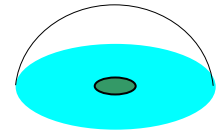


Gravitation und Planetenbewegung

A) Geschichte der Weltbilder.

a) Die Vorstellung der Erde als *flache Scheibe* vertraten schriftlose Völker, sowie die *mesopotamischen* Hochkulturen. Schöpfungsmythen zufolge sei die Erde eine winzige Insel inmitten des Urozeans. Dieses Urbild findet sich auch im Alten Testament der hebräischen Bibel wieder.



b) Die *griechische* Antike fand schnell Argumente für die Kugelgestalt der Erde.

Argumente der Beobachtung:

- 1) Bei Mondfinsternis erscheint der Schatten der Erde auf dem Mond, wie auf einer „Projektionsleinwand“, stets rund.
- 2) Im Süden der Nordhalbkugel stehen die Sterne der Ekliptik höher am Himmel als im N.
- 3) Ein ankommendes Schiff zeigt als erstes die Mastspitze.

Philosophisch-religiöses Argument:

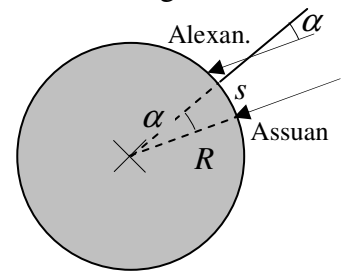
Wie die Hebräer, so entwickelten auch die *Griechen* einen *Monotheismus*. Dieser war jedoch *philosophischer* Art und entsprang der Vorstellung der *Einheit* von göttlichem Wesen und Natur. Christentum und Islam bereicherten ihr Gottesbild mit diesen Gedanken der Antike.

Im philosophischen Monotheismus gilt das Ideal von Kreis, Kugel und *Mittelpunkt*.

Daraus leiteten die Griechen *gedanklich* ab, dass alle Körper zum Mittelpunkt des All-Einen und damit zum Mittelpunkt der Erde streben müssten, weshalb die Erde eine Kugel sei.

Messung des Erdumfanges durch *Eratosthenes* im 3. Jahrhundert v.

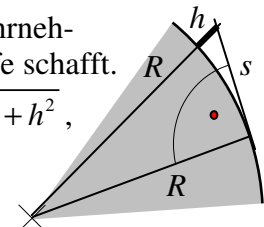
Chr.: Assuan in Ägypten liegt etwa auf dem nördlichen Wendekreis, sodass die Sonne zur Sommersonnenwende dort senkrecht am Himmel steht und ein senkrecht aufgestellter Stab *keinen* Schatten wirft. In Alexandria, $s = 800 \text{ km}$ nördlicher, wirft ein senkrechter Stab zur selben Zeit jedoch einen Schatten unter ca. 7° .



Daraus ergibt sich: $\frac{2\pi \cdot R}{360^\circ} = \frac{800 \text{ km}}{7^\circ}$ bzw. $R \approx 6548 \text{ km}$, - ein hervorragender Wert.

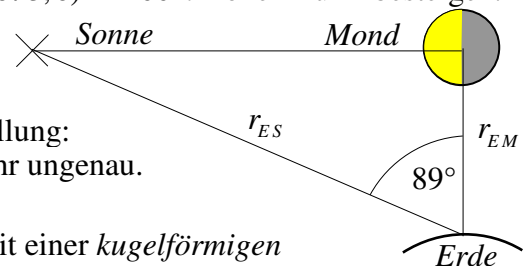
Die folgende Horizontberechnung zeigte den Griechen, wie *klein* der Wahrnehmungsbereich des Menschen ist, so dass erst Denken und Rechnen Abhilfe schafft.

Die Entfernung s zum Horizont folgt aus $(R+h)^2 = s^2 + R^2$ zu $s = \sqrt{2Rh + h^2}$, bzw. $s \approx \sqrt{2Rh}$. Mit $R \approx 6400 \text{ km}$ erhält man die Weite s in km daher nach der Faustformel $s = 3,6 \cdot \sqrt{h}$, wobei h in Metern einzusetzen ist.



Beispiele: 1) Für die Augenhöhe $h = 1,69 \text{ m}$ ist der Horizont wegen $\sqrt{1,69} = 1,3$ nur $s = 3,6 \cdot 1,3 \approx 4,7 \text{ km}$ entfernt. 2) Um die Küstenlinie einer Insel in 36 km Entfernung über den Horizont schimmern zu sehen, muss ich einen $h = (36/3,6)^2 = 100 \text{ m}$ hohen Turm besteigen.

Die Entfernung Erde/Sonne ermittelten die alten Griechen aus der Entfernung Erde/Mond und dem Winkel zwischen Mond und Sonne zur Halbmondstellung: $r_{ES} = r_{EM} / \cos 89^\circ \approx 57 \cdot r_{EM}$. Der Wert war jedoch sehr ungenau.



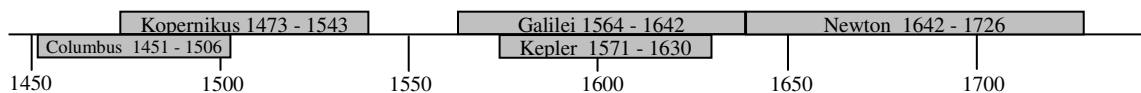
c) Die *Antike* vertrat also ein geozentrisches Weltbild mit einer *kugelförmigen* Erde im Zentrum. Mond, Sonne und Planeten seien an unsichtbare *Kristallsphären* geheftet, welche die Erde konzentrisch umgäben und die Himmelskörper bei ihren Drehungen „mitnahmen“. Rätselhaft war nur die zeitweilige Rückwärtsbewegung, welche für die äußeren Planeten, Mars, Jupiter und Saturn am *Nachthimmel* sichtbar ist. Zur Zeit der *Spätantike* löste *Ptolemäus* dieses Problem, indem er jedem Planeten eine weitere rotierende Kristallsphäre, den Epizyklus, zuordnete, dessen Mittelpunkt jeweils auf der Hauptsphäre

umläuft, siehe Übungsaufgabe 3). Diese „Konstruktion“ beschrieb die Bewegung der Planeten gut, doch wusste niemand, welche titanischen Kräfte die Himmelsphären halten und drehen.

- d) Es ist ein anhaltender Propagandaerfolg der *Aufklärungszeit* gegen das „finstere *Mittelalter*“, dass bis heute viele meinen, dieses hätte wieder an die „flache Erde“ geglaubt (Wikipedia). *Alle* gebildeten Kreise, wie auch die Katholische Kirche, gingen von der Kugelgestalt der Erde aus. Thomas von Aquin (1225–1274), der einflussreichste Kirchenlehrer des Mittelalters, vertrat die kugelförmige Erdgestalt und der Kaiser trug den Reichsapfel und keine Scheibe wie die Pharaonen. Man hatte lediglich Zweifel an der Bewohnbarkeit der „Erdunterseite“ und auch der Stand der Schiffstechnik ließ eine Erdumseglung als hoffnungslos erscheinen. Erst die Sperrung der Seewege nach Indien sowie eine fehlerhafte Neuberechnung des Erdumfangs ermunterten *Columbus* das Abenteuer mit unzureichenden Schiffen zu wagen.
- e) In der *frühen Neuzeit* führte *Kopernikus* das *heliocentrische* Weltbild ein und erklärte die Rückwärtsbewegung zum schlichten „Sehproblem“. Auch wenn die Erde dadurch ihre Mittelpunktstellung einbüßte, so entfielen doch die komplizierten Epizyklen und die Planeten waren wieder an rein *konzentrische* Sphären geheftet. Weil die „Harmonie“ des Himmels dadurch sogar gesteigert war, wurde dieses Weltbild kirchenseits zumindest als Hypothese akzeptiert.

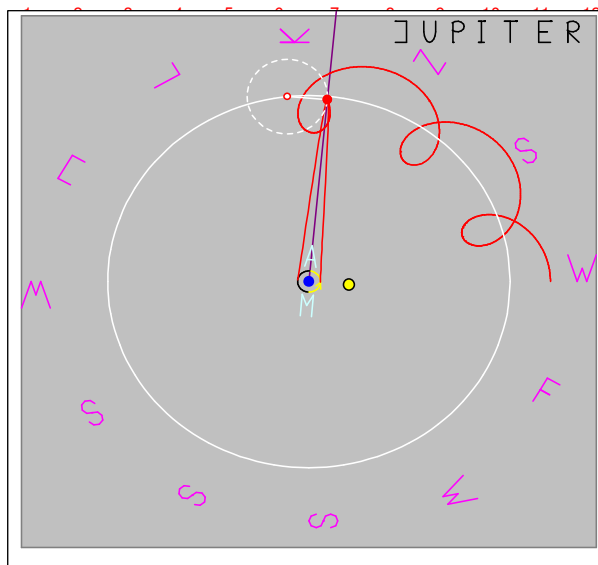
Doch nun folgten drei Schritte, die das alte Weltbild auflösten und ein neues schufen.

- 1) Mit großer Gewissenhaftigkeit wertete *Johannes Kepler* Messergebnisse von *Tycho Brahe* aus und korrigierte die Kreisbahnen zu minimal *exzentrischen Ellipsen*. Diese, aus heutiger Sicht geringfügige Modifikation, brachte aber das gerade durch Kopernikus wiederhergestellte Ideal von Kugel, Kreis und *Mittelpunkt* zum völligen Einsturz, denn die Sonne steht in einem der *Brennpunkte*, - die Mitte ist *leer*. Die *leere Mitte* erschütterte aber die antike Vorstellung, welche „Mitte“ und „Gott“ stets zusammen dachte. - Dies ging nun nicht mehr.
 - 2) *Galileo Galilei* betrachtete den Mond durch das gerade erfundene Fernglas und sah, wie dieser *Himmelskörper* mit Bergen, Tälern und „Maren“ der Erde ähnelt. Im Umkehrschluss nahm er dann den Blick der ersten Mondfahrer Armstrong und Aldrin gedanklich vorweg und erkannte, dass die Erde auch „nur“ ein Himmelskörper ist, ein Körper *ohne Einmaligkeit*. Das Band zwischen dem „einmaligen Gott“ und der vormals „einmaligen Erde“ war zerrissen. Die Kirche widersprach mit dem Argument, dass Beobachtungen *keine* Aussagekraft hätten. So *sei* der Abendmahlswein faktisch Jesu *Blut*, auch wenn dies niemand *sieht*.
 - 3) Nach dem geozentrischen Weltbild ist das *Primäre* der Sturz von Himmel und Planeten zum Erdmittelpunkt, welcher durch die göttlichen Himmelsphären verhindert wird. Das *Trägheitsgesetz* von Galilei dreht den Gedanken vollständig um: Das Primäre ist die tangentielle Flucht des Mondes (bzw. der Planeten) aus der Kreisbahn und die Gravitation der Erde (bzw. der Sonne) hält ihn (bzw. sie) durch ihre Zentripetalwirkung davon ab.
- 4) Zusammenfassung: Die *Kopernikanische Wende* löste eine Revolution des Denkens aus: Götter verschwinden, die Natur reguliert sich selbst: Gottesbeweise und Glaubenszwang lassen sich nicht aus der Natur begründen.

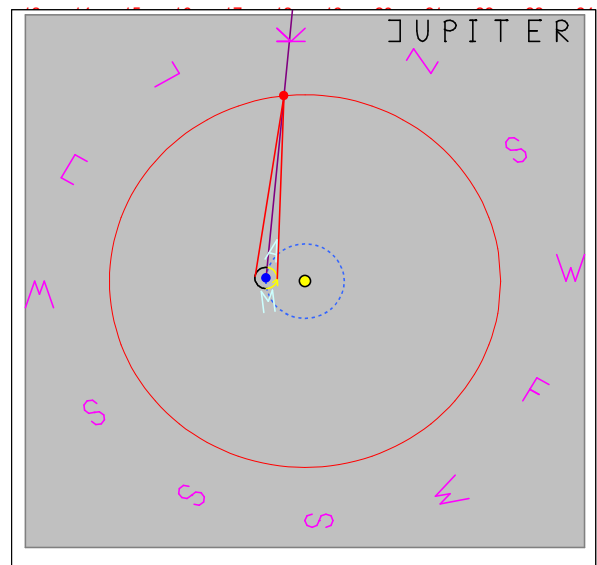


Aufgabenblatt 1. Gravitation und Planetenbewegung

- 1) Finde heraus, welche mesopotamischen Hochkulturen die Erde als Scheibe ansahen.
- 2) Skizziere, inwiefern eine Mondfinsternis die Kugelgestalt der Erde offenbaren kann.
- 3) Finde heraus, was „Ekliptik“ bedeutet.
- 4) Skizziere: Im S der Nordhalbkugel stehen die Sterne der Ekliptik höher am Himmel als im N.
- 5) Skizziere: Ein ankommendes Schiff zeigt als erstes die Mastspitze.
- 6) Die Gedanken des griechischen Philosophen Xenophanes leiten in gewisser auch zur Kugelgestalt der Erde. Versuche das zu erläutern.
- 7) *Eratosthenes* ermittelte im 3. Jahrhundert v. Chr. den Umfang der Erde. Erkläre das.
- 8) Wie ermittelt man heutzutage den Abstand zwischen Erde und Mond?
- 9) Skizziere, wie die Griechen die Entfernung Erde/Sonne ermitteln wollten.
- 10) Im geozentrischen Weltbild erklärte man das zeitweilige „Rückwärtslaufen“ der Planeten mit Epizyklen. Erläutere dies.



Geozentrisches Weltbild



Heliozentrische Weltbild

- 11) Zähle die drei Schritte auf, welche zur *Kopernikanischen Wende* führten.
- 12) Über welches Teilthema dieses Themenkreises möchtest du noch mehr erfahren und deshalb dazu ein Referat halten?

