} 34^{d} 18^{h} 30^{m} ebenso durchzuführen, wie es in Anm. [184]) geschehen ist, und man erhält
27° 21′ 26″ 32‴ 28⁗ als den Abstand des ersten Sterns des Widders von der Frühlingsnachtgleiche, zieht man dies von 180° ab, so erhält man:
152° 38′ 33″ 27‴ 32‴ als Abstand der Herbstnachtgleiche vom ersten Sterne des Widders, wofür im Text 152° 45′ gesetzt ist.

[189]) Buch III. Cap. 16 gegen Ende.

190) Abstand der Herbstnachtgleiche vom ersten Sterne des Widders ist nach Anm. 188) gleich $152^\circ\ 45'$, dazu die im Text eben gefundene Prosthaphärese
$1^\circ\ 50'$
giebt $154^\circ\ 35'$ wie im Text.

191) $1839^a\ 34^d\ 18^h\ 30^m$ davon ab
$176^a\ 362^d\ 11^h\ 21^m$
giebt $1662^a\ 37^d\ 7^h\ 9^m = 1662^a\ 37^d\ 17^I\ 51^{II}$, wofür im Text
$1662^a\ 37^d\ 18^I\ 45^{II}$ gesetzt ist.

192) Dividirt man mit $365^d\ 15^I\ 24^{II}\ 10^{III}$, wie Buch III. Cap. 14 angegeben ist, in $1662^a\ 37^d\ 18^I\ 45^{II}$ des Textes, so erhält man 1660 Umläufe $336^\circ\ 15'\ 32'',1$.

193) Nach der Tafel der einfachen gleichmässigen Bewegung der Sonne Buch III. Cap. 14, kommen auf

27×60^a	$5 \times 60 \times 60 + 53 \times 60 +$	$10^\circ\ 6'\ 10''$
42^a	$5 \times 60 \quad +$	$49^\circ\ 22'\ 22''\ 56'''$
37^d		$36^\circ\ 28'\ 3''\ 0'''$
$^3/_{10}{}^d$		$0^\circ\ 17'\ 44''\ 27'''$
$^1/_{80}{}^d$		$0^\circ\ 0'\ 44''\ 41'''$
Zusammen	21576° oder $59 \times 360 +$	$336^\circ\ 15'\ 5''\ 4'''$

welche aus den Tafeln geschöpfte Zahl allerdings mit der durch jene Division aus Anm. 192) erhaltenen, sehr gut übereinstimmt.

194) $11^h\ 21^m\ 23^s,8$ sind $28^I,391$ Tage, wofür im Texte $27^1/_2{}^I$ steht. Vergl. Anm. 164).

195) Durch dieselbe Division, wie in Anm. 192) erhält man für diese Zeit 176 Umläufe $312^\circ\ 42'\ 38''\ 22'''$, wofür im Text $312^\circ\ 43'$ gesetzt ist.

196) Buch III. Cap. 18 in der Mitte.

197) $360^\circ + 178^\circ\ 20' = 538^\circ\ 20'$
davon ab $312^\circ\ 43'$
bleiben $225^\circ\ 37'$ wie im Text.

198) Buch III. Cap. 11. in der Mitte, und Anm. 144). Es sind dies ebenfalls ägyptische Jahre.

199) Durch die Division der Anm. 172) und 195) erhält man für diese Zeit 278 Umläufe $46^\circ\ 27'\ 19''$, wofür im Texte $46^\circ\ 28'$ gesetzt ist. In den alten Ausgaben steht $27'$. Die Baseler Ausgabe hat allein LXVI statt XLVI Grad, was offenbar ein Druckfehler ist.

200) Nach den Berechnungen der Anm. 138) und der Uebersicht in der Anm. 144) muss es hier $45^a\ 16^d$ und gleich darauf $323^a\ 135^d,5$ heissen.

201) Von Alexander dem Grossen bis Christus beträgt dis gleichmässige Bewegung nach den Tafeln 323 Umläufe $46^\circ\ 53'$ dazu der Ort Alexanders
$225^\circ\ 37'$
giebt $272^\circ\ 30'$ wie im Text.

202) Die Uebersicht der Anm. 144) ergiebt $776^a\ 12^d,5$.

203) Legt man die Angabe des Textes zu Grunde, so geben $775^a\ 12^d,5$
774 Umläufe $176^0\ 13'\ 51''$
zieht man, mit Weglassung der Umläufe, dies von dem Orte Christi $272^0\ 30'\ 48''$
ab, so erhält man als Ort des Anfangs der Olympiaden $96^0\ 16'\ 57''$,
wofür im Texte $96^0\ 16'$ gesetzt ist.

204) Um diese Zahlen zu erhalten, hat man nur die Wurzeln für die gleichmässigen Bewegungen der Präcession der Nachtgleichen, Buch III. Cap. 11. in der Weise mit den einfachen Oertern, wie sie hier gefunden sind, zu verbinden, dass man die Wurzel von dem einfachen Orte abzieht, wenn die Wurzel angiebt, um wie viel der Frühlingsnachtgleichenpunkt dem ersten Sterne des Widders nachfolgt; dagegen die Wurzel zu dem einfachen Orte addirt, wenn die Wurzel angiebt, um wie viel der Frühlingsnachtgleichenpunkt dem ersten Sterne des Widders voraus geht. Beim Anfange der Olympiaden folgte der Frühlingsnachtgleichenpunkt

dem ersten Sterne des Widders, bei den anderen Terminen war er demselben voraus. Dadurch gestalten sich die Berechnungen so:

Einfacher Ort der Olympiaden	96° 16′
Wurzel „ „	5 16
Zusammengesetzter Ort „ „	91° 0′, wofür im Text 90° 59′
Einfacher Ort Alexanders	225° 37′
Wurzel „	1° 1′ 54″
Zusammengesetzter Ort „	226° 38′ 54″, wofür im Text 226° 38′
Einfacher Ort Cäsars	272° 4′
Wurzel „	4° 54′ 47″
Zusammengesetzten Ort „	276° 58′ 47″, wofür im Text 276° 59′
Einfacher Ort Christi	272° 30′
Wurzel „	5° 32′ 28″
Zusammengesetzter Ort „	278° 2′ 28″, wofür im Text 278° 2′

205) Buch III. Cap. 16.

206) Vor Ptolemäus war das Apogeum dem Solstitium voraus 24° 30′ Buch III. Cap. 16.
zur Zeit des Albategnius „ „ „ „ „ „ 7° 43′ ebenda
also war das Apogeum zurückgeblieben 16° 47, wofür im Texte prope 17° steht.

207) Die 1514 Jahre sind römische, also kommen hinzu $\frac{1514}{4} = 378$ Tage, es sind also $1515^a\ 13^d$ oder $25 \times 60 + 15$ ägyptische Jahre und 13 Tage. Hierfür findet man in den Tafeln Buch III. Cap. 6. die einfache Anomalie für $25 \times 60 = 157^0\ 15'\ 3''$

	15 =	1	34	21	2‴
	13 =	0	0	13	26
Ort Christi aus Buch III. Cap.	11 =	6	45		
zusammen	=	165°	34′	37″	28‴

wofür im Text 165° 39′ fere steht, welche Differenz voraussetzen würde, dass Copernicus seine Bestimmung auf den 12. September des Jahres 1515 n. Chr. bezieht, was mit seiner eigenen Angabe vom 14. September sehr nahe übereinstimmt.

208) Der Ort Christi für die Anomalie ist		6°	45′		
hiervon ab die Anomalie für 60 Jahre		6°	17′	24″	9‴
	bleiben	0	27	35	51
hiervon ab die Anomalie für 4 Jahre		0	25	9	36
	bleiben	0	2	26	15
hiervon ab die Anomalie für 2 × 60 Tage		0	2	4	
	bleiben	0	0	22	15
hiervon ab die Anomalie für 21 Tage		0	0	21	42
	bleiben	0	0	0	33‴,

welche zu vernachlässigen sind; also beträgt die Zeit vom Anfange der Anomalie 64 Jahre 141 Tage, wofür im Text 64 Jahre fere gesetzt ist.

209) Buch III. Cap. 16 u. 18.

210) Die Säc.-Ausg. hat hier, und nachher wiederholt, 4° 23′ statt der 4° 13′ der alten Drucke, es lässt sich aber leicht erkennen, dass die alte Lesart die richtige ist; denn, wenn wir 360° = 2 R setzen, so war gefunden: Winkel **aob** = 341° 26′

	oab =	14 21
zusammen		355° 47′
dies von		360° ab
ergiebt	**obd** =	4° 13′.

Sind aber 360° = 4 R, so werden alle Winkel halb so gross, also **obd** = 2° $6^1/_2$′, was die Säc.-Ausg. pag. 220 lin. 28 auch richtig hat, und nur mit 4° 13′ übereinstimmt. Nach einer Mittheilung des Herrn M. Curtze steht auch im Orig. Mscrpt. an zweiter Stelle wirklich XIII.

211) Die Säc.-Ausg. liest 366, während die alten Drucke 369 haben. Diese Verschiedenheit erklärt sich so: die Säc.-Ausg. hat **bd** = 318, die alte Ausg. **bd** = 321, hierzu kommt

	$^1/_2$ **ad** = **df** = 48,	**df** = 48
dies giebt	**bf** = 366	**bf** = 369

Nach einer Notitz des Herrn M. Curtze steht im Orig. Mnscrpt. **df** = 47 und **bf** = 368, woraus zu schliessen sein würde, dass das Orig. Mnscrpt. auch **bd** = 321 haben müsste.

212) Die alten Drucke lesen hier 2° 4′ statt 2° 3′ der Säc.-Ausg. und in der Tafel der Prosthaphäresen der Sonne, vergl. Seite 187 der Uebersetzung, sogar 2° 5′ statt 2° 3′.

213) Christi Geburt fiel in das 3te Jahr der 194sten Olympiade; nach Buch III. Cap. 21. fand die grösste Excentricität 64 Jahre oder 16 Olympiaden früher statt, dies abgezogen
ergiebt das 3te Jahr der 178sten Olympiade.

214) Das 3te Jahr der 178ten Olympiade fällt 711 Jahre nach Anfang der Olympiaden,
der Tod Alexanders fällt 451 „ 247 Tage nach Anfang der Olympiaden, also fällt das 3te Jahr der 178ten Olympiade 259 Jahr 118 Tage nach Alexanders Tode.

215) Nach Buch III. Cap. 16 hat von Hipparch 125 v. Chr. bis Ptolemäus 139 n. Chr. das Apogeum um $24^1/_2{}^\circ$ von der Sommersonnenwende, also um $65^1/_2{}^\circ$ vom Frühlingsnachtgleichenpunkte abgestanden, nun betragen

	♈ = 30°
	♉ = 30°
	♊ = $5^1/_2{}^\circ$
zusammen	$65^1/_2{}^\circ$

216) 259 sind 4 × 60 + 19 Jahre, also hat man nach den Tafeln Buch III. Cap. 6

für 4 × 60	3°	20′	48″		
19	0	15	53	49
und nach Buch III. Cap. 11 ist der Ort Alexanders	1°	2′		
zusammen	4°	38′	41″	49‴,

wofür im Text 4° $38^1/_2$′ steht.

217) Von 65° 30′
ab 4 38 30″
giebt 60° 51′ 30″, wofür im Text 60° 52′ steht.

218) Nach Buch III. Cap. 11 Anm. 144) sind es vom Anfange der Olympiaden bis Christus 776ª 12ᵈ,5 ägyptisch; der 14. September 1515 n. Chr. liefert 1514ª 256ᵈ römisch

dazu die Schalttage	1	13,5	
giebt	1515ª	269ᵈ,5	ägyptisch
dazu	776	12,5	
zusammen	2291ª	272ᵈ	ägyptisch

dies giebt das 3te Jahr der 573ten Olympiade.

219) Buch III. Cap. 16 zu Ende.

220) Gleichmässige Bewegung für 25 × 60 Jahre 20° 55′ 2″ einfache Anom. Anm. 207)

Gleichmässige Bewegung für 25 × 60 Jahre	20°	55′	2″		einfache Anom. Anm. 207)
16	0	13	23	13	165° 34′ 37″ 28‴
13 Tage	0	0	1	47	doppelte Anomalie
Ort Christi	5	32			331° 9′ 14″ 56‴
Prosthaphärese	0	35	56		
wahre Präcession der Nachtgleichen	27°	16′	23″,		wofür im Text $27^1/_4{}^\circ$.

221)

♈	30°
♉	30°
♊	30°
♋	6° 40′
zusammen	96° 40′
davon ab	27° 15′
bleiben	69° 25′
dazu	2° 7′ als die zu addirende Prostaphärese
giebt	71° 32′ als den mittleren Ort des Apogeums der Sonne.

222) Im vorigen Capitel.

223) Aus Anm. 217) hat man 60° 51′ 30″ als Ort des Apogeums für den Anfang der Anomalie, hier ist erhalten 71° 32′ als Ort des Apogeums für 1515 n. Chr., also
hat sich um 10° 40′ 30″ der Ort des Apogeums in 1580 ägyptischen Jahren geändert, wofür im Text 10° 41′.

224) Nach den Grössen der Anm. 223) ergiebt sich statt dessen 24″ 19‴ 22⁗.

225) Buch III. Cap. 14.

226) Buch III. Cap. 22. Anm. 218) und 221).

227) Buch III. Cap. 13. Anm. 166).

228)

Mittlerer Ort der Sonne an der Fixsternsphäre	154° 35′	vergl. Buch III. Cap. 18. Anm. 100)
mittlerer Ort der Apogeums „ „	71° 32′	„ „ „ „ 22. Anm. 221)
mittlerer Abstand der Sonne vom Apogeum	83° 3′	

229)

Vom Anfange der Olympiaden bis Nabonassar	27^a 247^d	ägyptisch Buch III. Cap. 11.
von Nabonassar bis Alexanders Tod	424^a	„
von da bis zum 14ten September 1515 nach Chr.	1839^a 35^d	„ Buch III. Cap. 13.
zusammen	2290^a 282^d	„

Da aber der 14te September astronomisch erst um Mittag anfängt, so war es der 13te September $18^h\ 30^m = {}^{46}/_{60}{}^d$, also ist die verlaufene Zeit 2290^a 281^d 46^I ägyptisch.

230) Die in Rede stehende Zeit beträgt offenbar $38 \times 60 + 10^a$, $4 \times 60 + 41^d$, 46^I, Nach der Tafel Buch III. Cap. 14 erhält man die Anomalie der Sonne, wie folgt:

für 38×60^a	21007°	41′	39″		
10^a	357	24	7	48	
4×60^d	236	31	29		
41^d	40	24	33	2	
46^I	0	45	20	13	
zusammen	21642°	47′	9″		oder
60^c	42°	47′	9″		dies ab von
	83	3			
giebt	40°	15′	51″		wofür im Text 40° 14′.

231) Im Text sind die Zahlenangaben aus der Säc.-Ausgabe aufgenommen, in den alten Drucken lauten die letzten drei Angaben der Reihe nach
166° 31′, 211° 4′ und 211° 14′.

232) Buch III. Cap. 12.

233) Diese Berechnung verläuft nach der Vorschrift dieses Capitels folgendermassen:

Bezeichnung der Bestimmung.	Für den Anfang der Olympiaden	Für den Anfang der Jahre Christi	Stellen.
Mittlerer Ort der Frühlingsnachtgleichen	354° 44′	5° 32′	Buch III. Cap. 11.
Ort der einfachen Anomalie	285° 30′	6° 45′	ebenda
Doppelte Anomalie	211° 0′	13° 30′	
Erste Prosthaphärese	+ 0° 36′	— 0° 16′	Buch III. Cap. 8 Tafel
Diese Letztere zu dem mittleren Ort der Frühlingsnachtgleiche je nach dem Vorzeichen hinzugefügt, giebt den mittleren Ort der ☉ vom mittleren ♈	355° 20′	5° 16′	Buch III. Cap. 12.
Prostaphärese des Mittelpunkts, durch die einfache Anomalie	— 6° 53′ 30″	+ 0° 46′	Buch III. Cap. 24 Tafel
Die dazu gehörenden Proportional-Minuten	39′	60′	ebenda
Ort der jährlichen Anomalie.	40° 14′	211° 14′	Buch III. Cap. 23
Diese Letztere mit der Prosthaphärese des Mittelpunkts je nach dem Vorzeichen verbunden, giebt: die ausgeglichene jährliche Anomalie	33° 20′ 30″	212° 0′	Buch III. Cap. 25.
Diese Letztere liefert die Prosthaphärese der Bahn	0° 58′ 34″	1° 1′	Buch III. Cap. 24 Tafel
Der dazu gehörende Ueberschuss . . .	17′	17′	ebenda
Letzterer durch die Proportional-Minuten dividirt.	26″	17″	Buch III. Cap. 25.
Dieser Quotient zu der Prosthaphärese der Bahn addirt, giebt die corrigirte Prosthaphärese	— 0° 59′	+ 1° 1′ 17″	ebenda

Bezeichnung der Bestimmung.	Für den Anfang der Olympiaden	Für den Anfang der Jahre Christi	Stellen.
Diese corrigirte Prosthaphärese mit dem oben schon gefundenen mittleren Orte der Sonne vom mittleren Frühlingsnachtgleichenpunkte, je nach dem Vorzeichen verbunden, giebt den wahren Ort der Sonne vom ersten Stern des Widders . . .	90°	279° 3′ 17″	ebenda
Hiermit die erste Prosthaphärese je nach dem Vorzeichen verbunden, giebt den wahren Ort der Sonne vom wahren Frühlingsnachtgleichenpunkte	90° 36′	278° 47′ 17″	ebenda
Oder	♋ 0° 36′	♐ 8° 48′	
Diesem entspricht vom Aequator . . .	90° 39′	279° 35′	Buch II. Cap. 10. Tafel

Die Differenz dieser letzten Aequatorealgrade beträgt 188° 56′
Die Differenz zwischen dem mittleren Orte der Sonne und dem mittleren ♈ 187 3
Ueberschuss der Aequatorealgrade 1° 53′
das ist in Zeit 7m 32s, vergl. das Ende des folgenden Cap. 26.

234) Vergl. Buch III. Cap. 17. erste Figur, wo Bogen ab = 92° 23′
bc = 87° 37′
Differenz = 4° 46′, wofür im Text 4° 45′ steht.

235) Vergl. Buch II. Cap, 10. die Tafel: ♉ 16° entspricht 43° 31′ des Aequators
♌ 14° „ 136° 30′ „ „
Differenz = 88° „ 92° 59′, wofür im Text 93°
♌ 14° „ 136° 30′ des Aequators
♏ 16° „ 223° 31′ „ „
Differenz = 92° „ 87° 1′, wofür im Text 87°

236) Almagest III. 10.

237) Diese Berechnung ist bereits in Anm. 233) durchgeführt, und aus deren Ergebniss geht zugleich hervor, dass die letzten in den Text nach den alten Ausgaben aufgenommenen Zahlenangaben, nämlich 1° 53′ und $7^1/_2{}^m$ richtiger sind, als die, welche sich in der Säc.-Ausg. finden, nämlich 1° 51′ und 7m.

238) Buch III. Cap. 15.

239) Almagest V. 2.

240) Z. B. von Censorinus, vergl. Ideler, Handbuch I. pag. 301 und 352.

241) Vergl. Almagest IV. 2 und 3. Die Ausrechnung von $\frac{3024169}{102408}$ ergiebt auch 29d 31I 50II 8III 9IV 20V 12VI 22VII 26VIII.

242) Mit der Zeit von einem Monate, d. h. nach der Anm. 241) mit $\frac{3024169}{102408}$, in 360° dividirt giebt $\frac{36866880^0}{3024169}$ oder 12° 11′ 26″ 41‴ 24⁗ 42V 5VI. Die Angabe des Textes findet sich im Almagest IV. 3, und scheint ohne Nachrechnung von Copernicus aufgenommen zu sein.

243) Multiplicirt man 12° 11′ 26″ 41‴ 24⁗ 42V 5VI mit 365, so erhält man 12c 126° 37′ 21″ 55‴ 16⁗ 0V 25VI. Will man einen andern Weg einschlagen, so kann man so schliessen, in 345a 82d 1h, d. h. in $\frac{3024169^a}{8760}$ werden 4267 × 360°, d. h. 1536120° zurückgelegt, folglich in einem Jahre $\frac{1536120}{\left(\frac{3024169}{8760}\right)}$ oder $\frac{13456411200^0}{3024169}$ oder 12c 129° 37′ 21″ 55‴ 16⁗ 5V, was

mit dem ersten Resultat bis auf 4^{V} 35^{VI} übereinstimmt. Die Angabe des Textes findet sich im Amagest IV. 3 ebenso abweichend.

[344]) Die jährliche Bewegung des Mondes beträgt nach Anm. [343]) $\frac{13456411200^0}{3024169}$, multiplicirt man diesen Bruch mit $\frac{269}{251}$, so erhält man $\frac{3619774612800^0}{759066419}$ als jährliche Bewegung der Anomalie, und die Ausführung der Division ergiebt

$$13^{s}\ 88^0\ 43'\ 9''\ 9'''\ 1''''\ 56^{V}.$$

Man hätte auch so verfahren können, in der Zeit von $345^a\ 82^d\ 1^h = \frac{3024169^a}{8760}$ legt die Anomalie zurück 4573×360^0, folglich in einem Jahre $\frac{4573 \times 360 \times 8760}{3024169}$ oder $\frac{14421412800^0}{3024169}$ was ausdividirt ganz dasselbe Resultat, wie vorhin, ergiebt.

Um die tägliche Bewegung der Anomalie zu berechnen, ist so zu schliessen: in $345^a\ 82^d\ 1^h$, d. h. in $\frac{3024169^d}{24}$ vollendet die Anomalie 4573×360^0, also in einem Tage $\frac{4573 \times 360 \times 24}{3024169}$ oder $\frac{39510720^0}{3024169} = 13^0\ 3'\ 53''\ 56'''\ 34''''\ 21^{V}\ 4^{VI}$.

Multiplicirt man dies wieder mit 365, so erhält man als jährliche Bewegung der Anomalie

$$13^{s}\ 88^0\ 43'\ 9''\ 9'''\ 1''''\ 54^{V}\ 25^{VI}$$

was mit dem ersten Resultate bis auf 1^{V} 35^{VI} stimmt. Die Angaben des Textes finden sich im Almagest IV. 3 ebenso abweichend von der Richtigkeit.

[345]) Die jährliche Bewegung des Mondes $\frac{13456411200^0}{3024169}$ mit $\frac{5923}{5458}$ multiplicirt giebt $\frac{79702323537600^0}{16505914402}$ oder $13^{s}\ 148^0\ 42'\ 46''\ 49'''\ 8''''$ und die aus der Säc.-Ausgabe in den Text aufgenommene Angabe stimmt hiermit am besten überein, während die alten Drucke $20'''$ statt $49'''$ haben.

Die tägliche Bewegung des Mondes $\frac{36866880^0}{3024169}$ mit $\frac{5923}{5458}$ multiplicirt giebt $\frac{218362530240^0}{16505914402} = 13^0\ 13'\ 45''\ 39'''\ 45''''\ 3^{V}$ während alle Ausgaben $40''''$ statt $45''''$ haben.

Multiplicirt man nun das letzte Resultat mit 365, so erhält man

$$13^{s}\ 148^0\ 42'\ 46''\ 49'''\ 3''''\ 15^{V},$$

was mit der Säcular-Ausgabe ganz genau übereinstimmt, aber von den alten Ausgaben um $4''''$ 45^{V} abweicht.

[346]) Almagest IV. 7. wird gesagt, die tägliche Bewegung der Anomalie des Hipparch sei zu verkleinern um $0^0\ 0\ 0''\ 0''\ 11''''\ 46^{V}\ 39^{VI}$, daraus folgt eine Verkleinerung der jährlichen um $0^0\ 0'\ 1''\ 11'''\ 38''''\ 47^{V}\ 15^{VI}$, wofür im Text $1''\ 11'''\ 39''''$ gesetzt ist.

[347]) Die Zahlenangaben dieses Capitels bieten, wegen der verschiedenen Lesarten, leider eine grosse Verwirrung dar, und um in denselben einige Ordnung zu schaffen, habe ich in dem Texte durchweg zunächst die Lesarten der Säc.-Ausg. beibehalten, in dem hier Folgenden aber dieselben durch Nachrechnen geprüft und mit den Lesarten der alten Ausgaben und des Almagests verglichen. Es handelt sich überhaupt um drei Bestimmungen, nämlich um

1, die jährliche mittlere Bewegung,
2, die jährliche Bewegung der Anomalie und
3, die jährliche Bewegung der Breite des Mondes.

1, Die jährliche mittlere Bewegung des Mondes haben Hipparch und Ptolemäus (Almagest IV. 7.) übereinstimmend gefunden, und zwar $= 12^{s}\ 129^0\ 37'\ 21''\ 28'''\ 29''''$ I.

Diese Angabe, welche sich auch in allen Ausgaben des Copernicus findet, ist aber nach Anm. [343]) gemäss der von Hipparch und Ptolemäus befolgten Methode nicht genau, und lautet vielmehr

$12^{s}\ 129^0\ 37'\ 21''\ 55'''\ 16''''\ 5^{V}$ II.

Copernicus selbst giebt dieselbe in der Säc.-Ausg. zu $12^{s}\ 129^0\ 37'\ 22''\ 32'''\ 40''''$ III.

und in den alten Ausgaben $12^{s}\ 129^0\ 37'\ 22''\ 36'''\ 25''''$ IV.

In den gleich folgenden Tafeln ist in der Säc.-Ausg. die Angabe III., in den alten Ausgaben die Angabe IV. zu Grunde gelegt. Nach einer Notitz des Herrn M. Curtze ist die Angabe IV. in dem Original Mnscpte. unter der letzten Columne der Tafeln von fremder Hand geschrieben.

Die jährliche mittlere Bewegung des Mondes ist hiernach bei Hipparch kleiner, als bei Copernicus, und zwar nach II u. III um $0''\ 37'''\ 24''''$

„ II u. IV	„	0	41	9
„ I u. III	„	0	3	11
„ I u. IV	„	1	7	56

Die letzte Lesart findet sich in den alten Ausgaben genau, während die Lesart der Säcular-Ausgabe 1 2 49 mit keinem der obigen Resultate übereinstimmt, und doch ist grade diese Angabe im Orig. Mspte. in Worten ausgeschrieben.

2, Die jährliche Bewegung der Anomalie des Mondes hat Hipparch nach Almagest IV. 3

und allen Ausgaben des Copernicus =	$13^c\ 88^0\ 43'\ 8''\ 40'''\ 20''''$	V.
nach Anm.[244]) müsste sie lauten	$13^c\ 88^0\ 43'\ 9''\ 9'''\ 1''''\ 54^{V}\ 25^{VI}$	VI.
Ptolemäus fand dieselbe (Almagest IV. 7.) =	$13^c\ 88^0\ 43'\ 7''\ 28'''\ 41''''\ 13^{V}\ 55^{VI}$	VII.
Copernicus' Angabe nach der Säc.-Ausgabe ist	$13^c\ 88^0\ 43'\ 9''\ 5'''\ 9''''$	VIII.
nach den alten Ausgaben	$13^c\ 88^0\ 43'\ 9''\ 7'''\ 15''''$	IX.

In den gleich folgenden Tafeln ist in der Säcular-Ausgabe die Angabe VIII, in den alten Ausgaben die Angabe IX zu Grunde gelegt, auch hier sind nach Herrn M. Curtze's Angabe die Aenderungen des Orig Mspts. nich von Copernicus' Hand.

Hiernach ist die jährliche Bewegung der Anomalie des Mondes bei Hipparch grösser, als bei Ptolemäus nach VI u. VII um $1''\ 40'''\ 20''''\ 40^{V}$
„ V u. VII „ 1 11 38 46 für diese letztere Angabe haben alle Ausgaben des Copernicus 1 11 39

Ferner ist die jährliche Bewegung der Anomalie des Mondes bei Hipparch kleiner, als bei Copernicus nach V u. VIII um $24'''\ 49''''$, wie die Säc.-Ausg. liest,
„ V u. IX „ 26 55 , wofür die alten Ausgaben
26 56 haben.

Die in Anm.[244]) berechnete jährliche Bewegung der Anomalie würde ergeben, dass dieselbe bei Hipparch grösser als bei Copernicus gewesen wäre, was mit den Worten des Copernicus nicht zu vereinigen ist.

3, Die jährliche Bewegung der Breite des Mondes hat Hipparch nach Anm.[245]) und nach

der Säcular-Ausgabe =	$13^c\ 148^0\ 42'\ 46''\ 49'''\ 3''''$	X.
nach den alten Ausgaben =	13 148 42 46 20 3	XI.
Ptolemäus =	13 148 42 47 12 44 $25^{V}\ 5^{VI}$	XII.
Copernicus nach allen Ausgaben =	13 148 42 45 17 21	XIII.

Hiernach ist die jährliche Bewegung der Breite bei Hipparch kleiner als bei Ptolemäus nach XII u. X um $23'''\ 41''''$, die Säcular-Ausgabe hat dagegen
$53'''\ 41''''$, welche Lesart dadurch entstanden sein kann, dass in Hipparch's Angabe X $19'''$ statt $49'''$ gelesen ist;
nach XII u. XI um $52'''\ 41''''$, was mit den alten Ausgaben genau stimmt.

Ferner ist die jährliche Bewegung der Breite bei Hipparch grösser als bei Copernicus nach XI u. XIII um $1''\ 2'''\ 42''''$, was mit den alten Ausgaben genau stimmt,
„ X u. XIII „ $1''\ 31'''\ 42''''$, die Säcular-Ausgabe hat dagegen
$1''\ 1'''\ 42''''$, welche Lesart wiederum dadurch sich aufklärt, wenn man annimmt, dass in Hipparch's Angabe X. $19'''$ statt $49'''$ gelesen ist.

Woher aber auch in den Tafeln über die jährliche Breite die verschiedenen zu Grunde gelegten Angaben herrühren, lässt sich nicht entdecken, da alle Ausgaben mit der Säcular-Ausgabe in der Angabe XIII. am Schlusse des Capitels 4 übereinstimmen.

[248]) Almagest IV. 6.

[249]) Nach dem Regentencanon fangen die Jahre Hadrian's 863 ägyptische Jahre nach der Nabonassarischen Aera, oder 439 ägyptische Jahre nach dem Tode Alexander's an. Das Ptolemäische Datum der Mondfinsterniss, nämlich das 17te Jahr Hadrian's den 20sten Payni, giebt 16 ägyptische Jahre und 289 Tage nach Hadrian's Regierungsantritt, also hat man

	879 äg. Jahre	289^d	nach Nabonassar oder	455^a	289^d	nach Alexanders Tode
davon ab die Schalttage		220			114	
bleiben	879 röm. Jahre	69^d		455^a	175^d	
Christi Geburt	746	308		323	49	
bleiben	132^a	126^d		132^a	126^d	nach Christi Geburt,

d. h. im Jahre 133 n. Chr. den 6ten Mai, wie im Texte.

[250]) 45^m mittlere Zeit vor Mitternacht sind $23^h\ 15^m\ 0^s$ mittlere Alexandriner Zeit,

Differenz von Alexandrien und Krakau	0	38	36	
folglich	22^h	36^m	24^s	mittlere Krakauer Zeit,
Differenz von Krakau und Frauenburg	0	1	10	
folglich	22^h	35^m	14^s	mittlere Frauenburger Zeit.

[251]) Muss heissen ♉ 13° 15′, wie auch nach der Anm. der Säcular-Ausgabe zu pag. 246 lin. 23 sich in einigen alten Ausgaben finden soll; die Baseler Ausgabe hat dieselbe Lesart wie die Säcular-Ausgabe. Im Almagest steht ♉ 13° 14′.

[252]) Jene 132 römische Jahre und 126^d aus Anm. [249]) sind, um 33 Schalttage vermehrt, 132 ägypt. Jahre und 159^d, danach ergiebt sich

	die einfache gleichmässige Bewegung der Sonne	und gleichmässige Bewegung der Präcession
für 2 × 60^a	329° 38′ 14″	1° 40′ 24″
12^a	356° 57′ 49″ 24‴	0 10 2 25
2 × 60^d	118 16 22	0 0 16
38^d	37 27 11 11	0 0 5 13
$^{80}/_{96}{}^d$	0 54 49 27	0 0 0 7
Ort Christi	272 30	5 32
	1115 44 26 2	7 22 47 45
oder 3^c	35 44 26 2	— 0 46
	6 36 47 45	6 36 47 45
	42° 21′ 13″ 47‴ = ♉ 12° 21′	wie im Text.

[253]) Das Datum dieser Finsterniss fällt 18 ägypt. Jahre und 91 Tage nach dem Regierungsantritte Hadrians,

	also 881 ägypt. Jahre	91 Tage nach Nabonassar oder	457 äg. J.	91^d nach Alexander
davon ab an Schalttagen		220		114
bleiben	880 röm. Jahre	236	456 r. J.	342
Christi Geb.	746	308	323	49
bleiben	133 „ „	293	133 „ „	293 n. Chr.

d. h. im Jahre 134 nach Chr. am 20ten October, übereinstimmend mit dem Texte.

[254]) 1^h vor Mitternacht ist 23^h 0^m 0^s mittlere Alexandriner Zeit
Differenz für Krakau 0 38 36
ergiebt 22^h 21^m 24^s mittlere Krakauer Zeit, Copernicus rechnet die Differenz für Krakau stets zu 1^h, und deshalb steht im Texte 22^h.

[255]) Jene 133 röm. Jahre 293^d aus Anm. [253]) sind 133 ägypt. Jahre und 326^d, dafür ist

	Glchmäss. Bew. d. Sonne	Glchmäs. Präcession	Einfache Anomalie
2 × 60^a	329° 38′ 14″	1° 40′ 24″	12° 34′ 48″
13^a	356° 42 38 31	0 10 52 37	1 21 46 13
5 × 60^d	295° 40 56	0 0 41	0 5 10
25^d	24° 38 24 44	0 0 3 26	0 0 25 50
$^{11}/_{12}{}^d$	0° 54 12 30	0 0 0 7	0 0 0 57
Ort Christi	272° 30	5 32	6 45
zusammen	1281° 4′ 25″ 45‴	7° 24′ 1″ 10‴	20° 47′ 11″ 0″
oder 3^c	200° 4′ 25″ 45‴		doppelt
	6° 38 1 10‴	—0° 46	41° 34′ 22″
		6° 38′ 1″ 10‴	
	206° 42′ 26″ 55‴		

d. h. ♎ 26° 42′ 26″ 55‴, wofür im Texte 26° 43′ steht.

[256]) Das Datum der dritten Finsterniss giebt 19 ägypt. Jahre und 229^d nach dem Regierungsantritte Hadrian's

	also 882 ägypt. Jahre	229^d nach Nabonassar	oder 458 äg. J.	229^d nach Alexander
davon ab Schalttage		220		114
bleiben	882 röm. Jahre	9^d	458 r. J.	115^d
Christi Geb.	746	308	323	49
bleiben	135 „ „	66^d	135 „ „	66^d nach Chr.,

d. h. im Jahre 136 nach Chr. am 7ten März, was mit der Textangabe übereinstimmt.

[257]) 4^h nach Mitternacht ist 16^h 0^m 0^s mittlere Alexandriner Zeit
Differenz von Krakau 0 38 36
folglich 15^h 21^m 24^s mittlere Krakauer Zeit, Copernicus rechnet die Differenz für Krakau stets zu 1^h, und deshalb steht im Texte 15^h.

[258]) Jene 135 röm. J. 66^d aus Anm. [256]) sind 135 ägypt. Jahre 99^d, dafür berechnet sich die einfache gleichmässige Bewegung der Sonne wie folgt:

2×60^a	329°	38′	14″	
15^a	356	12	16	46
1×60^d	59	8	11	22
38^d	37	27	11	11
$^1/_8{}^d$	0	7	23	31
Ort Christi	272	30		
zusammen	1055°	3′	16″	50‴
oder 2^c	355°	3′	16″	50‴
die corr. Präcession	6	38	0	30
zusammen	341°	41′	27″	20‴

oder ♓ 11° 41′, wofür im Texte 11° 44′ steht.

259) Die Sonne stand bei der ersten Finsterniss ♉ 13° 15′ vergl. Anm. 258) = 43° 15′
„ „ zweiten „ ♎ 25° 10′ = 205 10
Differenz = 161° 55′
wie im Text steht.

260) Bei der zweiten Finsterniss stand die Sonne ♎ 25° 10′ = 205° 10′
„ „ dritten „ „ „ „ ♓ 14° 5′ = 344 5
Differenz = 138° 55′, wie in der Säcular-Ausgabe gelesen wird.

261) Die erste Finsterniss fand statt 132 ägypt. Jahre 158d 23h 15m n. Chr. Alex. Zeit
„ zweite „ „ „ 133 „ „ 325 23 0 „ „ „ „
Differenz 1 ägypt. Jahr 166d 23h 45m, was mit dem Text übereinstimmt.

262) $23^3/_8$ Stunden sind = 23h 37m 30s, im Almagest IV. 6 ist diese mittlere Zeit zu 23h 39m angegeben.

263) Die zweite Finsterniss fand statt 133 äg. J. 325d 23h n. Chr. Alexandr. Zeit
„ dritte „ „ „ 135 „ „ 98d 4h „ „ „ „
Differenz 1 äg. J. 137d 5h mit dem Text übereinstimmend.

264) Diese Angabe stimmt mit derjenigen des Almagest's a. a. O. überein.

265)

	Bewegung des Mondes				Einfache Bewegung der Sonne			
für 1^a	129°	37′	22″	36‴	359°	44′	49″	7‴
2×60^d	22	53	23		118	16	22	
46^d	200	46	27	49	45	20	16	42
$23^3/_8{}^h$	12	0	0	57	0	58	12	44
zusammen 1^c	5°	17′	14″	22‴	164°	19′	40″	33‴
	164	19	40	33				
zusammen	169°	36′	54″	55‴				

wofür im Text 169° 37′

266)

	Anomalie des Mondes			
für 1^a	88°	43′	9″	7‴
2×60^d	127	47	53	
46^d	240	59	21	19
$23^3/_8{}^h$	12	51	39	1
zusammen 1^c	110°	22′	2″	27‴

wofür im Text 110° 21′

267)

	Bewegung des Mondes				Einfache Bewegung der Sonne			
für 1^a	129°	37′	22″	36‴	359°	44′	49″	7‴
2×60^d	22	53	23		118	16	22	
17^d	207	14	33	45	16	45	19	13
$5^1/_2{}^h$	2	47	37	22	0	13	38	7
zusammen 1^c	2°	32′	56″	43‴	1^c 135°	0′	3″	27‴
	135	0	3	27				
zusammen	137°	33′	0″	10‴				

was mit dem Text genau übereinstimmt.

[268]) Anomalie des Mondes

	für 1^a	88°	43′	9″	7‴
	2×60^d	127	47	53	
	17^d	222	6	17	0
	$5\frac{1}{2}^h$	2	59	38	37
zusammen	1^c	81°	36′	57″	44‴, wofür im Texte 81° 36′.

[269]) Aus Anm. [259]) hat man 161° 55′
aus Anm. [268]) „ „ 169 37
Differenz 7° 42′ übereinstimmend mit dem Texte.

[270]) Aus Anm. [266]) hat man 138° 55′
aus Anm. [267]) „ „ 137 33
Differenz 1° 22′ mit dem Texte und Almagest IV. 6. übereinstimmend. Die Säc.-Ausg. liest freilich 1° 21′, welche Lesart wir der Folgenden wegen beibehalten wollen. Aus den Anmerkungen [259]) bis [270]) geht nun unzweifelhaft hervor, dass die Stellung der Sonne bei der ersten Finsterniss ♉ 13° 15′ oder 43° 15′, wie dieselbe im Almagest a. a. O. angegeben, wirklich gewesen ist; ebenso dass die Lesart der Säc.-Ausg. bei Anm. [260]) die richtige und die um 1° kleinere der alten Ausgaben falsch ist.

[271]) In der griechischen Ausgabe von Euklids Elementen 1533 und in der lateinischen 1546. Basel, Heruagius ist der hier angewendete Satz der 35ste, während die Säc.-Ausg. denselben als den 30sten bezeichnet. Diese Abweichung könnte ihren Grund darin haben, dass, wie Herr M. Curtze in den Reliqu. Cop. gezeigt hat, Copernicus die Sätze des Euklid nach der Ausgabe des Commandin Venetiis. 1482 citirt; — obgleich ähnliche Abweichungen von den Nummern der Sätze sonst nicht vorkommen.

[272]) Es ist nämlich

$$\begin{aligned} kd^2 &= (km + md)^2 = km^2 + 2km.md + md^2 \\ ld.md &= (2km + md)\, md = \phantom{km^2 +{}} 2km.md + md^2 \\ \hline \text{folglich}\quad kd^2 - ld.md &= km^2 \end{aligned}$$

[273]) Bei der ersten Finsterniss ist der mittlere Ort der Sonne ♉ 12° 21′ oder 42° 21′
und zieht man dies von dem mittleren Orte des Mondes ♏ 9° 53′ „ 219° 53′ ab
so erhält man, wie im Texte, 177° 32′.

[274]) 334° 47′ ist die Lesart der Säc.-Ausg., während die alten Ausgaben 334° 46′ haben. Es ist aber die Bewegung des Mondes und die einfache Bewegung der Sonne

	für 10^a	216°	13′	46″	4‴		357°	28′	11″	10‴	
	5×60^d	57	13	27	35		295	40	56		
	37^d	91	3	27	35		36	28	3		
	$\frac{56}{1440}$	0	28	26	42		0	2	17	59	
zusammen	1^a	4°	59′	7″	56‴	1^c	329°	39′	28″	9‴	
		329	39	28	9						
		334°	38′	36″	5‴,	wofür im Text 334° 47′ steht.					

[275]) Die Anomalie des Mondes ist

	für 10^a	167°	11′	31″	12‴
	5×60^d	319	29	42	30
	37^d	483	24	15	50
	$\frac{56}{1440}$	0	30	29	5
zusammen	2^a	250°	35′	58″	37‴, wofür im Text 250° 36′ steht.

[276]) 1, wahrer Ort der Sonne ♎ 22° 25′ = 202° 25′, mittlerer Ort ♎ 24° 13′ = 204° 13′
2, „ „ „ „ „ ♍ 22° 12 = 172 12 „ „ ♍ 23 49′ = 173 49

329°	47	329°	36′
334	47	334	47
5°		5°	11′

[277]) Bei der zweiten Finsterniss ist der scheinbare Ort der Sonne ♍ 22° 12′ = 172° 12′
„ „ dritten „ „ „ „ „ „ „ ♍ 11 21 = 161 21
Differenz 3—2 = 349° 9′
davon ab 346° 10′
giebt den Rest 2° 59′
was mit dem Texte übereinstimmt.

[278]) bac = 306° 43′ dies vom ganzen Kreise abgezogen giebt
bc = 53° 17′ dies von
acb = 250 36 abgezogen ergiebt
ac = 197° 19′ wie im Text

[279]) Vergl. Buch IV. Cap. 5. Anm. [273]).

[280]) Ptolemäus' zweite Finsterniss war im Jahre 134 n. Chr. October 20, 22^h wahre Zeit
Copernicus' „ „ „ „ „ 1522 „ „ Septemb. 4, $1^h 20^m$ „ „
Diese beiden Zeiten auf ägyptische wahre Zeit reducirt, geben

	$133^a\ 325^d\ 22^h$	$= 21^h\ 45^m\ 6^s$ mittlere Zeit
	$1522^a\ 263^d\ 1^h\ 20^m$	$= 1^h\ 19^m\ 2^s.4$ „ „
Diff.	$1388^a\ 302^d\ 3^h\ 20^m$	$= 3^h\ 33^m\ 56^s.4$ „ „ , wofür im Texte $3^h\ 34^m$ gesetzt ist.

Nach Anm. [284]) war aber die Zeit der zweiten Finsterniss des Ptolemäus nach mittlerer Krakauer Zeit $22^h\ 21^m\ 24^s$, und die der zweiten Finsterniss des Copernicus fand statt
$1^h\ 19^m\ 2^s.4$, was eine Differenz von
$2^h\ 57^m\ 38.4$ ergeben würde.

[281]) Die Säcular Ausgabe liest hier 28′ und dennoch gleich nachher bei Anm. [283]) 26′, was nicht zu vereinigen sein würde, deshalb ist im Texte hier die Lesart der alten Ausgaben 38′ beibehalten.

[282]) Auch hier musste die Lesart der alten Ausgaben 9° 11′ beibehalten werden, obgleich die Säc.-Ausg. 9° 9′ hat, weil sonst die Differenz 38′ bei Anm. [284]), welche sich in der Säc.-Ausg. ebenfalls findet, nicht zu verstehen sein würde.

[283]) Hipparch's und Ptolemäus' Bewegung des Mondes ist 259° 38′ vergl. Anm. [281])
Copernicus' „ „ „ „ 0° 4′
Differenz 0° 26′ was mit allen Ausgaben stimmt.

[284]) Ptolemäus' Anomalie des Mondes ist 9° 11′ vergl. Anm. [282])
Copernicus' „ „ „ „ 9° 49′
Differenz 0° 38′, was mit allen Ausgaben stimmt.

[285]) Die Bewegung des Mondes erhält man aus der Tafel des 4ten Cap. dieses Buches

für 2×60^a	15554°	45′	12″		
13^a	245	5	53	53‴	
5×60^d	3657	13	27		
25^d	304	46	7	17	
$21^h\ 37^m = \frac{1297^d}{1440}$	10	58	48	29	
zusammen 54^c	332°	49′	28″	39‴,	was mit dem Texte stimmt.

[286]) Die Anomalie des Mondes beträgt nach den Tafeln

für 2×60^a	10646°	18′	14″		
13^a	73	20	58	34	
5×60^d	3919	29	42		
25^d	326	35	28	32	
$\frac{1297^d}{1440}$	11	46	3	12	
zusammen 41^c	217°	30′	26″	18‴,	hierfür hat die Baseler Ausgabe 222° 32′, die Säcular-Ausgabe 217° 32′.

[287]) Bei der zweiten Finsterniss des Ptolemäus stand der Mond von der Sonne ab
182° 47′ Anm. [273])
davon ab die Anm. [285]) gefundene Bewegung des Mondes 332 49
giebt 209° 58′, mit dem Texte übereinstimmend.

[288]) Die Anomalie des Mondes war bei der zweiten Finsterniss des Ptolemäus

	64° 38′ IV. 5.
davon ab die Anmerkung [286]) gefundene Anomalie	217 30
giebt	207° 8

wofür alle Ausgaben 7′ lesen.

[289]) In allen Ausgaben steht fälschlich 194½ Tage. Nach Buch III Cap. 22 und 11 beträgt die Zeit, welche zwischen dem Anfange der Olympiaden und dem Anfange der Jahre Christi liegt, 775 ägyptische Jahre $12\frac{1}{2}^d$, zieht man hiervon die erforderlichen Schalttage
193 ab, so erhält man
774 römische Jahre $184\frac{1}{2}^d$, dividirt man mit 4, so ergeben sich
193 Olympiaden, 2 römische Jahre, 184½ Tage, was ich trotz aller entgegenstehenden Lesarten in den Text aufgenommen habe.

[290]) Vergl. Buch III. Cap. 11.

[291]) Die Bewegung des Mondes beträgt nach den Tafeln

für	12×60^a	3328° 31′ 17″
	55^a	289 15 43 22
	12^d	146 17 20 18
	$\frac{97^d}{192}$	6 11 18 35
zusammen	10^c	170° 15′ 39″ 15‴
dies von		209 58 ab
ergiebt		39° 43′, wofür im Texte 39° 48′ steht.

[292]) Die Anomalie des Mondes beträgt nach den Tafeln

für	12×60^a	20677° 49′ 27″
	55^a	199 33 21 38
	12^d	156 46 47 18
	$\frac{97^d}{192}$	6 36 1 56
zusammen	58^c	160° 45′ 37″ 52‴
dies von		207° 7′ ab
ergiebt		46° 21′, was mit dem Texte übereinstimmt.

[293]) Die Bewegung des Mondes beträgt nach den Tafeln

für	5×60^a	17286° 53′ 2″
	23^a	101 19 39 57
	2×60^d	1462 53 23
	10^d	121 54 26 55
	$\frac{733^d}{1440}$	6 12 19 33
zusammen	52^c	259° 12′ 51″ 25‴, dies ab von
		209 58
ergiebt		310° 45′ übereinstimmend mit dem Text.

[294]) Die Bewegung der Anomalie des Mondes beträgt

für	5×60^a	5015° 45′ 36″
	23^a	240 32 29 46
	2×60^d	1567 47 53
	10^d	130 38 59 25
	$\frac{733^d}{1440}$	8 34 46 1
zusammen	19^c	123° 19′ 44″ 12‴ dies ab von
		207 7
ergiebt		83° 47′, wofür im Text
		85° 41′, gelesen wird.

[295]) Die Bewegung des Mondes beträgt

für	45^a	$73^\circ\ 1'\ 57''\ 18'''$
	12^d	146 17 20 18
zusammen		$219^\circ\ 19'\ 17''\ 36'''$ dies ab von
		$209^\circ\ 58$
giebt		$350^\circ\ 39'$ übereinstimmend mit dem Texte.

[296]) Die Bewegung der Anomalie des Mondes beträgt

für	45^a	$32^\circ\ 21'\ 50''\ 26'''$
	12^d	156 46 47 18
zusammen		$189^\circ\ 8'\ 37''\ 44'''$ dies ab von
		207 7
giebt		$17^\circ\ 58'$ übereinstimmend mit dem Texte.

[297]) Epidamnum, später Dyrrhachium, jetzt Durazzo. Die geographischen und astronomischen Bestimmungen der drei im Texte genannten Orte sind folgende:

Namen der Orte	östl. Länge von Greenwich	Unterschied der Sternzeit	Unterschied der mittl. Zeit
Durazzo	$19^\circ\ 27'\ 15''$	$1^h\ 17^m\ 49^s$	$1^h\ 17^m\ 36^s,2516$
Frauenburg	19 40 7,5	1 18 40,5	$1\ 18^m\ 27^s,6109$
Krakau	19 57 46,5	1 19 51,1	$1\ 19^m\ 28^s,0182$

[298]) Vergl. Almagest V. 3.

[299]) Vergl. Buch IV. Cap. 5., wo $\mathfrak{fg}$, hier $\mathfrak{fc}$, $= 8604$, wenn $\mathfrak{df}$, hier $\mathfrak{dc}$, $= 100000$. Da nun hier $\mathfrak{dc} = 10000$, so ist $\mathfrak{fc} = 860,4$, also ungefähr 860, wie im Texte steht. In demselben Cap. 5 ist bei der Discussion der Ptolemäischen Finsternisse $\mathfrak{fc} = 870,6$ gefunden.

[300]) Vergl. Almagest V. 5., wo die Zeit vom Mittag zu Alexandrien $3^h\ 20^m$ gegeben ist, während Hipparch den Tag 6^h früher anfängt, und deshalb die Zeit zu $9^h\ 20^m$ rechnen muss.

[301]) Mit dieser Angabe übereinstimmend liest man im Almagest V. 5. $10^\circ\ 54'$ des Krebses.

[302]) $10^\circ\ 54'$ ♋ sind $100^\circ\ 54'$
der Abstand ☉ ☽ ist 48 6
zusammen $149^\circ\ 0'$ d. i. 29° ♌

[303]) Die geographische Breite des Molo von Rhodos wird in Rümkers Schifffahrtskunde zu $36^\circ\ 26'\ 53''$ angegeben.

[304] Aequinoctialstunden sind gleichbedeutend mit unseren gleichmässigen Stunden, d. h. sie betragen je $1/_{24}$ des bürgerlichen Tages, und haben ihren Namen davon, dass sie um die Zeit der Nachtgleichen den bürgerlichen Tag- und Nacht-Stunden, horae temporales, gleich sind. Die Aequinoctialstunden, welche bei den Alten ὥραι ἰσημεριναί oder horae aequinoctiales hiessen, sind mit den heutigen astronomischen Stunden gleichbedeutend; während die ὥραι καιρικαί, oder horae temporales die jedesmalige Länge des Tages oder der Nacht in zwölf Theile theilten. Letztere verändern sich also mit der geographischen Breite des Ortes und mit den Jahreszeiten; Erstere bleiben für alle Beobachtungsorte und Jahreszeiten sich gleich. Vergl. Ideler, Handbuch I. pag. 86 und 87.

[305]) Ptolemäus sagt im Almagest V. 5.: „quoniam post meridiem diei 17 Pauni 3.20 horis temporalibus facta observatio fuit, quae tunc in Rhodo quatuor proxime faciebant aequales" und setzt später hinzu: „simpliciter quidem 4, exacte autem 3.40." — Mit diesem Gegensatze von simpliciter und exacte wird die Umwandlung der horae temporales in horae aequinoctiales gemeint. Um diese Umwandlung auszuführen, ist zuerst das Datum der besprochenen Beobachtung auf christliche Zeitrechnung zu reduciren. In Buch III. Cap. 11. und den dortigen Anmerkungen haben wir gesehen, dass verflossen sind

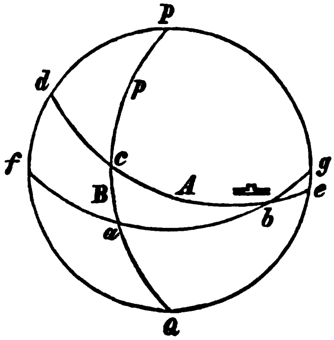
von Alexanders Tode bis Cäsar	278^a	$118^d.5$	
„ Cäsar „ Augustus	15^a	$246^d.5$	
„ Augustus „ Christus	29^a	$130^d.5$	
zusammen	322^a	$495^d.5$	römisch
oder	323^a	$130^d.5$	ägyptisch
von Alexanders Tode bis zu dem fraglichen Datum sind verflossen	196^a	286^d	ägyptisch
bleiben	126^a	$209^d.5$	ägyptisch
davon ab die Schalttage		31 .5	
bleiben	126^a	178^d	römisch

vor Christi Geburt, d. h. im Jahre 127 vor Chr. den 7ten Juli. Der 7te Juli fällt aber 108 Tage nach der Frühlingsnachtgleiche. Da nun vom 21sten März bis zum 21sten September 184 Tage verstrichen, so haben wir

$$184^d : 108^d = 180^0 : x^0$$

woraus sich ergiebt: $x = 105^0\ 39'\ 8''$

also $180^0 - x = 74^0\ 20'\ 52''$



Ist nun **fabg** der Aequator, **dcbe** die Ekliptik, **b** das Herbstäquinoctium, so ist der

Bogen **cb** oder $\mathbf{A} = 74^0\ 20'\ 52''$

Winkel **cba** $= 23^0\ 51'\ 20''$

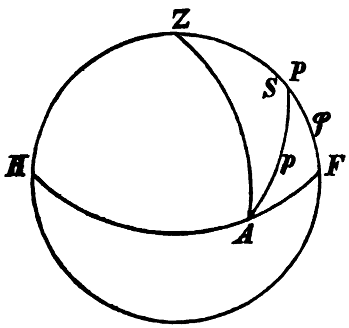
und man hat $\tan \mathbf{B} = \tan \mathbf{b} \cdot \sin \mathbf{A}$

$$\log. \sin \mathbf{A} = 9.98359$$
$$\log. \tan \mathbf{b} = 9.64563$$
$$\log. \tan \mathbf{B} = 9.62922$$

woraus $\mathbf{B} = 23^0\ 4'\ 53''$

also $\mathbf{p} = \mathbf{Pc} = 66^0\ 55'\ 7''$

Wenn ferner **Z** das Zenith. **HAT** der Horizont, **P** der Pol, **A** der Aufgangspunkt des Punktes **c** der vorigen Figur, und **S** der Stundenwinkel **ZPA** ist, so haben wir



$$\cos \mathbf{S} = -\cot \mathbf{p} \cdot \mathrm{tg}\, \varphi$$

oder $\sin (\mathbf{S} - 90^0) = \cot p \cdot \mathrm{tg}\, \varphi$

$\mathbf{p} = 66^0\ 55'\ 7''$

$\varphi = 36^0$

also

$$\log \cot \mathbf{p} = 9.62922$$
$$\log \mathrm{tg}\ \varphi = 9.86126$$
$$\log \sin (\mathbf{S} - 90^0) = 9.49048$$
$$\mathbf{S} - 90^0 = 18^0\ 1'\ 17''$$
$$\mathbf{S} = 108^0\ 1'\ 17''$$

Hiernach hat man obige $3^h\ 20^m$ horae temporales in horae aequinoctiales umzuwandeln, indem man setzen muss

$$90^0 : 108^0\ 1'\ 17'' = 3^1/_3 : x$$

woraus sich ergiebt $x = 4^h\ 0^m\ 2^s.851$ horae aequinoctiales.

[306]) Nach Hipparchs Beobachtung stand ☉ ♋ $10^0\ 54' = 100^0\ 54'$
☾ ♌ $29^0 = 149^0$

also war der beobachtete Abstand zwischen ☉ und ☾ $= 48^0\ 6'$
der wahre Ort der Sonne war aber ♋ $10^0\ 40'$
" " " des Mondes ♌ $28^0\ 37'$
also der wahre Abstand $= 47^0\ 57'$
Differenz $= 0^0\ 9'$, wie im Texte.

[307]) Zur Zeit der mittleren Conjunctionen und Oppositionen ist die halbe Sehne des doppelten Winkels **fdc**, d. h. $\mathbf{cf} = 860$, wenn der Radius 10000 beträgt, also Winkel $\mathbf{fdc} = 4^0\ 56'$, wie im Text.

[308]) Der Durchmesser des kleinen Epicykels, also 2**eg**, ist nämlich $= 2 \times 237 = 474$. Dies zu $\mathbf{ef} = 860$ hinzuaddirt, giebt $\mathbf{cg} = 1334$. Dies als halbe Sehne des doppelten Winkels **gdc** genommen, während der Halbmesser 10000 beträgt, ergiebt den Winkel $\mathbf{gdc} = 7^0\ 40'$, davon abgezogen den Winkel $\mathbf{fdc} = 4^0\ 56'$, ergiebt als Rest $2^0\ 44'$.

[309]) Nimmt man 1123 als halbe Sehne des doppelten Winkels, so ist der entsprechende Winkel genau:

$6^0\ 26'\ 52''.5$, wofür im Texte steht $6^0\ 29'$, zieht man davon ab
$4\ \ 56$ — $4\ \ 56$, so bleibt
$1^0\ 30'\ 52''.5$, " " " " $1^0\ 33'$.

[310]) Berechnet man diese Zahl mittelst der in Anm. [309]) gefundenen Differenz, so ergiebt sich 33′, 247, statt der 34′ des Textes.

[311]) Vergl. Almagest V. 8.

312) Obgleich in dem nächstfolgenden Capitel 12 ausdrücklich gesagt ist, dass die Breite des Mondes dann nördlich ist, wenn dieselbe auf der ersten Tafel steht, dagegen südlich, wenn sich dieselbe auf der zweiten Tafel findet, liest man in allen Ausgaben in dem Kopfe beider Tafeln „nördliche Breite."

313) In allen Ausgaben steht zwar „latitudinis", es giebt dies aber keinen Sinn und muss unzweifelhaft „longitudinis" heissen.

314) Almagest VI. 5.

315) Almagest a. a. O. hat 163° 40′.

316) Almagest IV. 9.

317) Buch IV. Cap. 5.

318) Die alten Ausgaben haben hier 23° 11′, während im Manuscripte des Copernicus 23° 16′ steht.

319) Vergl. Buch III. Cap. 11.

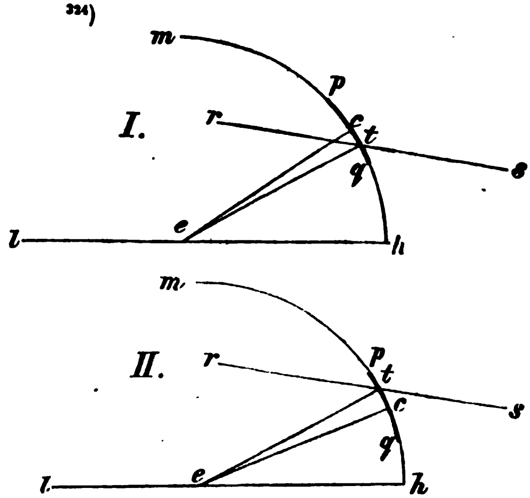
320) Almagest V. 12.

321) Almagest I. 13.

322) Almagest V. 13.

323) Almagest V. 14.

324)



Die Figur I bezieht sich auf die erste der im Texte erwähnten Mondfinsternisse, die Figur II auf die zweite. In beiden Figuren liegen die Linien **leh** in der Ekliptik, und bezeichnen also die Axen des Schattens der Erde; die Bogen **mpqh** gehören den durch den Mittelpunkt des Mondes gelegten Längenkreisen an, der Theil **pq** derselben bezeichnet den Durchmesser des Mondes = 31′ 20″ = 12 Zoll; **rs** ist die in der Ebene des Längenkreises gelegene Grenzlinie des Erdschattens, welche den Monddurchmesser in **t** trifft, während **c** der Mittelpunkt des Mondes ist.

Nun ist der Winkel **ceh** bei der ersten Finsterniss 47′ 54″, bei der zweiten 29′ 37″
und „ „ **tec** „ „ „ „ 7′ 50″, „ „ „ 10′ 27″
Differenz = 40′ 4″, Summa = 40′ 4″,
wie im Text.

325) Almagest V. 15.

326) Die Säc.-Ausg. liest hier $60 : 58^{50}/_{60}$, während es nach der kurz vorhergehenden Berechnung heissen muss $60 : 56^{49}/_{60}$. Die Baseler Ausgabe hat $60 : 58^{40}/_{60}$. Die gleich nachfolgende Bestimmung von **ld** und **kl** lässt über die Richtigkeit der Lesart $56^{49}/_{60}$ gar keinen Zweifel übrig; denn wenn

$$ke : ep = 60 : 56^{49}/_{60}$$

so muss auch $kd : ld = 60 : 56^{49}/_{60}$

oder $kd - ld : kd = 60 - 56^{49}/_{60} : 60$

oder $kl : kd = 3^{11}/_{60} : 60$

[327]) Diese Zahl müsste richtiger lauten 253, denn

$$km : ks = 14^{22}/_{60} : 60$$

oder $64^{1}/_{6} : ks = 14^{22}/_{60} : 60$, was für $ks = 252{,}9$ ergiebt.

[328]) Diese Behauptung stützt sich auf das Ende des Cap. 30 des Liber Machometi Geber, qui vocatur Albategni. 1537.

[329]) Vergl. Buch IV. 17.

[330] Zur Uebersicht der Zahlenangaben dieses Capitels diene nachstehendes Täfelchen

Grenzen.		Entfernung des Mondes in Erdhalbmessern.	Horizontal-Parallaxe des Mondes.	Scheinbarer Durchmesser des Mondes.	Scheinbarer Durchmesser des Schattens.
I	Grösste Entferoung in der Quadratur	$68^{7}/_{21}$	50′ 18″	28′ 45″	—
II	Grösste Entfernung in der Syzygie	$65^{1}/_{2}$	52′ 24″	30′od 29′58″	80′ 36″
III	Kleinste Entfernung in der Syzygie	$55^{2}/_{15}$	62′ 21″	35′ 38″	95′ 44′
IV	Kleinste Entfernung in der Quadratur	$52^{17}/_{60}$	65′ 45″	37′ 34″	—

[331]) Vergl. Buch IV. 20.

[332]) Die Baseler Ausgabe hat hier fälschlich 14′ 8″.

[333]) Man hat offenbar $1 : 1142 = \sin ago : \sin cag$, setzt man nun den Winkel $acg = \alpha$ und $ago = \beta$, so ist

$$\begin{aligned} 1 : 1142 &= \sin\beta : \sin(\alpha + \beta) \\ &= \sin\beta : \sin\alpha \cos\beta + \cos\alpha \sin\beta \\ &= 1 : \sin\alpha \cot\beta + \cos\alpha \end{aligned}$$

folglich $\dfrac{1142 - \cos\alpha}{\sin\alpha} = \cot\beta$; setzt man nun $\alpha = 30^0$, so ergiebt sich $\beta = 1' \, 35''$, wofür im Text 1′ 30″ steht; setzt man aber $\alpha = 60^0$, so ergiebt sich $\beta = 2' \, 39'$, wofür im Text 2′ 36″ steht.

[334]) Diese Parallaxe würde nur für das Apogeum des Mondes gelten, für das Perigeum müsste man dieselbe Correction 4′ 50″ von der zweiten rectificirten Parallaxe des Mondes, also von 5 ′ 3′′ abziehen, und man erhielte 46′ 23″ als Parallaxe des Mondes für das Perigeum.

Der nun folgende Schluss des Capitels 25 findet sich ausschliesslich in der Säc.-Ausg. und ist dem Manuscripte entnommen.

[335]) Copernicus will hier offenbar den Stern α Tauri, also den Aldebaran, bezeichnen. Der Name Palilicium, — wohl besser Parilicium, auch Parelicium, — umfasst die sämmtlichen Hyaden, wie aus Plinius' Historia naturalis XVIII. 26 hervorgeht, wo es heisst: „XIV. kalend. Maias Aegypto suculae“, die Hyaden, „occidunt vesperi, sidus vehemens et terra marique turbidum, XVI. Atticae, XV. Caesari, continuo quatriduo significant, Assyriae autem XII. kalend. Mai.; hoc est vulgo appellatum sidus Parilicium, quoniam XI kalend. Majas urbis Romae natalis habetur, quo fere serenitas redditur; claritatem observationi dedit; nimborum argumento h y a d a s appellantibus Graecis eas stellas, nostri a similitudine cognominis Graeci propter sues inpositum arbitrantes inperitia appellavere suculas.“ Ausg. von Julius Sillig Vol. III. p. 200. — Die Hyaden wurden aber von den Römern Sidus Parilicium genannt, weil sie um den 21sten April, — XI. kalend. Maias, — an welchem Tage das Hirtenfest Parilia oder Palilia, gefeiert wurde, und nach einer alten Tradition Rom gegründet war, — in der Abenddämmerung verschwanden. Siehe Ideler's Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen pag. 140.

[336]) Dieser Satz findet sich in Ἀρχιμήδους κύκλου μέτρησις · πρότασις γ′ und lautet daselbst: „Παντὸς κύκλου ἡ περίμετρος, τῆς διαμέτρου, τριπλασίων ἐστὶ, καὶ ἔτι ὑπερέχει, ἐλάσσονι μὲν ἢ ἑβδόμῳ μέρει τῆς διαμέτρου, μείζονι δὲ ἢ δέκα ἑβδομηκοστομόνοις.“ Die lateinische Uebersetzung der Oxforder Ausgabe v. 1792 von Torelli lautet folgendermaassen: „Cujuslibet circuli ambitus diametri est triplus, et adhuc parte quadam excedit, quae quidem minor est septima diametri parte, major vero decem septuagesimis primis.“ Vergl. die angeführte Ausgabe Seite 205 und 206.

337) Diese Angabe findet sich im Almagest VI. 7. und nähert sich der gebräuchlichen Ludolfschen Zahl bis auf ungefähr 0,00007, denn sie giebt ausgerechnet 3,141666....., während der Anfang der Ludolfschen Zahl 3,14159265 lautet.

338) Im Manuscripte waren, nach der Säc.-Ausg., hier die einleitenden Worte dieses Buches abgeschlossen, und das erste Capitel, unter derselben Ueberschrift, welche, wie in den übrigen Ausgaben, so auch in der Uebersetzung beibehalten ist, begann mit folgenden Worten: „Da nun die Planeten in verschiedenen Weisen nach Länge und Breite sich bewegen, und ihre Abweichungen nach beiden Seiten hin ungleichmässig und scheinbar sind, so war es der Mühe werth, ihre mittleren und gleichmässigen Bewegungen zu entwickeln, um aus denselben den Unterschied der Ungleichmässigkeit ableiten zu können. Um aber die Gleichmässigkeit zu erfahren, muss man die Umlaufszeiten kennen, in welchen die einer vorhergehenden ähnliche Ungleichmässigkeit wiederkehrt, wie wir das bei der Sonne und dem Monde ausgeführt haben.“ Vergl. Säc.-Ausg. pag. 307. Anm.

339) An dieser Stelle fährt das Manuscript so fort: „und die unter einander so zusammenhängenden Bewegungen beider verrathen und ergeben die einfache Bewegung der Erde, die man der Sonne zuschreibt, sintemal man in dem ganzen Werke und hier besonders eingedenk sein muss, dass das, was man im gemeinen Leben von der Bewegung der Sonne sagt, immer von der Bewegung der Erde zu verstehen ist.“ Vergl. Säc.-Ausg. pag. 308.

340) Almagest IX. 3.

341) Die Zahlen der hier folgenden Tafeln stimmen mit den aus dem Manuscripte in das erste Capitel dieses Buches übertragenen nicht in allen Theilen überein. Die alten Ausgaben haben diese Zahlen aus den Tafeln in den Text aufgenommen, die Säc.-Ausg. hat sich an das Manuscript gehalten, und die vorliegende Uebersetzung ist darin der Säc.-Ausg. gefolgt.

342) Buch IV. Cap. 2.

343) Die Sätze des Apollonius von Perga, auf welche Copernicus sich hier bezieht, finden sich: Almagest XII. 1.

344) Die hier nachgewiesene Abweichung vom Kreise erinnert an die Ellipse, und Kepler sagt darüber in seinem Werke De motibus stellae Martis I Cap. 4, wo er überhaupt dies ganze Capitel des Copernicus bespricht: „Hanc exorbitationem itineris planetarii a perfectione circuli Ptolemaeus Copernico jure objecerit: ego non objicio. Nam infra demonstrabitur parte quarta, physicis duabus virtutibus potestate simplicibus ad movendum planetam concurrentibus necessario effici, ut planeta a circulo parumper deflectat, non excurrendo quidem, ut in hac hypothesi Copernicana, sed contrariam in plagam ad centrum, sc. ingrediendo.“

345) Die hier benutzten alten Beobachtungen finden sich im Almagest XI. 5. Das Datum der ersten ist in dem lateinischen Texte aller Ausgaben des Copernicus auf den 7ten Mechyr angegeben, während im Almagest a. a. O. der 7te Pachon gelesen wird. Legt man diese Lesart des Almagest zu Grunde, und reducirt auf das christliche Datum: so hat man, weil die Epoche der Aera Nabonassar's (vergl. Ideler, historische Untersuchungen über die Beobachtungen der Alten pag. 22) im Jahre 747 vor Christo am 26sten Februar 12ʰ Mittags Alexandriner Zeit fällt:

	746ᵃ	309ᵈ	römisch vor Christo
dazu die Schalttage		186ᵈ	
ergiebt	747ᵃ	130ᵈ	ägyptisch vor Christo.

Vom Anfange der Aere Nabonassers bis Hadrian sind verflossen	863ᵃ		ägyptisch
die Beobachtung liegt im 11ten Jahre Hadrians, also kommen hinzu	10		„
ergiebt	873ᵃ		ägyptisch.
Der Monat Pachon ist der 9te, es sind also verflossen 8 Monate =		240ᵈ	
und vom Monat Pachon noch		6ᵈ	
ergiebt	873ᵃ	246ᵈ	ägyptisch.

Man hat also von Nabonassar bis zur Beobachtung	873ᵃ	246ᵈ	
davon ab von Nabonassar bis Christus	747	130	
bleiben	126ᵃ	246ᵈ	ägyptisch.
davon ab die Schalttage		31	
bleiben	126ᵃ	85ᵈ	römisch von Christus bis zur

Beobachtung, d. h. die Beobachtung fand statt im Jahre Christi 127 den 26sten März. Und auf dieses christliche Datum hat Copernicus auch die erste Beobachtung des Ptolemäus reducirt, folglich hat ihm das ägyptische Datum, wie es sich im Almagest findet, vorgelegen, und der Monatsname Mechyr für Pachon ist ein Schreibfehler, der auch in das Original-Manuscript, welches der Säc.-Ausg. zu Grunde liegt, übergegangen ist.

[346]) Ptolemäus giebt a. a. O. den Ort des Saturn in 1° 13′ ♎ an, d. h. 181° 13′ vom Frühlingsnachtgleichenpunkte, dieser Punkt steht von ♈ des Widders für Ptolemäus um 6 40 ab,
also war der Ort Saturns zur Zeit dieser Opposition von ♈ des Widders gerechnet 174° 33′,
wofür im Text 174° 40′ gelesen wird.

[347]) Im Almagest a. a. O. ist gesagt: „post meridiem diei 18 quatuor horis", dies ergiebt nach Abzug von einer Stunde, wodurch Copernicus die Alexandriner Zeit auf Krakauer zu reduciren pflegt, 3 Uhr Nachmittags, also 15 Stunden nach Mitternacht Krakauer Zeit. Dies stimmt auch mit der ferneren Rechnung sowohl des Ptolemäus, als auch des Copernicus überein, welche zwischen der ersten und zweiten Beobachtung ausser den Jahren und Tagen 22 Stunden ansetzen. Nun ist aber $17 + 22 = 39$ und davon ab 24 ergiebt 15 Stunden nach Mitternacht. — Im Texte des Copernicus Säc.-Ausg. pag. 328 linea 14 muss also quindecim statt undecim gelesen werden, was sich auch zwei Zeilen später in allen Ausgaben bestätigt.

[348]) Ptolemäus a. a. O. hat für diesen Ort Saturns ♐ 9° 40′ d. h. 249° 40′ vom ♈, davon ab die Länge von ♈ des Widders nach Ptolemäus, nämlich 6° 40′ giebt den Abstand Saturns bei der zweiten Opposition von ♈ des Widders 243° 0′, wofür im Texte aller Ausgaben 243° 3′ steht.

[349]) Ptolemäus giebt diesen Ort Saturns ♑ 14° 14′ an d. h. 284° 14′ vom ♈, davon ab die Länge von ♈ des Widders 6 40 giebt den Abstand Saturns bei der dritten Opposition von ♈ des Widders 277° 34′, wofür im Texte aller Ausgaben 277° 37′ steht.

[350]) Die Zeiten aller drei Oppositionen liegen nach der Nabonassarischen Aere, in ägyptischen Jahren ausgedrückt:

1,	873ª	246ᵈ	6ʰ	
				Differenz 6ª 70ᵈ 22ʰ oder 55ᴵ
2,	879ª	317ᵈ	4ʰ	
				Differenz 3ª 35ᵈ 20ʰ oder 50ᴵ
3,	882ª	353ᵈ	0ʰ	

[351]) Die Oerter des Saturn bei allen drei Oppositionen sind nach den Aufstellungen des Copernicus

1,	174°	40′	
			Differenz 68° 23′, die Baseler Ausgabe hat hier fälschlich 58° 23′
2,	243	3	
			Differenz 34° 34′
3,	277	37	

[352]) Nach der Tafel über die parallactische Bewegung des Saturn Buch V Cap. 1 erhält

man für	6ª	285°	12′	18″	58‴		
	60ᵈ	57	7	44	5		
	10ᵈ	9	31	17	20		
	55ᴵ	0	52	22	5	24⁗	
zusammen		352°	43′	42″	28‴	24⁗,	wofür im Texte 352° 44′ steht, dies von 360° ab-
gezogen, giebt		7°	16′	17″	31‴	36⁗,	hierzu die Differenz aus Anm. [351])
		68°	23′				
giebt		75°	39′,				wie im Text.

[353]) In derselben Weise, wie in Anm. [352]) ergiebt sich die parallactische Bewegung des

Saturn für	3ª	322°	36′	9″	29‴		
	35ᵈ	33	19	30	42		
	50ᴵ	0	47	36	26	44⁗	
zusammen		356°	43′	16″	37‴	44⁗,	dafür steht im Text 356° 43′, dies von 360° abge-
zogen, giebt		3°	16′	43″	22‴	16⁗,	hierzu die Differenz aus Anm. [351])
		34	34				
giebt		37°	50′	43″,			dafür im Text 37° 51′.

[354]) Diese Angaben finden sich im Almagest XI. 5. gegen Ende, lauten aber dort in derselben Reihenfolge so: 57° 5′, 18° 38′, 59° 30′.

[355]) Almagest XI. 6.

356) Für diese Zahl steht im Manuscript und in der Nürnberger und Baseler Ausgabe 1016; die im Texte der Uebersetzung aufgenommene Angabe der Säc.-Ausg. 1139 ist aber die richtige, denn die Proportion $60 : 6^5/_6 = 10000 : x$ ergiebt $x = 1138{,}88\ldots$ und nicht 1016. Auch beziehen sich die in den eben bezeichneten Ausgaben selbst gleich folgenden Zahlen auf den richtigen Werth $x = 1139$, und passen nicht zu 1016, denn $^3/_4 \times 1138{,}888\ldots$ ist $= 854{,}166\ldots$ und $^1/_4 \times 1138{,}88\ldots$ ist $= 284{,}722\ldots$, für welche letztere Zahl im Texte 285 gebraucht wird.

357) In den alten Ausgaben steht hier 18° 26′, das Druckfehlerverzeichniss der Nürnberger Ausgabe, das Manuscript und die Säc.-Ausg. lesen 18° 36′, die Warschauer Ausgabe hat allein 18° 38′. Die übrigen Zahlenangaben über die hier zu berücksichtigenden Winkel lassen sich nur mit der letzteren Lesart vereinigen: denn der Nebenwinkel **bdf** von dem Winkel **bde**, welcher 161° 22′ betragen soll, kann nur 18° 38′ sein, ebenso bedingen die inneren Winkel **ebd** = 1° 27′ und **bed** = 17° 11′ den Aussenwinkel **bdf** = 18° 38′ u. s. w. Deshalb ist in dem Texte der Uebersetzung dieser Winkel = 18° 38′ gesetzt.

358) In allen Ausgaben ohne Ausnahme steht zwar hier terrae statt solis, dennoch erfordert der Sinn der Stelle solis, und ist im Texte der Uebersetzung danach verfahren.

359) Das erste Datum dieser Beobachtungen giebt 1513^a 124^d 22^h 48^m römisch

dazu die Schalttage		378			
giebt	1514^a	137^d	22^h	48^m	ägyptisch
Die zweite Opposition soll um	6	70	13	12	ägyptisch später
fallen, also	1520^a	208^d	12^h	0^m	ägyptisch n. Chr.
davon ab die Schalttage		379			
bleibt	1519^a	194^d	12^h	0^m	röm. n. Christus

dies führt aber auf das Jahr Christi 1520 den 13ten Juli, oder tertio Idus Julii, wie im Texte steht. Die in den Anmerkungen der Säc.-Ausg. pag. 333 zu lin. 2 mitgetheilte Lesart des Original-Manuscripts: decimo Kalendis Augusti ante meridiem, würde den 23ten statt des 13ten Juli als Datum der zweiten Beobachtung bezeichnen, was mit den übrigen Zahlenangaben dieses Capitels nicht zu vereinbaren sein würde.

Die dritte Opposition soll	7^a	89^d	18^h	24^m	ägyptisch später
fallen, als die zweite, addirt man also	1520	208	12	0	ägyptisch
so erhält man	1527^a	298^d	6^h	24^m	ägyptisch
davon ab die Schalttage		381			
bleibt	1526^a	282^d	6^h	24^m	römisch nach Christus

und dies führt auf das Jahr Christi 1527 den 10ten October, was auch mit dem Texte: sexto Idus Octobris, übereinstimmt.

360) Der erste Ort Saturns ist 205° 24′, der zweite soll davon um
68° 1′ unterschieden sein, so liest die Säc.-Ausgabe p. 333 lin. 8. und das Druckfehlerverzeichniss der Nürnberger Ausgabe, während die Baseler Ausgabe den Druckfehler der Original-Ausgabe 78° 1′ beibehalten hat.

Dies giebt 273° 25′, wie in der Säcular-Ausgabe steht, die alten Ausgaben lesen fälschlich 272° 25′.

Der dritte Ort Saturns ist um 86° 42′ davon unterschieden,

dies giebt 360° 7′, wie die Säcular-Ausgabe pag. 333 lin. 5 liest.

361) Nach den Tafeln der parallactischen Bewegung des Saturn Buch V. Cap. 1 erhält man für

	6^a	285°	12′	18″	58‴		
	60^d	57	7	44	5		
	10^d	9	31	17	20		
	33^I	0	31	25	15	14⁗	
zusammen		352°	22′	45″	38‴	14⁗	als die parall. Bewegung
dies abgezogen von		360°					
bleibt		7°	37′	14″	21‴	46⁗	
dazu die erscheinende Bewegung		68°	1				
giebt als mittlere Bewegung		75°	38′,				wofür im Texte 75° 39′ steht.

362) Nach denselben Tafeln wie in vor. Anm. erhält man

für	7^a	272^0	$44'$	$22''$	$7'''$	
	60^d	57	7	44	5	
	29^d	27	36	44	18	
	46^I	0	43	47	55	$47''''$
giebt als parall. Bew.		358^0	$12'$	$38''$	$25'''$	$47''''$
dies ab von		360				
bleibt		1^0	$47'$	$21''$	$34'''$	$13''''$
dazu die erscheinende Bew.		86^0	$42'$			
giebt die mittlere Bewegung		88^0	$29'$	mit dem Texte übereinstimmend.		

363) Die Berechnung durch Logarithmen der Sinusse ergiebt:

$\log \sin 93^0\, 18' = \log \sin 86^0\, 42' = 9.99928-10$

dazu $\log 20000 = 4.30103$

4.30031

Numerus dazu $= 19971$, wofür im Text 19953

364) Ebenso wie in voriger Anm. $\log \sin 42^0\, 27'\, 30'' = 9.82934-10$

$\log 20000 = 4.30103$

4.13037

Num. $= 13501$ mit dem Text übereinstimmend.

365) Winkel **bda** $= 68^0\ 1'$

bdc $= 86^0\ 42'$

adc $= 154^0\ 43'$

366) Die mittlere Bewegung des Saturn von **a** bis **b** betrug $75^0\ 39'$

„ **b** „ **c** „ $88^0\ 29'$

also „ **a** „ **c** „ $164^0\ 8'$

367) Vergl. das vorige Cap. bei Anm. 355) dort findet sich $6^p\ 50^I$ angegeben, hier $7^p\ 12^I$, der Unterschied beträgt also 22^I.

368) Dieser Bogen ist in der Nürnberger und Baseler Ausgabe an dieser Stelle zu $70^0\ 39'$ angegeben, im offenbaren Widerspruche mit der obigen Stelle bei Anmerkung 361).

369) Die hier gemeinten beiden Beobachtungen sind die dritte des Ptolemäus und die dritte des Copernicus.

370)

Das Ptolemäische Datum giebt	135^a	189^d	11^h		römisch nach Christus
das Copernicanische „ „	1526	282	6	24^m	„ „ „
Differenz	1391^a	92^d	19^h	24^m	römisch
dazu die Schalttage		348			
giebt	1392^a	75^d	19^h	24^m	oder 48^I ägyptisch, übereinstimmend mit dem Texte.

371) Die Tafel der parallactischen Bewegung Saturns Buch V. Cap. 1. ergiebt für

23×60^a	$60\,(60+13)^0$ und	17^0	$12'$	$42''$			
12^a	60×3^0 „	30	24	37	$56'''$		
60^d		57	7	44	5		
15^d		14	16	56	1		
48^I		0	45	42	11	$16''''$	
zusammen eine Bewegung von	$12^0\ 60 \times 5^0$ und	59^0	$47'$	$42''$	$13'''$	$16''''$,	wofür im Text $59^0\ 48'$ steht.

372) Die Tafel der einfachen Bewegung der Sonne, Buch III. Cap. 14. ergiebt für

23×60^a	60×354^0 und	10^0	$49'$	$42''$		
12^a	$60 \times\ 5^0$ „	56	57	49	$24'''$	
60^d		59	8	11	22	
15^d		14	47	.2	50	
48^I		0	47	18	33	$5''''$

also ist die einfache Bew. der Sonne $= 60 \times 360^0$ und $82^0\ 30'\ 4''\ 9'''\ 5''''$

davon ab, nach dem Texte, $359^0\ 45'$, was nach Anm. 371) eigentlich $359^0\ 48'$ heissen müsste, lässt als mittl. Bew. Saturns $82^0\ 45'$.

373) Copernicus hat den Umlauf Saturns Buch I. Cap. 10. auf 30 Jahre angesetzt; dividirt man damit in jene 1392 Jahre der Anm. 370), welche zwischen den beiden hier verglichenen Beobachtungen liegen, so ergiebt sich $46^2/_{15}$; also war Saturn seit der Beobachtung des Ptolemäus in seinem 47ten Umlaufe begriffen, als Copernicus seine dritte Beobachtung anstellte.

374) Zur Zeit der Beobachtung des Ptolemäus war der Ort der grössten Abside $226^\circ\ 23'$
Buch V. Cap. 5. Zur Zeit der Beobachtung d. Copernicus „ „ „ „ „ „ 240 21
Buch V. Cap. 6. Differenz $13^\circ\ 58'$

375) Das christliche Datum der dritten Ptolemäischen Beobachtung ergiebt $135^a\ 189^d\ 11^h$ römisch, dazu die Schalttage 33
giebt $135^a\ 222^d\ 11^h$
oder 27^I ägyptisch, wie im Text.

376) Die Tafel der parallactischen Bewegung Saturns Buch V. Cap. 1. ergiebt für

2×60^a	$60 \times 335^\circ$ und	4°	$6'$	$19''$			
15^a	$60 \times 2^\circ$ „	53	0	47	$25'''$		
3×60^d	$60 \times 2^\circ$ „	51	23	12			
42^d		39	59	24	51		
27^I		0	25	42	28	$50''''$	
zusammen 56°	180°	148°	$55'$	$25''$	$44'''$	$50''''$	

$\underbrace{180^\circ\ \ 148^\circ}_{328^\circ}$ $55'$, wie im Text.

377) Es sind hier die Sterne π und δ Scorpii gemeint, vergl. Sternverzeichniss Buch II. Cap. 14. Seite 113 und Bode, Cl. Ptolemäus' Beobachtung und Beschreibung der Gestirne und der Bewegung der himmlischen Sphäre. 1795. Seite 160.

378) Das Datum des Textes ergiebt einen Zeitraum von $1513^a\ 54^d\ 5^h$ römisch
dazu die Schalttage 378
giebt $1514^a\ 67^d\ 5^h$ od. $12^I\ 30^{II}$ ägypt.,
dafür steht in allen Ausgaben 1514 77 13^I. Diese Anzahl der Tage ist aber gewiss ursprünglich ein Schreibfehler, was sich auch bei den Berechnungen des mittleren Ortes der Sonne und des Saturns, wie dieselben in der nächsten Anm. dargelegt werden, bestätigt.

379) Die in der vorigen Anm. verglichenen Angaben über denselben Zeitraum, zerlegen sich so

1514^a	77^d	13^I	1514^a	67^d	$12^I\ 30^{II}$
$25 \times 60^a + 14^a$	$60^d + 17^d$	13^I	$25 \times 60^a + 14^a$	$60^d + 7^d$	$12^I\ 30^{II}$

Nun ergiebt die Tafel der einfachen gleichmässigen Bewegung der Sonne Buch III. Cap. 14. für

25×60^a	$353 \times 60^\circ + 40^\circ$	$27'$	$56''$				
14^a	$5 \times 60^\circ + 56$	27	27	$38'''$			
60^d	59	8	11	22			
17^d	16	45	19	13			
13^I	0	12	48	46	$27''''$		
Ort Christi	272	32					
zusammen	$358 \times 60^\circ + 445^\circ$	$33'$	$42''$	$59'''$			
oder	$60^c + 325^\circ$	$34'$					

alle Ausgaben lesen nun $315^\circ\ 41'$.

25×60^a	$353 \times 60^\circ + 40^\circ$	$27'$	$56''$			
14^a	$5 \times 60^\circ + 56$	27	27	$38'''$		
60^d	59	8	11	22		
7^d	6	53	57	19		
12^I	0	11	49	38	$16''''$	
30^{II}	0	0	29	34	6	
Ort Christi	272	32				
zusammen	$358 \times 60^\circ + 435^\circ$	$41'$	$51''$	$31'''$	$22''''$	
oder	$60^c + 315^\circ$	$41'$				

380) Im ursprünglichen Texte steht hier „die Anomalie der parallactischen Bewegung des Saturn", die alten Ausgaben haben „die parallactische Bewegung der Anomalie des Saturn", es ist aber in der That dasjenige gemeint, was bisher einfach „die parallactische Bewegung" genannt worden ist, was sich aus der Berechnung der gleich folgenden Anmerkung bestätigt.

381) Nach der Tafel der parallactischen Bewegung Saturns Buch V. Cap. 1. ist dieselbe

für	25×60^a	$48 \times 60^\circ + 21^\circ$	$19'$	$1''$				
	14^a	$3 \times 60 + 5$	28	44	$15'''$			
	60^d	57	7	44	5			
	7^d	6	39	54	8			
	12^I	0	11	25	32	$49''''$		
	30^{II}	0	0	28	33	52	3^V	
	Ort Christi	205	49					
	Zusammen	$51 \times 60^\circ + 296^\circ$	$36'$	$17''$	$34'''$	$41''''$		
	oder	9^c 116°	$36'$	$17''$	$34'''$	$41''''$	dies von der einfachen Bewe-	
gung der Sonne		315°	41	51	31	22	abgezogen	

giebt die mittlere Bewegung Saturns $= 199^\circ\ 4'\ 33''\ 56'''\ 41''''$, wofür die Ausgaben haben

199° 10', während die parallactische Bewegung Saturns in den Ausgaben angegeben wird zu 116° 31' statt zu 116° 36'. Im Texte der Uebersetzung sind die Zahlenangaben der Säcular-Ausgabe beibehalten.

[382]) Vergl. Buch V. Cap. 6 gegen Ende.

[383]) Vergl. Anm. [381]), wo dieser Winkel = 116° 36' gefunden ist. Dort ist dieser Winkel im Text = 116° 31' hier = 116° 33' angegeben. Da nun die abzuziehende Prosthaphärese hm eben = 4° 6' gefunden und die Differenz zu 112° 25' angegeben ist, so ist bei der Berechnung dieser Differenz auch hier = 116° 31' angenommen, wie die Amsterdamer und Warschauer Ausgaben lesen.

[384]) 180° — 112° 25' = 67° 35' so lesen wieder die am Schlusse der vorigen Anmerkung bezeichneten Ausgaben, während die übrigen Ausgaben 31' haben.

[385]) Im Almagest XI. 6. gegen Ende ist el = $6^p\ 30^l$ angegeben.

[386]) Im Almagest XI. 1. zu Anfange ist dieser Ort Jupiters zu 23° 51' Scorpionis angegeben.

[387]) Im Almagest XI. 1. ist dieser Ort Jupiters zu 7° 54' Piscium angegeben.

[388]) Ptolemäus giebt diesen Ort Jupiters zu 14° 23' Arietis, Almagest XI. 1., an. Die Correction wegen des Vorrückens der Frühlingsnachtgleichen ist bei allen drei Beobachtungen zu 6° 38' angenommen, so dass sich die Oerter in Bezug auf die Fixsternsphäre folgendermassen ergeben:

1, 233° 11' — 6° 38' = 226° 33'
2, 337° 54' — 6° 38' = 331° 16'
3, 14° 23' — 6° 38' = 7° 45'

[389]) Die Data dieser drei Ptolemäischen Beobachtungen liegen nach ägyptischer Zeitrechnung und nach Regierungsjahren Hadrians

1,	16^a	300^h	11^h	Differenz	3^a	106^d	23^h
2,	20	42	10	„	1	37	7
3,	21	79	17				

[390]) Die Oerter Jupiters bei allen drei Beobachtungen sind:

1,	226° 33'	Differenz	104° 43'
2,	331° 16'	„	36° 29'
3,	7° 45'		

[391]) Nach der Tafel der parallactischen Bewegung des Jupiter, Buch V. Cap. 1., hat man für

	3^a	268°	15'	24''	45'''		
	60^d	54	9	3	49		
	46^d	41	30	56	55		
	57^I	0	51	26	36	37''''	
	30^{II}	0	0	27	4	31	54^V
zusammen		364°	47'	19''	10'''	8''''	54^V
dies von 2×360° abgezogen giebt		355°	12'	40''	50'''		
hierzu die Differenz aus Anm. [390])		104°	43'				
giebt		99°	55'	wie im Text.			

[392]) Ebenso erhält man für

	1^a	329°	25'	8''	15'''		
	37^d	33	23	35	21		
	17^I	0	15	20	34	4''''	
	30^{II}	0	0	27	4	31	54^V
zusammen		363°	4'	31''	14'''	35''''	54^V
dies von 2 × 360° abgezogen giebt		356	55	28	46		
hierzu die Differenz aus Anm. [390])		36	29				
giebt		33°	24',	wofür im Texte 33° 26' steht.			

[393]) Die Data dieser drei Beobachtungen geben auf ägyptische Jahre ruducirt, folgende Zeiträume

1,	1519^{a} 120^{d} 11^{h} röm.		
Schalttage	379	1520^{a} 134^{d} 11^{h} ägyptisch	
2,	1525^{a} 331^{d} 3^{h}	römisch	Differenz 6^{a} 212^{d} 16^{h} od. 40^{I}
Schalttage	381	1526^{a} 347^{d} 3^{h} ägyptisch	
3,	1528^{a} 31^{d} 19^{h}		Differenz 2^{a} 66^{d} 16^{h} od. 40^{I}
Schalttage	382	1529^{a} 48^{d} 19^{h} ägyptisch.	

Bei der letzten Differenz ist im Text 39^{I} statt 40^{I} gesetzt.

[394]) Die Oerter Jupiters, wie sie Copernicus bei den drei Beobachtungen angegeben hat, sind:

1,	200°	18′	
			Differenz 208° 16′, hierfür haben alle Ausgaben 6′
2,	48	34	
			Differenz 65 10
3,	113	44	

[395]) Nach der Tafel der parallactischen Bewegung des Jupiter hat man für

6^{a}	176° 30′ 49″ 30‴	
3×60^{d}	162 27 11	
32^{d}	28 52 50 2	
40^{I}	0 36 6 2 32⁗	
zusammen	368° 26′ 56″ 34‴ 32⁗	dies von $2 \times 360°$ abgezogen
giebt	351° 33′ 3″ 25‴ 28⁗	hierzu
die Diff. aus Anm. [394]) =	208 16	
giebt	199° 49′,	wofür die Ausgaben 40′ haben.

[396]) Ebenso erhält man für

2^{a}	298° 50′ 16″ 30‴	
60^{d}	54 9 3 49	
6^{d}	5 24 54 22	
40^{I}	0 36 6 2 32⁗	
zusammen	358° 50′ 20″ 43‴ 32⁗	dies von 360° abgezogen
giebt	1° 9′ 39″ 16‴ 28⁗	hierzu
die Diff. aus Anm. [394])	65° 10′	
giebt	66° 20′,	wofür die Ausgaben 10′ haben.

[397]) Diese Worte beziehen sich auf den Schluss des vorigen Cap. 11., man hat also

	die mittlere	und die parallactische Bewegung des Jupiter	
bei der dritten Opposition des Copernicus	109° 52′	183° 51′	
„ „ „ „ „ Ptolemäus	4 58	182 47	Cap. 10. Buch V.
Differenz	104° 54′	1° 4′, hierfür steht im Text 1° 5′.	

[398]) Nach Anm. [393]) liegt die dritte Beobachtung des Copernicus nach Christi Geburt

	1529^{a}	48^{d}	19^{h}	ägyptisch
nach Buch III. Cap. 11. liegen zwischen Alexander und Christi Geb.	323	130	12	„
folglich liegt die dritte Beobacht. des Cop. nach dem Tode Alexand.	1852^{a}	179^{d}	7^{h}	„
die dritte Beobachtung des Ptolemäus liegt „ „ „ „	460	79	17	„
folglich liegen zwischen beiden Beobachtungen	1392^{a}	99^{d}	14^{h}	od 35^{I},

dafür steht im Text 37^{I}.

[399]) Buch I. Cap. 10 wird die Umlaufszeit des Jupiter zu 12 Jahren angenommen, folglich kommen auf die in voriger Anm. berechneten 1392 Jahre 116 Umläufe des Jupiter
und 1392 „ der Erde
folglich hat die Erde in dieser Zeit den Jupiter überholt 1276 mal, statt dessen steht in allen Ausgaben 1267, was um so auffallender ist, als diese Zahl in Worten ausgedrückt ist.

[400]) Buch V. Cap. 10. gegen Ende findet sich für das Ptolemäische Resultat 154° 22′
Buch V. Cap. 11. „ „ „ „ „ „ Copernicanische „ 159°
Die Differenz beträgt 4° 38′
wofür im Texte 4° 30′ gesetzt ist.

[401]) Die dritte Beobachtung des Ptolemäus fand nach Buch V. Cap. 10. 136^{a} 314^{d} 5^{h} ägyptisch nach Christus statt, für diese 5^{h} sind im Texte 10^{I} angesetzt, was seinen Grund darin hat, dass Copernicus die Krakauer Zeit um 1^{h} kleiner nimmt, als die Alexandriner, danach sind es also 4^{h} und dies macht richtig 0^{d} 10^{I}, während $5^{h} = 0^{d}$ 12^{I} 30^{II} sein würden.

402) $136^a = 2 \times 60 + 16$
$314^d = 5 \times 60 + 14$ und dies ergiebt mit Hülfe der Tafel der parallactischen Bewegung für

2×60^a	$4 \times 60 \times 60 + 58 \times 60 + 50^\circ\ 16'\ 30''$
16^a	$3 \times 60 + 50\quad 42\quad 12\quad 1'''$
5×60^d	$4 \times 60 + 30\quad 45\quad 19$
14^d	$12\quad 38\quad 6\quad 53$
10^I	$0\quad 9\quad 1\quad 30\quad 38''''$
zusammen 18444° oder 51°	$84^\circ\ 31'\ 9''\ 24'''\ 38''''$

403) Dieser Fixstern ist β Scorpii.

404) Diese Beobachtungen finden sich im Almagest X. 7.

405) Die Oerter des Mars bei diesen drei Beobachtungen, ergeben sich so
1, 21° ♊ $= 81^\circ\ 0'$ davon geht die Präcession der Nachtgleichen mit $6^\circ\ 40'$ ab, bleibt $74^\circ\ 20'$
2, $28^\circ\ 50'$ ♌ $= 148^\circ\ 50' - 6^\circ\ 40' = 142^\circ\ 10'$
3, $2^\circ\ 34'$ ♐ $= 242^\circ\ 34' - 6^\circ\ 40' = 235^\circ\ 54'$.

406) Die Säc. Ausg. hat mit der Baseler Ausg. hier zwar 34′ statt 33′, da aber in der Säc. Ausg. pag. 354 lin. 27 dieselbe Angabe mit 33′, wie in den alten Ausgaben, sich findet, und in den Bemerkungen keine Abweichung in der Lesart notirt ist, so ist wahrscheinlich 34′ ein Druckfehler. Vergl. auch die Anm. 409)

407) Vergl. Addenda & corrigenda der Säc. Ausg. pag. 492. 2. ad pag. 355. vers. 22. wo 26′ als Zusatz zu den 138° des Textes angegeben wird, da aber der Winkel **adf** $= 41^\circ\ 33'$ so ist sein Supplement **ade** $= 138^\circ\ 27'$.

408) **dae** $= 5^\circ\ 7'$
adf = **dal** $= 41\quad 33$ vergl. Anm. 406)
eal $= 46^\circ\ 40'$. Die Säc. Ausg., welche die zweite Lesart **adf** $= 41^\circ\ 34'$ festhält, schreibt folgerichtig in den Druckfehlern hier $46^\circ\ 41'$ vor.

409) Diese Angabe lässt endlich keinen Zweifel darüber mehr übrig, dass der Bogen **af** und der entsprechende Winkel **adf** $= 41^\circ\ 33'$ und nicht 34′ ist. Denn wenn **adf** $= 41^\circ\ 33$
und **dae** $= 5\quad 7$
so ist **dea** $= 36^\circ\ 26'$
da nun **ael** $= 1\quad 56$
so ist **del** $= 34^\circ\ 30'$,
was die Säc. Ausg. mit der Baseler Ausg. übereinstimmend hat.

410) Die Säc. Ausg. hat hier **ce** statt **cd**, wie die Baseler Ausgabe, es ist dies aber ein Druckfehler, denn **ad** = **bd** = **cd** = 10000 bleibt bei allen drei Beobachtungen bestehen.

411) Die Säc. Ausg. giebt den Winkel **ced** zu $135^\circ\ 39'$ an, während alle übrigen Ausgaben $37^\circ\ 39'$ haben. Da aber in dem Dreiecke **ced** der Winkel **cde** $= 44^\circ\ 21'$
und „ „ **dce** $= 6^\circ\ 42'$
so ist „ „ **ceg** $= 51^\circ\ 3'$
und $180^\circ - 51^\circ\ 3'$ oder „ „ **ced** $= 128^\circ\ 57'$
Die Lesart der Säc. Ausg. ist offenbar dadurch entstanden, dass $180^\circ - 44^\circ\ 21'$ gebildet ist, diese Differenz bedeutet aber den Winkel **cdf** und nicht den Winkel **ced**, vergl. Anm. 413). Die Lesart der übrigen Ausgaben, nämlich $37^\circ\ 39'$ ergiebt sich, wenn man den Winkel **dce** $= 6^\circ\ 42'$ von **cde** $= 44^\circ\ 21'$ abzieht, was offenbar mit dem Winkel **ced** keinen Zusammenhang hat.

412) Aus der vorigen Anmerkung ergiebt sich Winkel **cdf** = **dcn** $= 135^\circ\ 39'$
dce $= 6^\circ\ 42'$
folglich **ecn** $= 142^\circ\ 21'$

413) Diese Zahl bestätigt das in Anm. 411) Gesagte, denn danach ist Winkel **ced** $= 128^\circ\ 57'$
cen $= 1\quad 52$
folglich Winkel **den** $= 127^\circ\ 5'$

414) Der hier bezeichnete Stern ist α Librae, welcher im Sternverzeichnisse pag. 113 mit einer Länge von $191^\circ\ 20'$ und einer nördlichen Breite von $0^\circ\ 40'$ eingetragen ist. Dort wie hier ist „Chele“ mit „Schale“ und nicht mit „Scheere“ übersetzt, obgleich das griechische Wort

χηλή gewöhnlich die letztere Bedeutung hat. Die Rechtfertigung dieser abweichenden Uebersetzung ist in einem Briefe Buttmann's an Ideler gegeben, welchen Letzterer in seinen „Untersuchungen über die astronomischen Beobachtungen der Alten" pagg. 373—378 veröffentlicht hat.

415) Almagest X. 1.

416) Der erste Thoth des 425ten Jahres Nabonassars 0^h (d. h. Mittags), als der Anfang der Jahre Alexanders, ist der 5te November des 324ten Jahres vor Chr. 12^h (d. h. Mittags)

also	323^a	49^d	12^h	römisch vor Christo
dazu die Schalttage		81		
giebt	323^a	130^d	12^h	ägyptisch vor Christo für den Anfang der Jahr Alexanders vor Christo.

— Nun ist die erste Beobachtung von Theon im 16ten Jahre Hadrians 6^h Abends am 21ten Pharmuthi angestellt. Die Jahre Hadrians beginnen

	439^a			ägyptische Jahre nach dem Tode Alexanders
dazu die	15			ägyptischen, abgelaufenen Jahr Hadrians
giebt	454^a	230^d	6^h	ägyptisch nach Alexanders Tode
davon ab	323^a	130^d	12^h	„ vor Christo
bleiben	131^a	99^d	18^h	„ nach Christo, davon ab die Schalttage
		32		
bleiben	131^a	67^d	18^h	römisch nach Christo, d. h. im Jahre 132 den 8. März 6 Uhr Abds.

Zum Ueberflusse bemerken wir, dass dieser Theon, welcher im Jahre 132 Beobachtungen anstellte, von welchen im Almagest die Rede ist, nicht mit dem bekannten Commentator des Almagestes, Theon von Alexandrien, verwechselt werden darf, der erst am Ende des IV. S. lebte. Der hier gemeinte ist vermuthlich der Mathematiker, der gewöhnlich Theon von Smyrna genannt zu werden pflegt.

417) Diese Beobachtung des Ptolemäus war im 4ten Jahre des Antoninus am Morgen nach der Nacht vom 11ten auf den 12ten Thoth, wie im Almagest X. 1. gesagt ist, und dieser 12te Thoth begann erst mit dem folgenden Mittage, also waren es 10^d 18^h nach ägyptischer Rechnung. Nun beginnen die Jahre des Antoninus nach dem Regenten-Canon

	460^a			ägyptische Jahre nach dem Tode Alexanders
dazu die	3^a	10^d	18^h	ägyptisch, welche seit Antoninus abgelaufen waren
giebt	463^a	10^d	18^h	ägyptisch nach Alexanders Tode
davon ab	323	130	12	„ vor Christo, vergl. Anm. 416)
bleiben	139^a	245^d	6^h	„ nach Christo, davon ab die Schalttage
		34		
bleiben	139^a	211^d	6^h	römisch nach Christo, d. h. im Jahre 140 nach Christo den 30ten Juli 6 Uhr Morgens. Alle Ausgaben lesen fälschlich: „im Jahre 142 nach Christo."

418) Die Angaben über diese Beobachtungen im Almagest X. 1 sind

1, Theon, mittlerer Ort ⊙ 14^0 $15'$ Fische $= 344^0\ 15' - 6^0\ 40' = 337^0\ 35'$

2, Ptolemäus, „ „ 5^0 $45'$ Löwe $= 125^0\ 45' - 6^0\ 40' = 119^0\ 5'$

Die Mitte zwischen beiden Beobachtungen giebt Ptolemäus zu 25^0 Stier und 25 Scorpion an

25^0 Stier $= 55^0 - 6^0\ 40' = 48^0\ 20'$

25^0 Scorpion $= 235^0 - 6^0\ 40' = 228^0\ 20'$

übereinstimmend mit dem Text des Copernicus.

419) Diese Beobachtung des Theon soll nach dem Texte des Copernicus im 4ten Jahre Hadrian's den 20ten Athyr, Morgens, nach Almagest X. 1. aber im 2ten Jahre Hadrian's am Morgen der Nacht vom 21ten auf den 22ten Athyr stattgefunden haben. Nach Copernicus' Angabe waren also 79 Tage 18 Stunden von dem 4ten Jahre Hadrians abgelaufen.

Die Jahre Hadrian's beginnen 439 ägyptische Jahre nach Alexanders Tode

dazu die seitdem abgelaufenen	3^a	79^d	18^h	
giebt	442^a	79^d	18^h	ägyptisch nach Alexanders Tode
davon ab	323^a	130^d	12^h	vergl. Anm. 416)
bleiben	118^a	314^d	6^h	ägyptisch nach Christo
davon ab die Schalttage		29		
bleiben	118^a	285^d	6^h	römisch nach Christo, d. h. im Jahre 119 nach Christo den 12ten October 6^h Morgens.

Nach der obigen Lesart des Almagest, wäre dagegen das christliche Datum dieser Beobachtung im Jahre 117 nach Christo den 13ten October 6 Uhr Morgens.

pages 57 to 65 ...

[490]) Die Nürnberger Ausgabe hat hier übereinstimmend mit der Säcular Ausgabe richtig sectanti, während die Baseler sextanti liest.

[491]) $\log \mathbf{gd} = \log\ 303 = 2.48144$
$\log \mathbf{df} = \log\ 4997 = 3.69871$

$$\log \frac{\mathbf{gd}}{\mathbf{df}} = \log \sin \mathbf{dfg} = 8.78273 - 10$$

folglich $\mathbf{dfg} = 3^0\ 28'\ 35''$, wofür im Texte $3^0\ 29'$ steht.

[492]) $\log \mathbf{gd} = \log\ 407 = 2.60959$
$\log \mathbf{df} = \log\ 3337 = 3.52336$

$$\log \frac{\mathbf{gd}}{\mathbf{df}} = \log \sin \mathbf{dfg} = 9.08623 - 10$$

folglich $\mathbf{dfg} = 7^0\ 0'\ 19''.8$. In den alten Ausgaben steht hierfür fälschlich 6^0, die Säc. Ausg, hat richtig 7^0, vergl. das Druckfehlerverzeichniss der Säc. Ausg.

[493]) In den Säc. Ausg. steht hier durch einen Druckfehler 71932 statt 7193; ein Vergleich mit pag. 430 lin. 23 und pag. 431 lin. 30 ist ausreichend, um dies zu constatiren. Die alten Ausgaben haben richtig 7193.

[494]) In den alten Ausgaben steht hier fälschlich **adf**, die Säc. Ausg. hat richtig **adb**.

[495]) Almagest XIII. 4. am Ende.

[496]) Die Säc. Ausg. hat hier **eh**, **gh**, die alten Ausgaben haben dagegen **ek**, **gk**, es muss aber heissen **ek**, **gh**.

[497]) **ek** fehlt in allen Ausgaben, müsste aber dem Sinne nach hier stehen.

[498]) Die Grösse dieses Winkels fehlt in allen Ausgaben, hier ist ihre Berechnung

$$\log \mathbf{ek} = \log\ 131 = 2.11727$$
$$\log \mathbf{ak} = \log\ 7889 = 3.89702$$
$$\log \frac{\mathbf{ek}}{\mathbf{ak}} = \text{tang.}\, \mathbf{kae} = 8.22025 - 10$$
$$\mathbf{kae} = 0^0\ 57'\ 4''.84.$$

[499]) Die alten Ausgaben lesen hier lineae statt limes, welche Letztere Lesart in der Säc. Ausg. sich richtig findet.

[500]) Diese Tafeln haben in den alten Ausgaben unrichtige Ueberschriften, die Säc. Ausg. enthält die berichtigte Form, welche sich auch durch eine Vergleichung mit den Tafeln im Almagest XIII. 5. bestätigt.

Zum Schlusse möge hier noch das auch in die Säc. Ausg. aufgenommene Verzeichniss der von Copernicus selbst angestellten und in diesem Werke benutzten Beobachtungen eine Stelle finden.

VERZEICHNISS DER BEOBACHTUNGEN DES COPERNICUS, WELCHE IN DIESEM WERKE ERWÄHNT WERDEN.

Nr.	Datum.	Ort.	Gegenstand der Beobachtung.	Stelle Buch	Stelle Cap.
1	1497 März 9	Bologna	Bedeckung des Aldebaran durch den Mond	4	27
2	1500 November 6	Rom	Mondfinsterniss	4	14
3	1509 Juni 2	Frauenburg?	Mondfinsterniss	4	13
4	1511 October 6	Frauenburg?	Mondfinsterniss	4	5
5	1512 Januar 1	Frauenburg?	Ortsbestimmung des Mars	5	19
6	1512 Juni 5	Frauenburg?	Opposition des Mars mit der Sonne	5	16
7	1514 Februar 25	Frauenburg?	Ortsbestimmung des Saturn	5	9
8	1514 Mai 5	Frauenburg	Opposition des Saturn mit der Sonne	5	6
9	1515 September 14	Frauenburg	Bestimmung der Herbstnachtgleiche	3	13 u. 18
10	1515 ?	Frauenburg	Spica, Vorrücken der Nachtgleichen	3	2
11	1515 ?	Frauenburg	Bestimmung des Apogeums der Sonne	3	16
12	1516 März 12	Frauenburg	Bestimmung der Frühlingsnachtgleiche	3	13
13	1518 December 12	Allenstein?	Opposition des Mars mit der Sonne	5	16
14	1520 Februar 18	Frauenburg?	Ortsbestimmung des Jupiter	5	14
15	1520 April 30	Frauenburg?	Opposition des Jupiter mit der Sonne	5	11
16	1520 Juli 13	Frauenburg?	Opposition des Saturn mit der Sonne	5	6
17	1522 September 5	Frauenburg?	Mondfinsterniss	4	5
18	1522 September 27	Frauenburg	Zenithdistanz des Mondes	4	16
19	1523 Februar 22	Frauenburg	Opposition des Mars mit der Sonne	5	16
20	1523 August 25	Frauenburg?	Mondfinsterniss	4	5
21	1524 August 7	Frauenburg	Zenithdistanz des Mondes	4	16
22	1525 April 17	Frauenburg?	Bestimmung der Frühlingsnachtgleiche	3	12
23	1525 ?	Frauenburg	Spica, Vorrücken der Nachtgleichen	3	2
24	1526 November 28	Frauenburg?	Opposition des Jupiter mit der Sonne	5	11
25	1527 October 10	Frauenburg?	Opposition des Saturn mit der Sonne	5	6
26	1529 Februar 1	Frauenburg?	Opposition des Jupiter mit der Sonne	5	11
27	1529 März 12	Frauenburg	Bedeckung der Venus durch den Mond	5	23

Ausserdem erwähnt Copernicus, Buch 3. Cap. 6., dass er seit dreissig Jahren häufige Beobachtungen über die Schiefe der Ekliptik angestellt hat.