Beiträge

zur

Geschichte der Vorstellung von der Gestalt der Erde.

Vorbemerkung.

Die Geschichte der Vorstellung von der Gestalt der Erde zerfällt in drei Theile, welche den drei Stufen entsprechen, in denen das wissenschaftliche Erkennen der Erdgestalt sich entwickelt hat.

Der erste Abschnitt umfasst etwa die Zeit von Pythagoras (c. 500 vor Chr.) bis Magalhaès (c. 1500 nach Chr.). Die Erde hat für die Vorstellung jener Zeiten die Gestalt einer Kugel; sie ruht, von festen concentrischen Krystallsphären umgeben, im Mittelpunkt des Weltalls; die Aufgabe der Wissenschaft beschränkt sich darauf, die falschen, vorzüglich die mythologischen Vorstellungen zu bekämpfen, die Kugelgestalt der Erde zu beweisen und zur Anschauung zu erheben, d. h. eine Reihe von Erscheinungen aus derselben zu erklären.

Der zweite Abschnitt reicht von Kopernicus (c. 1500 nach Chr.) bis Bessel (c. 1830). Die Erde bewegt sich um sich selbst und um die Sonne; sie hat sich aus einem feurigflüssigen Zustande zu ihrer heutigen Form entwickelt; sie ist keine Kugel mehr, sondern ein Rotationssphäroid. Die Aufgabe der Wissenschaft ist die allgemeine Gestalt der Erde nach Form und Grösse genau zu erkennen und das Erkannte in feste mathematische Formeln zu fassen [1].

---

1. Vgl. H. Wagner, in Behm, Geographisches Jahrbuch, III. Gotha 1870. Anhang.

Die dritte Stufe hat zu nothwendigen Voraussetzungen: 1) Kenntniss der gesammten Erdoberfläche; 2) zahlreiche Grad- und Pendelmessungen an möglichst vielen Punkten der beiden Erdhälften; 3) wissenschaftlich korrekte Vorstellungen von der Erhebung der Kontinente und der Tiefe des Meeres an den verschiedensten Erdstellen. Die Aufgabe der Wissenschaft ist einmal die allgemeine Gestalt der Erde genauer festzustellen, d. h. zu untersuchen, ob die Erde wirklich ein Rotationssphäroid, oder ob sie nicht vielmehr ein dreiaxiges Sphäroid oder gar ein mehr oder minder unregelmässiges Polyeder ist. Dann aber müssen auch alle Abweichungen von der allgemeinen Gestalt festgestellt, d. h. die wahre Gestalt der Erde muss erkannt werden.

Die Lösung dieser Aufgabe beginnt mit den wissenschaftlichen Entdeckungsreisen eines Cook, Humboldt u. a.; an derselben arbeiten seit längerer Zeit gemeinschaftlich alle Völker mit moderner Kultur. Wirkliche Fortschritte sind in theoretischer Beziehung bezeichnet durch Humboldt's[1] «Vergleichende Höhenkunde» und Sonclar's[2] «Allgemeine Orographie», durch Maury's[3] «Oceanographie» und die Adhémar-Schmick'sche[4] «Hypothese von der Umsetzung der Meere». In Bezug auf die genauere Kenntniss grösserer Erdräume sind von hervorragender Bedeutung die Reisen in Tübet und der Mongolei[5], sowie die Reisen der britischen Challenger, der nordamerikanischen Tuscarora und der deutschen Gazelle[6], durch welche uns die Tiefenverhältnisse des grossen Oceans erschlossen wurden. Dann aber muss vor Allem der grossen russischen und der damit in Verbindung gesetzten mitteleuropäischen Gradmessung gedacht werden[7], deren Resultate für die Feststellung der allgemeinen Gestalt der Erde abschliessend zu werden versprechen[8].

Die rein phantastischen oder auf ungenügend fundirter Spekulation beruhenden Vorstellungen über die Bildung der Erde und des Weltalls, wie sie in der Jugendzeit von allen höher begabten Völkern hervorgebracht wurden, haben in dieser Geschichte nur in so fern Raum, als in ihnen Keime enthalten sein können, deren Entwicklung

---

1. A. v. Humboldt. Kleine Schriften, I, 438. Ueber die mittlere Höhe der Kontinente.

2. Allgemeine Orographie. Die Lehre von den Reliefformen der Erdoberfläche, von Karl Sonclar, Edler von Innstädten. Wien 1873.

3. Die physische Geographie des Meeres, von M. F. Maury. Deutsch bearbeitet von Dr. C. Böttcher. Leipzig 1859. 2. Aufl.

4. Behm. Geograph. Jahrbuch, V, p. 236 ff.

5. Petermann. Geograph. Mitth., XXII, 1.

6. Petermann. Geograph. Mitth., XXIII, 4.

7. J. J. Baeyer. Ueber Grösse und Figur der Erde. Berlin 1861.

8. Dr. Ph. Fischer. Untersuchungen über die Gestalt der Erde. Darmstadt 1868. — Behm. Geograph. Jahrbuch, I-VI. Gotha 1866—1876; I, 338; II, 168; III, 152; IV, 1; V, 144; VI, 284 ff.

eine Umgestaltung jener mythologischen Weltvorstellungen von innen heraus nothwendig machen würde. Für das Vorhandensein solcher Keime soll dieser erste Beitrag sichere Kriterien zu gewinnen suchen. Zu diesem Zweck soll zunächst untersucht werden, auf welchen Voraussetzungen die Gründe beruhen, mit denen man die Kugelgestalt der Erde zu beweisen pflegt. Der zweite Theil soll sodann die Uebersetzung einiger der wichtigsten Kapitel des Ptolemäus geben; denn deren genaue Kenntniss ist nothwendig, wenn man die tellurischen und kosmischen Vorstellungen des Mittelalters verstehen will. Je nachdem Zeit und Gelegenheit es gestatten, hofft der Verfasser weitere Beiträge zu dieser an sich interessanten und für das tiefere Verständniss der geistigen Entwicklung Westeuropas so wichtigen Frage liefern zu können.

Die Beweise für die Kugelgestalt der Erde in elementarer Form.

Die gewöhnlichen Beweise, durch welche man die Nothwendigkeit der Kugelgestalt unseres Erdkörpers darzulegen pflegt, gehen nur scheinbar von der sinnlichen Wahrnehmung aus, in Wirklichkeit aber wollen sie, damit sie eben Beweise sein können, ganz in der Art der Euklidischen Geometrie zu einem sichern Schluss gelangen. Sie setzen alle das Ptolemäische Weltsystem voraus, das sich ja ganz auf dem Grunde der sinnlichen Wahrnehmung aufbaut. Der Himmel erscheint als Krystallkugel, in deren Mittelpunkt die unbewegte Erde ruht. Verlässt man diese Anschauung, versucht man zum Kopernikanischen Weltsystem überzugehen, so muss man an die Stelle der Krystallkugel eine ausführliche Erörterung über die Einrichtung des menschlichen Auges und über die Art astronomischer Beobachtung einsetzen; damit aber verlieren diese Beweise ihren elementaren Charakter vollständig.

Ehe nun der menschliche Geist die Eigenschaften einer Kugel an der Erde zu entdecken vermag, muss er natürlich den Begriff der Kugel an sich zur vollständigsten Klarheit erhoben haben; er muss ferner in sich die Fertigkeit entwickelt haben, verschiedene geometrische Operationen an der Kugel vorzunehmen; er muss Einsicht besitzen in die jeder einzelnen Operation eigenthümliche Nothwendigkeit. Aber das ist noch nicht Alles. Er bedarf ferner einer bedeutenden Erweiterung seines innern Raumes, um den Ausdruck Trendelenburgs anzuwenden; d. h. er bedarf einer solchen Entwicklung seines räumlichen Vorstellungsvermögens, dass er von der einzelnen Wahrnehmung zu abstrahiren und die Summe derselben zu einer neuen Vorstellung zu erheben im Stande ist; und diese neue Vorstellung muss in Bezug auf ihre räumlichen Verhältnisse mit der Vorstellung vom Weltganzen, die sich nur aus fortgesetzten Himmelsbeobachtungen

ergeben kann, verglichen werden. Und das setzt wiederum voraus die Gewöhnung zur Betrachtung von Zahl- und Maassverhältnissen, sowie die Freiheit des Geistes von allen phantastischen Regungen, die ihn veranlassen an die Stelle des wirklich Beobachteten die von ihm selbst erzeugten Gebilde zu setzen und dann nur diese in den natürlichen Vorgängen wiederzuerkennen.

Die Bedingungen also unter denen sich der Gedanke an die Kugelgestalt der Erde zum ersten Male entwickeln konnte, sind keineswegs einfach. Sie mögen sich nicht zu oft im Verlaufe der Weltgeschichte zusammengefunden haben. War der Gedanke aber einmal vorhanden, so war es natürlich nicht so gar schwer, denselben mit den Mitteln zu seiner Wiedererzeugung, das sind eben die Beweise, weiter zu überliefern.

Auch bei diesen Beweisen, wie wohl bei allen, liegt die Schwierigkeit nicht sowohl in der Operation des Schliessens, sondern weit mehr in der Aufstellung der Prämissen; ist doch der logische Schluss weiter nichts als die Veräusserlichung einer im Geiste zu vollständigem Abschlusse gelangten Gedankenverbindung. Um also einen Einblick in die Eigenthümlichkeiten jedes Beweises zu gewinnen, müssen wir die Voraussetzungen auf denen dieselben beruhen, die Einzelurteile die in ihnen zur Bildung eines Schlusses verwandt worden sind, genauer untersuchen. Die in den Urteilen enthaltenen Begriffe aber konnten sich wieder nur unter bestimmten Verhältnissen entwickeln: die zu dieser Begriffsbildung nothwendigen Wahrnehmungen und Beobachtungen konnten nicht an jedem beliebigen Orte gemacht werden.

Wir wollen nun versuchen, die Beweise nach der Schwierigkeit der jedem einzelnen von ihnen zu Grunde liegenden Begriffsbildung zu ordnen. Wir nehmen die Zahl von elf Beweisen, wie sie in dem Grundriss der mathematischen Geographie von Dr. August Wiegand (8. Auflage, Halle 1874, p. 5—7) aufgeführt sind.

An erster Stelle stehen die Beweise, welche, abgesehen von der allgemeinen Vorbildung des Geistes, nichts weiter verlangen als die Kenntniss der elementaren Geometrie, namentlich der Linienverhältnisse, die Bekanntschaft mit einem grössern Erdraume und mit den wichtigsten Himmelserscheinungen. Dieser Beweise sind zwei.

1. Beweis. — Bei einer Wanderung von Norden nach Süden wird die Kulminationshöhe der Sterne in einer bestimmten Gegend des Himmels immer geringer, d. h. der Neigungswinkel der Sternstrahlen auf die Ebene des Horizontes wird kleiner; wenn eine bestimmte Grenze überschritten ist, so verschwinden einige Sterne ganz und andere erscheinen; bei einer Wanderung von Süden nach Norden ist das Umgekehrte der Fall. Wäre nun die Erde eine ebene Fläche, so müsste die Kulminationshöhe der Sterne für alle Orte der Erde dieselbe sein. Wäre die Erde eine von Nord nach Süd konkave Fläche, so würde der Neigungswinkel der Strahlen eines Sternes, der an dem einen Orte einem Rechten gleich ist, an den nördlich von diesem Punkte gelegenen Orten nach

Norden, an den südlich gelegenen Orten nach Süden hin $< R$ sein. Beide Annahmen widersprechen der Erfahrung; die Erde kann also weder eine ebene, noch eine von Norden nach Süden konkave Fläche sein; sie muss also eine von Norden nach Süden konvexe Fläche sein.

In strengerer Form würde der Beweis etwa folgende Gestalt erhalten: (Fig. 1, 2, 3) N S sei die Projektion der Erdoberfläche in der Richtung von Norden nach Süden S O, S′ O′, S″ O″ seien an den Orten O, O′, O″ einfallende Sonnenstrahlen; dieselben sind parallel, da der Ort der Sonne in der Unendlichkeit liegt.

a. Wäre nun (Fig. 1) die Erde eine ebene Fläche, so müsste der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen überall auf der Erde in demselben Augenblicke gleich sein, die Schatten der Sonnenzeiger müssten überall gleich lang sein und nach derselben Seite liegen.

b. Wäre die Erde eine von Nord nach Süd konkave Fläche (Fig. 2), und wäre für den Ort O′ der Winkel $\alpha' = R$, so müsste Winkel $\alpha < R$, $\alpha'' > R$ sein; für einen nördlich von O′ liegenden Ort würde der Schatten des Gnomon nach Süden, für einen südlich liegenden nach Norden fallen. Beides widerspricht der Erfahrung; folglich sind die Annahmen unrichtig. Die Erde muss also

c. eine von Norden nach Süden konvexe Fläche sein (Fig. 3). Diese Annahme entspricht der Erfahrung; denn wenn die Sonnenstrahlen in O′ senkrecht einfallen, fällt für den südlich gelegenen Punkt O″ der Schatten nach Süden, für den nördlich gelegenen nach Norden.

Es seien ferner (Fig. 4) S, S′, S″, S‴, S⁗ Sonnenstrahlen, wie sie zur Zeit der Sommerwende auf die Erde fallen; dann steht die Sonne senkrecht über Syene. A, B, C, D, E seien die Schattenzeiger an den Sonnenuhren zu Byzanz, Rhodus, Alexandria, Syene, Meroe. Am Mittag des 21. Juni wirft also D gar keinen Schatten, E wirft den Schatten nach Süden, A B C nach Norden, und zwar ist der Schatten von A länger als der von B, der von B länger als der von C. Je weiter wir nach Norden gehen, desto länger werden die Schatten, und die Zunahme der Schatten entspricht der Länge des Weges; die Erde ist also eine von Norden nach Süden gleichmässig gekrümmte Fläche.

2. Beweis. — Wandern wir nach Osten, so gehen die Gestirne früher auf und unter; wandern wir nach Westen, so verspäten sich die Auf- und Untergänge.

Die Feststellung dieser Thatsache ist für unsere Mittel zur genauen Zeitbestimmung sehr leicht; ohne dieselben würden sie auch uns recht schwer fallen; es würde einer besonders auffallenden Himmelserscheinung bedürfen. Wahrscheinlich ist durch die Beobachtung einer Mondfinsterniss die westöstliche Krümmung der Erde zuerst bewiesen worden. Eine totale Mondfinsterniss möge z. B. begonnen haben, als der Mond für den Horizont von Babylon schon 1 Stunde aufgegangen war; dann begann sie für Alexandria

während des Aufganges, für Karthago ging der Mond vollständig verfinstert auf, für Cadiz war nur das Ende der Finsterniss sichtbar. Der vom Mond eingenommene Punkt des Himmels befand sich also für Babylon über dem Horizonte, für Alexandria im Horizonte, für Karthago und Cadiz unter demselben, und zwar für Cadiz tiefer als für Karthago.

Der auf diese Erfahrung gegründete Beweis würde etwa folgende Gestalt annehmen.

Fig. 5, 6, 7. L, L', L'', L''' seien Strahlen des Mondes beim Beginn der Verfinsterung.

1) Wäre nun die Erde eine von Ost nach West ebene Fläche, so müsste der Einfallswinkel der Mondstrahlen derselbe sein; d. h. der Mond müsste für alle von Ost nach West gelegenen Punkte um denselben Bogen von seinem Aufgangspunkte entfernt sein, was thatsächlich nicht der Fall ist. Die Erde kann also z. B. keine Walze sein, deren Mantel nach Süden und Norden, deren Endflächen nach Osten und Westen gekehrt wären.

2) Wäre die Erde eine von Ost nach West konkave Fläche, so müsste der Mond beim Beginn der Finsterniss für Cadiz höher als für Karthago (Fig. 6), für Karthago höher als für Alexandria, für Alexandria höher als für Babylon stehen; denn der Einfallswinkel der Mondstrahlen müsste dann von West nach Ost abnehmen. $\delta > \gamma$, $\gamma > \beta$, $\beta > \alpha$. Also auch diese Annahme ist unrichtig.

3) Allein die Annahme einer von Ost nach West gewölbten Fläche erklärt die Erscheinungen. Fig. 7. L, L' seien Mondstrahlen, dann ist Winkel α die Höhe des Mondes für Babylon; für Alexandria fallen die Mondstrahlen in die Ebene des Horizontes; für Karthago ist der Mond um den Winkel β, für Cadiz um den Winkel γ unter dem Horizonte. Winkel $\gamma < \beta$.

Da nun die Grösse dieser Winkel, d. h. die Zeit die zwischen den Aufgängen des Mondes für verschiedene Orte verfliesst, der westöstlichen Entfernung dieser Orte entspricht, ist die Erde ein von Ost nach West gleichmässig gekrümmter Körper. Der erste Beweis zeigt die gleichmässige Krümmung von Nord nach Süd; die Erdoberfläche zeigt also nach allen Richtungen hin gleichmässige Krümmung; die Erde muss demnach eine Kugel sein.

Die zweite Klasse von Beweisen setzt schon einige Kenntniss elementarer physikalischer Gesetze, so wie ein tieferes Verständniss für die Eigenschaften der Kugel voraus. Nur seefahrende Völker können diese Beweise gefunden haben; denn nur auf dem Meere ist die Gelegenheit zu den Beobachtungen gegeben, auf denen dieselben ruhen.

3. Beweis. — Nur diejenigen Dinge sind mir sichtbar, welche durch eine gerade Linie mit meinem Auge verbunden werden können, d. h. welche durch kein Hinderniss

von demselben getrennt werden. Bei einem absegelnden Schiffe bleiben die Masten und Segel mir noch lange sichtbar, während der Rumpf verschwindet; wenn ich an eine gebirgige Küste heransegle, erscheinen mir die Spitze der Berge, während die tiefer liegenden Theile der Küste noch unsichtbar sind. Zwischen ihnen und meinem Auge muss also ein Hinderniss sein, das sich zwischen ihm und den höhern Theilen nicht befindet. Dieses Hinderniss ist offenbar das Meer selbst. Der von meinem Auge ausgehende Sehstrahl berührt also die Meeresfläche und trifft jenseits des Berührungspunktes auf Dinge, die über den Meeresspiegel gehoben erscheinen. Lege ich nun durch diesen Sehstrahl senkrecht zur Meeresfläche eine Ebene, so ist der Durchschnitt dem Sehstrahl nicht parallel, er wird nicht von demselben geschnitten, sondern nur berührt; er zeigt also die Eigenschaft einer gekrümmten Linie. Die Erfahrung zeigt, dass diese Krümmung überall auf der Erde gleichmässig ist; die Mathematik zeigt, dass nur die auf einer Kugelfläche gezogenen Linien überall eine gleichmässige Krümmung haben. Die Erde ist also eine Kugel.

4. Beweis. — Der von der Erdoberfläche übersehene Theil erscheint stets von einem Kreise eingeschlossen. Die auf diesem übersehenen Theile, namentlich auf der Meeresfläche, von dem Umfang nach dem Fusspunkte des Beobachters gezogenen kürzesten Linien erscheinen stets von gleicher Grösse und von gleicher Krümmung. Der von der Erdoberfläche übersehene Theil hat also in jedem einzelnen Falle die wesentlichen Eigenschaften einer Kalotte; diese Erscheinung ist an allen bekannten Theilen der Erde dieselbe; d. h. die Erdoberfläche bildet eine gekrümmte Fläche, die von allen, dem jedesmaligen Horizonte parallelen Ebenen in Kreisen geschnitten wird. Die Mathematik zeigt, dass das nur bei einer Kugel der Fall sein kann. Die Erde ist also eine Kugel.

5. Beweis. — Jeder (verlängerte) Kugeldurchmesser ist der geometrische Ort für Spitzen von Tangentenkegeln, deren Berührungsebenen die Kugel in Kreisen schneiden; die Mittelpunkte dieser Kreise liegen alle in dem Kugeldurchmesser; mit der Entfernung der Kegelspitze von der Kugeloberfläche wächst der Radius des zugehörigen Berührungskreises. Der Beweis dieses Satzes ist wohl auf folgende Weise am einfachsten zu führen.

Fig. 8. In dem Kreise A B C D sei P P′ ein Durchmesser; ziehe ich nun von den Punkten des Durchmessers H, J, K die Tangenten an den Kreis, so sind die die Tangirungspunkte verbindenden Sehnen L M, B F, E C von ungleicher Grösse, und zwar ist L M die Polare des entferntesten Punktes K, grösser als B F, diese grösser als E C, die Polare des nächsten Punktes H. Je weiter sich aber der Punkt von dem Umfange des Kreises entfernt, desto grösser wird seine Polare; liegt er in der Unendlichkeit, so wird die Polare zum Durchmesser.

Bewege ich nun die ganze Linienverbindung um P P′ als ihre Axe, so wird der Kreis zur Kugel, die Tangente zum Tangentenkegel, die Sehne zur kreisförmigen

Grundfläche ihres Tangentenkegels, und diese Grundflächen nehmen mit der Entfernung der Kegelspitze von der Oberfläche der Kugel zu. Liegt die Spitze in der Unendlichkeit, so wird der Kegel zum Cylinder, die Endfläche desselben ist ein grösster Kugelkreis. Eine weitere Entwicklung ist für unsere Zwecke überflüssig.

Die Umkehrung dieses Satzes, die auch richtig sein muss, die aber schon eine ziemlich entwickelte geometrische Vorstellung verlangt, lautet: Ziehe ich von jedem Punkte einer beliebigen Normalen eines Körpers, d. h. einer Linie, die auf der Oberfläche desselben senkrecht steht, die Tangentenschaar an denselben, und bilden die zugehörigen Berührungslinien Kreise, deren Ebenen parallel sind und deren Mittelpunkte ebenfalls auf jener Normalen liegen, so ist der betreffende Körper eine Kugel.

Wenn ich aber von irgend einem erhöhten Punkte die Erdoberfläche betrachte, so befinde ich mich in einer Normalen zur Erde; die von meinem Auge ausgehenden Strahlen sind Tangenten, alle möglichen Tangenten aber bilden einen Kegel, dessen kreisförmige Grundfläche vom Horizonte eingeschlossen ist; der Radius des Horizontes wächst mit der zunehmenden Höhe meines Standortes. Alle in der Umkehrung des angeführten Satzes gestellten Bedingungen sind erfüllt; folglich ist die Erde eine Kugel.

Nach diesem Beweis kann man die Sichtbarkeitsgrenze der Leuchtthürme, das scheibenförmige Aussehen der Himmelskörper u. a. erklären.

6. Beweis. — Die wirklich nach allen Richtungen ausgeführten Erdumsegelungen können ebenfalls als Beweis für die Kugelgestalt der Erde angeführt werden, da sie zeigen, dass die den fünf ersten Beweisen zu Grunde gelegten Erscheinungen überall auf der Erde dieselben sind; dass die Oberfläche der Erde nirgends eine Kante oder Ecke, eine horizontale Fläche oder sonst eine bemerkenswerthe Abweichung von der Kugelgestalt gezeigt hat. Eine weitere Beweiskraft haben die Erdumsegelungen nicht, sie würden auf jedem Körper möglich sein, dessen Massenmittelpunkt für alle Theile desselben die Richtungen oben und unten bestimmt.

Die dritte Klasse von Beweisen setzt bedeutend erweiterte mathematische, physikalische und astronomische Kenntnisse voraus. Diese Beweise verlangen eine klare Vorstellung von der Bewegung des Himmels und der Himmelskörper über und unter dem Horizonte, eine langjährige Beobachtung der Bewegungen von Sonne und Mond, Kenntniss der Ursache ihrer Verfinsterungen, und endlich sogar Kenntniss des Fernrohrs und Untersuchungen über die Bildung der Himmelskörper.

7. Beweis. — Nur ein kugelförmiger Körper kann in jeder Lage einen kreisförmigen Schatten werfen; der von der Erde in den verschiedensten Stellungen an Sonne und Mond auf den letzteren geworfenen Schatten, hat immer die Gestalt eines

Kreises oder doch eines Kreisabschnittes gehabt. Folglich muss wohl die Erde eine Kugel sein.

8. **Beweis.** — Wir nennen Dämmerung die Uebergangszeit zwischen Tag und Nacht, in welcher die Sonnenstrahlen von den obern Regionen des Luftkreises noch an die Erde reflektirt werden. Die Morgendämmerung beginnt, wenn die Sonne sich dem Horizonte auf 18° genähert hat; die Abenddämmerung hört auf, wenn die Sonne 18° unter den Horizont gesunken ist. Wäre die Erde eine von Ost nach West ebene Fläche, so würde die Abenddämmerung erst aufhören, wenn die Sonne auf ihrem nächtlichen Wege den Punkt genau unter dem Westende der Erde erreicht hätte; die Morgendämmerung würde beginnen, wenn die Sonne unter dem Ostende der Erde angelangt wäre. Dasselbe müsste bei einer von Ost nach West konkaven Krümmung der Fall sein. Beide Annahmen widersprechen der Erfahrung; das Phänomen der Dämmerung ist nur aus der westöstlichen Krümmung der Erde zu erklären. Bis hierher ist der Beweis sehr leicht zu führen.

Fig. 9. A B sei die Oberfläche der Erde, A B C D die Luft über der Erde, E F G H die tägliche Bahn der Sonne. Steht die Sonne in E, so treffen ihre Strahlen den Punkt J, und dieser würde, da jedes Hinderniss fehlt, der ganzen Erde sichtbar sein. Dasselbe wäre der Fall, wenn die Sonne im Punkte H oder sonstwo stünde. Nur wenn die Sonne zwischen F und G sich befände, würde die Luft nicht von ihren Strahlen getroffen. Nur während der kurzen Dauer des Sonnenlaufs von F nach G hätten wir auf der Erde vollständig Nacht.

Den Beweis für die nordsüdliche Krümmung aus dem Phänomen der Dämmerung zu führen, dürfte schwer sein. Wohl aber lässt sich die ungleiche Dauer der Dämmerung unter der Annahme der Kugelgestalt und der Rotation erklären.

Figur 10 zeigt die Erde in der orthographischen Polarprojektion. S seien Sonnenstrahlen; die Beleuchtungsgrenze gehe, was in den Aequinoktien der Fall ist, durch den Nordpol; a, b, c seien Orte unter dem 60, 30, 0 Breitengrade; die gestrichelten Kreise bezeichnen die Höhe der Atmosphäre über jedem Orte. Nun steht die Sonne für a, b, c im Horizonte, ihre Strahlen werden noch von den Punkten a', b', c' reflektirt; diese Punkte sind sichtbar bei a^2, b^2, c^2, d. h. a^2, b^2, c^2 haben noch Dämmerung, wenn die Sonne für a, b, c untergeht. Nun ist aber die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher alle Orte der Erdoberfläche an der Rotation Theil nehmen, immer dieselbe. Wenn also c an die Grenze seiner Dämmerung nach c^2 gekommen ist, befinden sich die Punkte a und b noch innerhalb ihres Dämmerungsgebietes; wenn b nach b^2 gelangt ist, so hört auch dort die Dämmerung auf, für a dauert sie aber noch fort, bis die Lage P a^2 c^2 erreicht ist. Für den nördlicher gelegenen Punkt a muss also die Dämmerung länger dauern als für b, am kürzesten ist sie aber für die Orte am Aequator.

9. Beweis. — Die Erde ist ein frei im Weltraume schwebender Körper. Die andern uns bekannten im Weltraume schwebenden Körper zeigen Kugelgestalt, abgesehen von den Kometen, die ihrer geringen Dichtigkeit halber nicht mit der Erde verglichen werden können. Also wird auch wohl die Erde Kugelgestalt haben.

Will man diesen Beweis strenger führen, so muss man das Copernicanische Weltsystem voraussetzen, was für unsere Zwecke nicht angemessen erscheint; aber auch dann erhält man, wie es bei einem Beweise durch Analogie nicht anders sein kann, nur Wahrscheinlichkeit, keine Gewissheit.

Die letzten beiden Beweise setzen schon eine ziemlich hohe Entwicklung der Astronomie und der Geodäsie, der physiologischen Spekulation, der wissenschaftlichen Physik und besonders die Befreiung des Geistes von allen der Mythologie entstammenden kosmogonischen Vorstellungen voraus.

10. Beweis. — Wenn ich die Erde und die Fixsternsphäre in Bezug auf ihre Grösse mit einander vergleiche, so ist die Erde dem Himmel gegenüber nur ein Punkt. Ich kann daher, ohne einen bemerkenswerthen Fehler zu begehen, jeden beliebigen Ort der Erdoberfläche als Mittelpunkt eines grössten am Himmel gezogenen Kreises ansehen. Nehme ich nun ferner an, Erde und Himmel seien koncentrische Kugeln, so muss die Ebene des grössten Kreises am Himmel die Erde in einem koncentrischen Kreise schneiden. Theile ich nun einen grössten Kreis am Himmel in eine beliebige Anzahl, z. B. 360 gleiche Theile, so müssen die zu den Theilpunkten gehörigen Radien den entsprechenden Kreis auf der Erde in ebenso viele gleiche Theile theilen. Die Messungen zeigen, dass dies für die verschiedensten Gegenden der Erde der Fall ist, folglich ist unsere Annahme richtig: Erde und Himmel sind koncentrische Kugeln.

11. Beweis. — Astronomie und Geologie lehren, dass die Erde einst ein flüssiger Gluthball von grösserem Umfange als jetzt gewesen ist, dass diese Masse aber mit dem Verlust der Eigenwärme sich allmählich auf ihre jetzige Form zusammengezogen hat. Die Physik lehrt, dass alle zum Erdganzen gehörigen Massentheilchen das Bestreben haben, sich dem Massenmittelpunkt möglichst zu nähern; und diese Eigenschaft muss die Erdmasse auch in ihrem flüssigen Zustande gehabt haben, da sonst die Bildung der Erde unmöglich gewesen wäre. Da nun auf ihrem Wege zum Mittelpunkte die Massentheilchen sich gegenseitig hemmen und in Wirklichkeit nur eins derselben den Mittelpunkt erreichen und einnehmen kann, muss jenes Streben sich in das andere verwandeln, an einen Ort möglichst nahe dem Mittelpunkt zu gelangen, d. h. um den Mittelpunkt müssen sich auf möglichst engem Raume möglichst viele Massentheilchen zusammendrängen. Die Mathematik lehrt aber : die Kugel ist derjenige Körper, in welchem auf engstem Raume die meisten Massentheilchen Stelle finden. Ist also die Erde ein flüssiger

Gluthball gewesen, haben ihre Theile das Bestreben sich einem bestimmten Punkte möglichst zu nähern, so muss die Erde eine Kugel sein.

Die Kugelgestalt der Erde ist wohl zuerst von den Aegyptern gelehrt worden. Eine sichere Ueberlieferung gibt es zwar darüber nicht, so viel wir wissen, aber eine Reihe von Gründen macht es mehr als wahrscheinlich. Bis zum Jahre 1780 vor Christo hatten die Aegypter ein Sonnenjahr von 360 Tagen; um diese Zeit fügten sie dem Jahre 5 Tage zu. Sie beobachteten also genau den Lauf der Sonne; das aber konnten sie nur mit Hilfe sorgfältiger Sternbeobachtungen. Nun kannten sie ferner seit den Eroberungszügen des Sesostris (c. 1400 v. Chr.) die Länder vom Don bis nach Arabien und Indien, also einen Erdraum, der sich durch 30—35 Breitengrade erstreckt. Männern aber, die an die Beobachtung des Himmels gewöhnt waren, konnte der vollständig verschiedene Anblick desselben unter so verschiedenen Breiten nicht verborgen bleiben. Nun hatten aber die Aegypter auch schon die Anfänge der Mathematik, bei ihren Untersuchungen über die Planetenbewegungen bedienten sie sich der konstruktiven Methode, sie zeichneten[1]. Es finden sich also hier schon sehr frühzeitig alle Voraussetzungen für den ersten Beweis. Aber wenn den Aegyptern auch bis zu Ende des siebenten Jahrhunderts die Kugelgestalt der Erde unbekannt geblieben wäre, so musste diese Vorstellung sich doch bei ihnen entwickeln, nachdem die Umsegelung Afrikas unter Necho sie mit den Himmelserscheinungen der südlichen Hemisphäre bekannt gemacht hatte. Dazu kommt als weiterer Grund, dass der erste Grieche, der die Kugelgestalt der Erde gelehrt hat, ohne seine Landsleute von der Richtigkeit seiner Behauptung überzeugen zu können, Pythagoras, lange Zeit der Schüler der ægyptischen Priester gewesen ist[2]. Dass ferner der Gewährsmann des Aristoteles in astronomischen Dingen, Eudoxos von Knidos, ebenfalls längere Zeit sich in Aegypten aufgehalten hat, um das dortige Kalenderwesen kennen zu lernen[3]. Die Maassangaben für den Umfang der Erde treten ferner bei Aristoteles so unvermittelt auf, dass wir für sie wohl auch eine fremde Quelle, d. h. wiederum Aegypten, annehmen dürfen.

Die Methode übrigens, die Aristoteles anwendet, um die Kugelgestalt der Erde zu beweisen, ist beachtenswerth, da sie fast für anderthalb Jahrtausend ein unübertroffenes Vorbild methodischer, d. h. spekulativer Forschung gewesen ist. Er zeigt zunächst, dass die Erde weder eine Bewegung im Raume noch eine Drehung um ihre Axe haben

---

1. M. Cantor. Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker. Halle 1863, p. 20 ff.
2. *Ibid.*, p. 71 ff.
3. Prantl. Aristoteles. Vier Bücher über das Himmelsgewölbe. Leipzig, Engelmann, p. 304; vgl. auch Curtius, Griech. Geschichte, III, p. 524, Aristoteles, De caelo, II, c. 14.

könne. Eine Bewegung im Raume kann sie nicht haben, weil die Orte des Auf- und Untergangs der Sterne immer dieselben sind; eine fortschreitende Bewegung der Erde aber müsste nothwendiger Weise eine Veränderung dieser Orte herbeiführen. Eine Drehung um die Axe kann die Erde aber auch nicht haben; denn wenn das Ganze eine solche Bewegung hätte, müsste dieselbe sich auch auf jeden Theil übertragen; die fallenden Körper aber bewegen sich in geraden Linien, nicht in Kreisen oder Spiralen zum Mittelpunkt der Erde hin. Aus der Thatsache, dass die an einem Punkte senkrecht in die Höhe geworfenen Körper wieder rechtwinkelig zu demselben Punkte zurückfallen, folgt aber auch, dass der Mittelpunkt der Erde zugleich der Mittelpunkt des Weltalls, d. h. der Mittelpunkt der Anziehung ist. Als Beobachtungen, die hiermit übereinstimmen, führt er noch an, dass die Himmelserscheinungen sich so vollzögen, als ob die Erde sich im Mittelpunkte des Himmels befände. Dann geht er zur Betrachtung der Form der Erde über.

Um einen zwingenden Schluss (11. Beweis) zu erhalten, geht er von der Spekulation der ionischen Physiologen aus; er gibt zu, dass die Erde einst eine Mischung ungeschiedener Atome gewesen sei; alles was sich aus dieser als gleichartig ausschied, musste sich nach dem Verhältniss seiner Schwere gleichmässig von allen Seiten her zum Mittelpunkte bewegen; wird aber von allen Seiten Gleiches hinzugefügt, so muss das zuletzt Zugefügte überall von der Mitte gleich weit entfernt sein. Das aber ergiebt die Gestalt einer Kugel. Nachdem er so die Nothwendigkeit der Kugelgestalt der Erde nachgewiesen hat, beweist er auch ihre Wirklichkeit durch die Erscheinungen bei den Mondfinsternissen (6. Beweis) und durch das wechselnde Aussehen des Sternenhimmels (1. Beweis).

Indem wir nun die Entwicklung der Vorstellung von der Gestalt der Erde bei den Griechen einer späteren Gelegenheit vorbehalten, wollen wir im Folgenden versuchen, die Grundzüge des kosmischen Systems der Griechen, wie dasselbe seinen Abschluss bei Ptolemäus gefunden hat, in der Form einer Uebersetzung der betreffenden Kapitel der *Syntaxis mathematice* (I, 1-7) zu geben.

Wir legen hierbei, ohne eingehendere Kritik zu üben, die Ausgabe von Halma (Paris, 1813, 4°, 2 Bde) zu Grunde.

Aus dem mathematischen Lehrbuche des Claudius Ptolemaeus.

(Erstes Buch.)

Kapitel I.

Der Lösung der Aufgabe, die wir uns gestellt haben, soll eine allgemeine Betrachtung über das Verhältniss des Erdganzen zum Weltganzen vorausgehen. Unter den einzelnen Theilen aber dürfte wohl der erste sein: eine ausführliche Behandlung der Stellung des schiefen Kreises (d. h. der jährlichen Bahn der Sonne) sowie der Oerter auf dem von uns bewohnten Erdraum; namentlich soll der Unterschied ihrer gegenseitigen Lage, soweit dieselbe sich aus der jedesmaligen Neigung des Horizontes (gegen die Weltaxe) ergiebt, betrachtet werden. Denn die vorhergewonnene Kenntniss dieser Dinge macht die Auffassung des Folgenden leichter. Das zweite wäre die Darstellung der Bewegung von Sonne und Mond, sowie der Erscheinungen, die sich hieraus ergeben. Denn ohne die vorhergehende Behandlung dieser Dinge, wäre eine eingehendere Betrachtung der Sterne unmöglich. Da nun für unser Vorhaben die Behandlung der Sterne das Letzte ist, so möchte wohl mit Recht hier wiederum die Untersuchung über die Sphäre der sogenannten Fixsterne voranstehen, es würden dann die fünf Wandelsterne genannten Himmelskörper den Beschluss machen. Wir werden in jedem einzelnen Falle die Darlegung so zu fassen versuchen, dass wir allgemeine und sichere Beobachtungen, sowie unbezweifelte Ergebnisse alter und neuer Forschung (Spekulation) zu Ausgangspunkten und gleichsam zu festen Grundsteinen für unsere Entwickelungen nehmen, dass wir dann die hieraus sich ergebenden Vorstellungen, als der Wirklichkeit entsprechend, nachweisen durch die in der Darstellung durch Linien gegebenen Beweismittel.

Die allgemeinen Annahmen nun, die wir voranschicken müssen, sind folgende. Der Himmel ist kugelförmig, und ebenso ist seine Bewegung die einer Kugel. Die Erde zeigt ebenfalls, wenn man sie sich in der Gesammtheit ihrer Theile vorstellt, schon der sinnlichen Wahrnehmung die Gestalt einer Kugel. Sie hat ihren Ort, einem Centrum vergleichbar, in der Mitte des ganzen Himmels. Da sie selbst keine Bewegung im Raume vollzieht, hat sie, sowohl in Bezug auf Grösse wie in Bezug auf Entfernung, gegenüber der Sphäre der Fixsterne nur den Werth eines Punktes. Diese Dinge wollen wir, blos der Erinnerung halber, kurz durchnehmen.

Kapitel II.

Die ersten Begriffe von diesen Dingen sind den Alten wohl auf Grund folgender Beobachtung gekommen. Sie sahen wie die Sonne, der Mond und die übrigen Himmelskörper sich von Osten nach Westen bewegen, und zwar immer in Kreisen, die zu einander parallel sind; wie sie anfangen sich von unten aus der niedrigen Himmelsgegend zu erheben, als ob sie aus der Erde selbst kämen; wie sie allmählich in die Höhe steigen und dann wiederum auf ganz gleiche Weise in Bögen sich der niedrigen Himmelsgegend zu bewegen, bis sie zuletzt, als ob sie in die Erde hineinfielen, unsichtbar werden; wie sie dann aber wiederum, nachdem sie eine Zeit lang im Unsichtbaren geblieben sind, gleichsam neu erstanden auf- und niedergehen, und wie diese Zeiträume und ebenso die Orte der Auf- und Niedergänge sich, wenigstens im Allgemeinen betrachtet, in fester und gleichmässiger Ordnung entsprechen.

Am meisten aber erweckte in ihnen den Begriff einer Kugel die Bewegung der immer sichtbaren Sterne, die schon für die einfache Betrachtung kreisförmig ist und sich um einen und denselben Mittelpunkt vollzieht. Dieser Punkt aber musste zum Pol der Himmelskugel werden, da die ihm näher stehenden Sterne sich in kleineren Kreisen um ihn bewegen, während die ferneren im Verhältniss ihres Abstandes grössere Kreise an der Kugelfläche beschreiben, bis der Abstand in die Gegend der unsichtbar werdenden Sterne gelangt; von diesen aber sahen sie die den immer sichtbaren Sternen benachbarten nur kurze Zeit im unsichtbaren Raume verweilen, die Fernerstehenden dagegen im Verhältniss länger. Auf solche einfache Weise wohl haben die Menschen zuerst den erwähnten Begriff, und dann auch durch fortgesetzte Beobachtung eine Kenntniss alles dessen, was damit zusammenhängt, gewonnen. Denn jede andere Begriffsbildung wird durch sämmtliche Erscheinungen als unrichtig nachgewiesen.

Wie wollte man sich z. B., wenn man, wie einige wirklich gethan haben, annehmen wollte, die Bewegung der Sterne gehe in gerader Linie in die Unendlichkeit, die Wendung vorstellen, durch welche die einzelnen Sterne ihre tägliche sichtbare Bewegung immer wieder von demselben Ausgangspunkte anfangen könnten? Wie sollten die Sterne umbiegen können, wenn sie sich in der Unendlichkeit verlieren? Oder wie könnte ihre Umkehr unbemerkt bleiben? Müsste ihre Grösse nicht allmählich bis zur Unsichtbarkeit abnehmen? Sehen wir nicht vielmehr, dass sie grösser erscheinen an den Grenzen der Unsichtbarkeit, wenn sie allmählich verdunkelt und von der Oberfläche der Erde gleichsam durchgeschnitten werden? Aber auch die Annahme, dass sie bei ihrem Aufgang von der Erde aus angezündet, bei ihrer Rückkehr in dieselbe ausgelöscht werden, ergiebt sich als durchaus albern. Denn wenn wir auch zugeben wollten, dass

diese ganze Ordnung, sowohl was Grössen- und Massenverhältnisse, als was Abstände, Oerter und Zeiten anbetrifft, nur so obenhin und wie es der Zufall wolle, sich ergebe, dass ferner die Erde auf der einen Seite überall die Kraft zum Anzünden, auf der andern die zum Auslöschen habe; ja noch mehr, dass derselbe Ort für die eine Himmelsgegend das Anzünden, für die andere das Auslöschen besorge, und dass endlich sogar dieselben Sterne für einen Theil der Menschheit schon angezündet oder auch ausgelöscht seien, für einen andern aber noch nicht — wenn wir also Alles das zugeben wollten, was doch gewiss schon recht lächerlich ist, was könnten wir dann über die immer sichtbaren Sterne sagen, die weder auf- noch untergehen? Warum gehen die Sterne, die angezündet und ausgelöscht werden, nicht überall auf und unter? Warum bleiben die, bei welchen das nicht geschieht, nicht allenthalben über der Erde? Denn man wird doch nicht glauben, dass in demselben Augenblicke derselbe Stern für die eine Gegend angezündet oder ausgelöscht werde, während dies für eine andere Gegend nicht der Fall ist, zumal da es ja doch ganz allgemein festgestellt ist, dass dieselben Sterne wohl für die eine Gegend, nicht aber für eine andere auf- und untergehen.

Doch, um es kurz zu machen — wenn wir irgend eine andere Form als die der Kugel der Bewegung der Himmelskörper zu Grunde legen wollten, so würden nothwendiger Weise die Entfernungen von der Erde zu den Dingen, die sich über ihr fortbewegen, wie und wo wir die Lage derselben auch annehmen mögen, ungleich werden, und in Folge dessen müssten auch die Grössen und die gegenseitigen Abstände der Himmelskörper, je nachdem sie sich in einer grössern oder geringern Entfernung befänden, demselben Beobachter bei jeder Umwälzung ungleich erscheinen. Die Erfahrung zeigt, dass das nicht der Fall ist. Aber auch die Erscheinung, dass die Körper am Horizonte uns immer grösser vorkommen, wird nicht etwa durch ihre geringere Entfernung veranlasst, sondern durch den Dunst des die Erde umgebenden Wassers, der sich zwischen unserm Auge und den Körpern befindet; wie ja auch die in's Wasser geworfenen Körper grösser erscheinen, und um so grösser, je tiefer sie sinken.

Aber auch folgende Gründe zwingen zur Annahme der Kugelgestalt. Zunächst können unsere Sonnenuhren nur unter dieser Annahme richtig zeigen; ferner, alle Bewegung am Himmel vollzieht sich ohne Hinderniss und in vollständigster Leichtigkeit, von den ebenen Figuren ist aber die am leichtesten bewegliche der Kreis, von den körperlichen die Kugel; und drittens, von den Figuren mit gleichem Umfang ist diejenige die grössere, welche die grössere Anzahl von Ecken hat; und so ist von den ebenen Figuren der Kreis, von den körperhaften die Kugel am grössesten : der Himmel aber ist grösser als alle andern Körper.

Aber auch von gewissen physikalischen Voraussetzungen aus, konnte man zu einer

solchen Ansicht gelangen. Unter allen Körpern hat der Aether die vollkommenste Leichtigkeit und Gleichheit seiner Theile. Bei den Körpern mit gleichen Theilen müssen auch die Oberflächen in Bezug auf ihre Theile gleich sein. Gleich in Bezug auf seine Theile ist aber unter den ebenen Figuren nur der Umfang des Kreises, bei den körperhaften nur der der Kugel. Da nun der Aether nicht eben, sondern körperhaft ist, bleibt nur übrig, dass er auch Kugelgestalt habe. Und ferner: die Natur hat alle die vergänglichen Dinge auf der Erde aus im Allgemeinen rundlichen, in Bezug auf ihre Theile aber ungleichen, die göttlichen Dinge dagegen im Aether aus kugelförmigen, d. h. in Bezug auf ihre Theile gleichen Figuren zusammengesetzt. Denn wenn die Letztern (d. h. die Himmelskörper) eben oder flach gewölbt wären, so würden sie nicht allen gleichzeitigen Beobachtern an den verschiedenen Stellen der Erde die Figur eines Kreises zeigen können. Daher ist die Annahme wohl gegründet, dass auch der sie umschliessende Aether, der das gleiche Wesen mit ihnen hat, kugelförmig sei, und sich in Folge der Gleichheit seiner Theile kreisförmig und gleichmässig bewege.

Kapitel III.

Dass aber auch die Erde, wenn man sie im Zusammenhang ihrer sämmtlichen Theile betrachtet, für die sinnliche Wahrnehmung Kugelgestalt zeigt, könnte man wohl am ersten durch folgende Ueberlegung feststellen. Auf- und Untergänge der Sonne, des Mondes und der andern Himmelskörper finden nicht gleichzeitig für alle Orte auf der Erde statt, sondern in jedem einzelnen Falle früher für die nach Osten, später für die nach Westen gelegenen Orte. Wir finden nämlich, dass die zu derselben Zeit sich vollziehenden Finsternisserscheinungen, besonders aber die Mondfinsternisse, nicht überall zu denselben Stunden, d. h. zu solchen die gleichen Abstand von dem Mittag haben, verzeichnet sind, sondern in jedem Falle sind die von den weiter östlich stehenden Beobachtern verzeichneten Stunden später, als die von den weiter westlich stehenden verzeichneten. Und da nun ferner sich ergeben hat, dass der Unterschied der Stunden im Verhältniss steht zu der Entfernung der Orte, so darf man wohl mit Recht annehmen, dass die Oberfläche der Erde kugelförmig ist; denn die Annahme einer in allen Theilen gleichmässigen Krümmung ergiebt ein gleiches Zeitverhältniss für den Eintritt der Verdunklung für eine Reihe von Ost nach West gelegener Orte. Wenn aber die Gestalt eine andere wäre, würde das nicht der Fall sein können; wie man auch aus Folgendem sehen kann.

Wenn nämlich die Oberfläche der Erde hohl wäre, so würden den Bewohnern des fernen Westens die Himmelskörper bei ihrem Aufgange zuerst sichtbar werden; wenn dieselbe flach wäre, so würden sie für alle Orte der Erde zugleich und genau in dem-

selben Augenblicke auf- und untergehen; wenn sie aber aus Dreiecken, Vierecken oder aus andern vielseitigen Figuren bestünde, so müssten wiederum für alle die auf derselben Fläche wohnen, die Erscheinungen gleichzeitig stattfinden, was durchaus nicht der Fall ist. Dass sie aber auch nicht die Form eines Cylinders haben kann, der seine runde Oberfläche gegen Ost und West, die ebenen Endflächen aber gegen die Pole des Weltalls kehrt, wie man wohl als einigermaassen wahrscheinlich angenommen hat, wird hieraus klar: für die Bewohner der gekrümmten Oberfläche würde nämlich keiner unter den Himmelskörpern immer sichtbar sein, sondern dieselben würden entweder für alle auf- und untergehen, oder aber dieselben Sterne, die einen gleichen Abstand von einem der beiden Pole haben, blieben immer für alle unsichtbar. Nun aber werden, je weiter wir nach Norden gehen, um so mehr von den südlicher stehenden Sternen verdeckt, um so mehr von den nördlicher stehenden sichtbar, und hieraus wird auch für diese Richtung die Krümmung der Erde offenbar; aus dem durch das Verhältniss der Krümmung bedingten Eintritt der Finsternisse für die zu beiden Seiten (der erwähnten Richtung) liegenden Theile ergibt sich, dass nach allen Seiten hin die Gestalt eine Kugel ist. Und endlich, wenn wir gegen Berge oder andere hochgelegene Orte aus irgend einer beliebigen Richtung heransegeln, so sehen wir, wie die Höhe derselben allmählich wächst, gleich als ob sie aus dem Meere selbst auftauchten, während sie doch vorher nur durch die Krümmung der Meeresfläche verdeckt gewesen sind.

Kapitel IV.

Wenn wir nun nach diesen Auseinandersetzungen zur Betrachtung des Ortes der Erde übergehen, so werden wir zu der Erkenntniss kommen, dass die rings um dieselbe sich vollziehenden Himmelserscheinungen nur unter einer Bedingung so wie es geschieht sich vollziehen können: wenn wir nämlich annehmen, die Erde stehe wie das Centrum einer Kugel in der Mitte des Himmels. Denn wenn dies nicht so wäre, so müsste die Erde entweder seitwärts von der Weltaxe und von beiden Polen gleich weit entfernt stehen, oder sie stünde in der Weltaxe aber näher nach dem einen der beiden Pole hin, oder endlich, sie stünde weder in der Axe noch hätte sie gleichen Abstand von den beiden Polen.

Gegen die erste der drei Annahmen streiten nun folgende Erscheinungen, die eintreten müssten, wenn wir glaubten, die Richtungen nach oben und nach unten hätten sich durch eine Veränderung des Erdortes für einige Gegenden verschoben. Für die Orte mit senkrechter Himmelsbewegung würde niemals Tag- und Nachtgleiche eintreten, da allenthalben durch den Horizont der Raum über der Erde und der unter der Erde in ungleiche Theile getheilt sein müsste. Für die Orte mit schräger Himmelsbewegung aber

würde entweder niemals Tag- und Nachtgleiche Statt finden können, oder wenigstens nicht wenn die Sonne sich in der Mitte ihres Weges von der sommerlichen zur winterlichen Wende befindet. Denn diese Entfernungen müssten nothwendigerweise ungleich werden, da nicht mehr der Aequator, d. h. der grösste unter den Parallelkreisen, die durch die tägliche Bewegung des Himmels beschrieben werden, von dem Horizonte in zwei gleiche Theile getheilt wird, sondern einer der andern mehr nördlich oder mehr südlich liegenden Parallelkreise. Es ist aber allgemein festgestellt, dass die Theile des Aequators gleich sind, zumal da ja auch die Zunahme der Tage von der Nachtgleiche bis zum längsten Tage zur Zeit der Sommerwende gleich ist der Abnahme bis zum kleinsten Tage zur Zeit der Winterwende. Wenn man nun aber auch eine Ortsverrückung bestimmter Gegenden gegen Osten oder Westen annehmen wollte, so würde es für diese sich wohl ergeben, dass weder die Grösse noch die Entfernungen der Himmelskörper gleich und die nämlichen blieben für den östlichen und den westlichen Horizont, noch dass die Zeit die vom Aufgange eines Sternes bis zur Kulmination verginge, gleich wäre der von der Kulmination bis zum Untergang, was wiederum offenbar allen Beobachtungen widerspricht.

Gegen die zweite der Annahmen aber, nach welcher wir uns die Erde zwar auf der Axe aber näher nach dem einen Pole hingerückt zu denken hätten, könnte man wohl erwiedern, dass, wenn dies der Fall wäre, die Ebene des Horizontes für jede geographische Breite die Theile des Himmels über und die unter der Erde in verschiedener Weise ungleich machen würde. Die Ungleichheiten dieser Theilung würden sich nach dem Maasse der Verschiebung richten und sich sowohl an den einander ergänzenden, als an den sich nicht ergänzenden Theilen zeigen; nur den senkrecht bewegten Himmel würde der Horizont in gleiche Theile theilen; für die Gegenden mit solcher Breite, dass der nähere Pol sichtbar wäre, würde der Horizont den Raum über der Erde kleiner, den unter der Erde grösser erscheinen lassen als die Hälfte. Eine weitere Folge aber würde sein, dass auch der durch die Mitte des Thierkreises gelegte grösste Kreis von der Ebene des Horizontes ungleich getheilt würde, was doch aller Beobachtung widerspricht; es sind vielmehr immer und überall sechs von den zwölf Zeichen über der Erde, die sechs andern aber unsichtbar; dann aber erscheinen wiederum diese sämmtlich gleichzeitig über der Erde, während nun die andern ihrerseits unsichtbar sind. Es ist also wohl offenbar, dass die Theile in welche der Thierkreis vom Horizonte zerschnitten wird, Hälften desselben sind, da ja dieselben vollständigen Halbkreise sich bald über, bald unter dem Horizonte befinden.

Und wenn nun gar ganz allgemein die Stellung der Erde nicht mehr genau unter dem Aequator wäre und zugleich in Bezug auf einen der beiden Pole eine Abweichung nach Norden oder Süden zeigte, so würde sich daraus ergeben, dass in den Nachtgleichen

auf den zum Horizonte parallelen Ebenen die Schatten der Zeitweiser bei Sonnenaufgang mit dem Schatten bei Sonnenuntergang nicht mehr eine grade Linie bilden könnten. Und diese Folgerung wäre doch der sinnlichen Wahrnehmung direkt entgegen. Die Unzulässigkeit der dritten Annahme ist aber auch daraus klar, dass in ihr die Unmöglichkeiten der beiden ersten Annahmen zusammentreffen würden.

Um zum Schluss zu kommen — die ganze durch Beobachtung festgestellte Ordnung in der Ab- und Zunahme der Tage würde vollständig zerfallen, wenn wir nicht die Erde als Mittelpunkt der Welt annähmen. Und überdies würden sich auch die Verfinsterungen des Mondes nicht für alle Theile des Himmels nur dann vollziehen können, wenn der Mond der Sonne diametral gegenüber steht; die Erde würde vielmehr oft bei diametralen Vorübergängen keine Verfinsterungen herbeiführen, wohl aber bei Abständen, die kleiner wären als ein Halbkreis.

Kapitel V.

Dass nun ferner für unsere Beobachtungen die Erde im Vergleich zu der Entfernung der sogenannten Fixsternsphäre nur den Werth eines Punktes hat, ergiebt sich daraus, dass für ihre sämmtlichen Theile zu derselben Zeit die Grösse und die Abstände der Gestirne gleich und durchaus unverändert erscheinen. Denn die Ergebnisse der unter den verschiedenen Breiten gemachten Beobachtungen derselben Erscheinungen weichen auch nicht im geringsten von einander ab. Hierzu muss man ferner noch hinzufügen, dass die an jedem beliebigen Orte der Erde aufgestellten Stundenweiser und ebenso die Mittelpunkte der Ringkugeln dieselben Eigenschaften haben wie der wahre Mittelpunkt der Erde, und dass der Durchfall der Strahlen und die Wanderung der Schatten so vollständige Uebereinstimmung mit der Vorausberechnung der Erscheinungen zeigt, als ob beides genau am Mittelpunkte der Erde Statt fände.

Ein deutliches Zeichen dafür dass es sich so verhält, ist aber auch, dass überall die durch unser Gesichtsfeld gelegten Ebenen, die wir Horizonte nennen, jedesmal die ganze Himmelskugel halbieren. Und das würde nicht möglich sein, wenn die Grösse der Erde beachtenswerth wäre gegenüber dem Abstand der Himmelskörper; denn dann könnten nur die durch den Punkt genau in der Mitte der Erde gelegten Ebenen die Kugel halbieren. Die an irgend einem Punkt der Erdoberfläche angelegten Ebenen würden aber die Theile unter der Erde grösser machen als die über der Erde.

Kapitel VI.

Aus denselben eben entwickelten Gründen wird sich nun auch ergeben, warum die Erde weder im Stande ist eine Bewegung nach irgend einem der erwähnten Theile zu machen, noch überhaupt ihren Ort am Mittelpunkte zu verlassen; es würden dann

ja wohl dieselben Erscheinungen eintreten, als ob sie eine feste Lage seitwärts vom Mittelpunkt hätte. Da nun ein für alle Mal aus den Erscheinungen selbst sich herausgestellt hat, dass die Erde den Mittelpunkt des Weltalls einnimmt und dass alle schweren Körper sich nach ihr hinbewegen, scheint es mir überflüssig zu sein noch weitere Gründe für die Anziehung aufsuchen zu wollen. Nur Folgendes möchte wohl noch geeignet sein, diese Erkenntniss zu erleichtern. Da wir, wie gesagt, bewiesen haben, dass die Erde Kugelgestalt hat und die Mitte des Weltalls einnimmt, so muss die Richtung des Falls der schweren Körper, ich meine natürlich den freien Fall, jedesmal und überall rechtwinkelig sein zu der Berührungsebene, die durch den vom Fall getroffenen Punkt gelegt ist. Da nun dies wirklich so ist, ist es auch offenbar dass die Körper, wenn ihnen nicht die Oberfläche der Erde Widerstand leistete, sich von allen Seiten am Mittelpunkt begegnen würden, da ja auch die zu diesem hinführende Gerade immer rechte Winkel bildet mit der Berührungsebene, die durch den Schnittpunkt an der Oberfläche der Kugel gelegt ist.

Diejenigen aber, welche es für vernunftwidrig halten, dass eine solche Masse wie die Erde weder irgend eine feste Grundlage noch irgend eine Bewegung habe, scheinen bei ihrer Meinung darin zu fehlen, dass sie mehr auf die Vorgänge in ihrer nächsten Umgebung als auf das dem Weltall eigenthümliche Wesen achten. Denn ich glaube nicht dass ihnen jene Dinge noch wunderbar erscheinen werden, wenn sie wissen, dass der ganze Umfang unserer Erde im Vergleiche zu dem Ganzen sie einschliessenden Weltraum nur den Werth eines Punktes hat. Denn dann wird es ihnen möglich erscheinen, dass das an Werth Kleinste von dem absolut Grössesten, das aus lauter gleichen Theilen besteht, vollständig beherrscht und von allen Seiten her mit gleicher Kraft und mit gleicher Neigung gestützt wird. Denn wie man an einer Kugel weder ein Oben noch ein Unten wahrnimmt, so giebt es auch im Weltall der Erde gegenüber weder oben noch unten. Wenn nämlich von den Elementen (d. h. von den gleichartigen, von den anderen abgesonderten Massen) soweit sie eine freie, ihrer Natur entsprechende Bewegung haben, die aus leichten, dünnen Atomen bestehenden nach aussen, nach dem Umfang hin gleichsam geweht werden, so scheinen sie für jeden Ort die Richtung nach oben anzunehmen, da für uns alle der Raum über unserm Kopfe, den wir ja oben nennen, nach der uns einschliessenden Kugelfläche hinliegt. Und wenn die aus schweren und dichten Atomen bestehenden Massen sich nach der Mitte, wie nach einem Centrum hin bewegen, so scheinen sie nach unten zu fallen, da ja für uns alle der Raum an unsern Füssen, den wir unten nennen, seinerseits nach dem Mittelpunkt der Erde hinliegt. In Folge aber des von allen Seiten gleichmässigen und gleichgerichteten Stosses und Gegenstosses ziehen sich diese Massen natürlich um die Mitte zusammen. Und so wird man es denn wohl auch begreiflich finden, dass die ganze Masse der Erde, die ja im Vergleich zu dem

was sich gegen sie hinbewegt, so sehr gross ist, auch bei dem Anstossen dieser so sehr kleinen Massen nach allen Seiten hin unerschütterlich bleibt und dass sie das ihr gleichsam Zufallende aufnimmt. Wenn aber auch sie, gerade wie alle andern mit Schwere ausgerüsteten Massen unter einer allgemeinen und einheitlichen Anziehung stünde, dann müsste sie offenbar in Folge des so bedeutenden Uebermaasses ihrer Grösse in ihrer Bewegung alles andere überholen, die Thiere so wie alle andern schweren Körper, die zeitweilig in der Luft schweben; sie selbst aber würde sehr bald vollständig aus dem Himmel herausfallen. Daran zu denken wäre aber wohl von allem das Lächerlichste.

Nun haben noch gewisse Leute, da sie diesen Gründen nichts entgegenzustellen vermochten, eine wie sie glauben wahrscheinlicher klingende Behauptung aufgestellt. Sie glauben, dass Nichts sie widerlegen werde, wenn sie einem Vernunftgrunde zu gefallen annehmen, dass der Himmel unbewegt sei, dass aber die Erde sich um dieselbe Axe und zwar von Westen nach Osten und täglich mit einer fast vollständigen Umdrehung bewege; oder auch wenn sie beiden eine entsprechende Bewegung zutheilten, aber um dieselbe Axe die auch wir annehmen, und in Uebereinstimmung mit denselben Beobachtungen.

Wenn nun auch in Bezug auf die Himmelserscheinungen Nichts dem im Wege steht, dass die Sache sich jener einfacheren Vorstellung entsprechend verhalte, so ist jenen Leuten doch entgangen dass in Bezug auf die Vorgänge in unserer Nähe und in den untern Luftschichten die durchaus lächerliche Annahme folgender Erscheinungen nothwendig wäre. Wir wollen ihnen nun zunächst ihre unwissenschaftliche Annahme zugeben, dass die leichtesten aus den dünnsten Atomen bestehenden Körper entweder gar keine Bewegung haben, oder doch keine solche, die sie von den Körpern mit entgegengesetzter Natur unterschiede, während doch die aus weniger dünnen Atomen bestehenden Körper unseres Luftkreises, wie man deutlich erkennen kann, schnellere Bewegungen vollziehen als alle erdartigen; dass ferner die schwersten, aus den dichtesten Atomen bestehenden Körper eine so schnelle und gleichmässige freie Bewegung vollziehen, während doch die erdartigen Körper eingestandenermaassen zuweilen nicht einmal die auf sie übertragene Bewegung in ähnlicher Weise fortzusetzen vermögen: dann werden sie aber ihrerseits doch wohl zugeben, dass die Drehung der Erde mehr Gewalt haben müsse als alle einfachen Bewegungen auf ihr, da sich trotz ihres Umfanges die Wiederkehr zu demselben Punkte in so kurzer Zeit vollzieht; in Folge davon aber müsste Alles, was nicht auf der Erde befestigt ist, immer eine einzige der Erde entgegengesetzte Richtung zeigen; es könnte dann wohl niemals eine Wolke oder ein anderer fliegender oder geworfener Körper aufgezeigt werden, der seinen Ort nach Osten hin veränderte; denn die Erde würde allen zuvorkommen und jede Bewegung nach Osten hin überholen, so dass alle übrigen Körper zurückblieben und nach Westen hin ihren Ort zu verändern schienen.

Denn wenn sie auch einwenden wollten, dass sich das Luftmeer mit der Erde in derselben Weise und mit derselben Geschwindigkeit wie diese sich bewegen könnte, so würden doch nichts desto weniger die luftartigen Körper bei der gemeinsamen Bewegung zurückzubleiben scheinen. Oder aber, wenn dieselben gleichsam eins wären mit der bewegten sie umgebenden Luft, dann könnten sie doch weder in bemerkbarer Weise vorwärtsgehen noch zurückbleiben, sie würden immer unbewegt ercheinen und könnten weder durch Flug noch durch Wurf irgend eine Ortsveränderung vornehmen. Trotz aller Deutlichkeit aber, mit der wir solche Vorgänge vor unsern Augen sich vollziehen sehen, ergiebt sich bei ihnen weder eine Verzögerung noch eine Beschleunigung, was doch geschehen müsste, wenn die Erde nicht still stände.

Kapitel VII.

Es wird nun genügen, dass wir diese Annahmen, die nothwendigerweise den Einzeluntersuchungen vorangehen müssen mit ihren Folgerungen bis hierher, d. h. in ihren wesentlichsten Punkten ausgeführt haben, zumal da der beste Beweis für ihre vollständige Richtigkeit in ihrer Uebereinstimmung mit dem liegt, was im Folgenden der Reihe nach von den Himmelserscheinungen weiter dargestellt werden soll. Von den weitern Principien aber möchte noch Folgendes zu erwähnen nothwendig sein. Es giebt zwei verschiedene ursprüngliche Bewegungen am Himmel; die erste ist die durch welche Alles von Osten nach Westen bewegt wird; sie vollendet ihren Umschwung immer in derselben Weise und mit derselben Geschwindigkeit in Kreisen, die unter einander parallel sind und natürlich durch die Axendrehung derjenigen Sphäre beschrieben werden, die alles gleichmässig mit sich bewegt. Der grösste dieser Kreise wird Gleicher genannt; er ist der einzige, der an jedem Orte vom Horizonte, welcher auch ein grösster Kreis ist, halbiert wird und der, wenn die Sonne in ihm ihren Umschwung vollzieht, wie man überall beobachten kann, Tag und Nacht gleich macht.

Die andere Bewegung ist die, durch welche die Sphären der Himmelskörper in einer der vorerwähnten Bewegung entgegengesetzten Richtung bestimmte Ortsveränderungen vollziehen, und zwar um andere Pole, nicht um dieselben wie die erste Kreisbewegung. Dass dies so ist, folgern wir daraus, dass für die Beobachtung jedes einzelnen Tages die Himmelskörper ohne Ausnahme in gleichartigen und zum Gleicher parallelen Bahnen vor unsern Augen aufgehen, die Mitte des Himmels erreichen und untergehn. Das ist die Eigenthümlichkeit der ersten Bewegung.

Aus einer längere Zeit hindurch fortgesetzten Beobachtung ergiebt sich aber, dass die grosse Mehrzahl der Himmelskörper sowohl ihre gegenseitigen Abstände als auch ihre Eigenthümlichkeiten in Bezug auf die ihnen nach der ersten Bewegung zukommenden

Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10

Orte vollständig beizubehalten scheinen; dass aber die Sonne, der Mond und die Wandelsterne gewisse Ortsveränderungen zeigen, die zwar mannigfaltig und einander ungleich sind, die aber in Bezug auf die allgemeine Bewegung eine Richtung nach Osten haben, so dass jene Himmelskörper zurückbleiben hinter den Sternen, die ihre gegenseitigen Abstände festhalten und gleichsam von einer Sphäre bewegt werden.

Wenn nun auch diese andere Bewegung der beweglichen Himmelskörper in Kreisen Statt fände, die dem Gleicher parallel wären, also zu der ersten, sich um die Pole vollziehenden Bewegung gehörten, so würde es hinreichend sein, auch bei ihnen nur eine Kreisbewegung anzunehmen, dieselbe wie bei allen, durch die sie nur hinter der ersten Bewegung zurückblieben. Denn dann würde es doch wahrscheinlich sein, dass die Ortsabweichungen derselben in Folge einer verminderten Geschwindigkeit und nicht einer entgegengesetzten Bewegung einträten. Nun aber zeigt sich, dass sie neben den Unregelmässigkeiten in der Zeit des Aufganges auch immer nach Norden und Süden hin ihren Ort ändern; und da die Grösse dieser Ortsveränderungen wechselt, muss man wohl annehmen, dass diese Erscheinungen in Folge von seitlich wirkenden Kräften sich ergeben. Da aber die Bewegung nur bei oberflächlicher Betrachtung unregelmässig, dagegen wohlgeordnet erscheint, wenn man sie auf einem zum Aequator schrägen Kreise sich vollziehen lässt, so wird man zu der Annahme gedrängt, dass dieser Kreis ein bestimmter und den beweglichen Himmelskörpern eigenthümlicher ist, der am Genauesten beschrieben wird von der Bewegung der Sonne, der aber auch von dem Monde und den Wandelsternen durchlaufen wird, die sich alle in ihm bewegen und nicht etwa zufällig heraustreten aus den für die Abweichung eines jeden von ihnen nach beiden Seiten hin gezogenen Grenzen. Da nun aber auch dieser Kreis als ein grösster Kreis angesehen werden muss, weil die Sonne sich gleich weit nach Süden und nach Norden vom Aequator entfernt, da ferner, wie gesagt, in eben demselben der Ortswechsel aller beweglichen Himmelskörper nach Osten hin sich vollzieht, so müssen wir nothwendigerweise eine von der Gesammtbewegung verschiedene, zweite Bewegung annehmen, die sich um die Pole des angenommenen schrägen Kreises und in der der ersten Bewegung entgegengesetzten Richtung vollzieht.

Stellen wir uns nun denjenigen grössten Kreis vor, der durch die zu den erwähnten Kreisen gehörigen Pole gezogen ist, so muss derselbe nothwendigerweise jeden von ihnen, d. h. den Gleicher und den gegen denselben geneigten Kreis zweimal rechtwinkelig schneiden; dadurch ergeben sich auf dem schrägen Kreise vier Punkte; zwei liegen auch im Gleicher an den Enden eines Durchmessers; diese heissen die Punkte der Nachtgleichen, und zwar wird der, welcher den Uebergang der Sonne von Mittag nach Norden bezeichnet, Frühlingspunkt, der entgegengesetzte Herbstpunkt genannt. Die beiden andern aber, die auch auf dem durch die beiden Pole gezogenen Kreise liegen

und offenbar wiederum die Enden eines Durchmessers bilden, heissen Wendepunkte; der auf der Südseite des Aequators ist der Punkt der Winterwende, der auf der Nordseite der Punkt der Sommerwende.

Man muss sich nun ferner vorstellen, dass die eine, und zwar die erste Bewegung, die alle die andern einschliesst, beschrieben und gleichsam eingeschlossen werde von dem durch beide Pole gezogenen grössten Kreise, der seinerseits wiederum eine Axenbewegung habe und Alles übrige, was rings um die Pole des Gleichers feststeht, von Osten nach Westen über den sogenannten Mittagskreis hinwegbewege, der sich nur dadurch von dem vorerwähnten Kreise unterscheidet, dass er nicht auch in jeder Lage durch die Pole des schrägen Kreises beschrieben ist. Da er immer rechtwinkelig zum Horizonte gedacht werden muss, wird er Mittagskreis genannt, denn in dieser Lage halbiert er die unter und über der Erde gelegenen Halbkugeln, und enthält die Mittags- und Mitternachtspunkte.

Die zweite mehrfach zusammengesetzte Bewegung wird von der ersten eingeschlossen, schliesst aber ihrerseits alle Sphären der bewegten Himmelskörper ein, sie wird zwar, wie wir gesagt haben, von der ersten Bewegung mitgerissen, vollzieht sich aber doch in entgegengesetzter Richtung um die Pole des schiefen Kreises. Diese aber stehen ihrerseits immer fest auf dem die erste Axendrehung vollziehende Kreise durch beide Pole; sie beschreiben natürlich mit der Drehung desselben ihrerseits Kreise. Bei der zweiten entgegengesetzten Bewegung aber behalten die Pole des durch dieselben beschriebenen grössten, d. h. eben jenes schiefen Kreises, immer dieselbe Lage zum Aequator.

Kapitel VIII.

Das möchte wohl die auf die wichtigsten Punkte beschränkte Durchnahme Alles dessen sein, was bei den folgenden Auseinandersetzungen vorausgesetzt werden muss.