

Leonardo – Wissenschaft und mehr
Sendedatum: 01. September 2009

Die Geschichte der Astronomie

Folge 3: Archimedes und Ptolemäus - Die Erde steht im Zentrum

von Dirk H. Lorenzen

Szene 1, Eratosthenes, griechischer Philosoph, an einem sonnigen Tag in Alexandria, im Gespräch mit seinem Kollegen Archimedes

Archimedes:

„Was machst Du mit diesem Stab, Eratosthenes?“

Eratosthenes:

„Ich male keine Kreise in den Sand, Archimedes... Ich will den Schatten messen. Hältst Du bitte mal. Ich muss gleich die Schattenlänge messen.“

Archimedes:

„Nach der Wasseruhr noch drei Minuten – dann steht die Sonne am höchsten. Darauf wartest Du doch?“

Eratosthenes:

„Ist Dir bewusst, was heute für ein Tag ist?“

Archimedes:

„Heute haben wir den 21. Juni... - ah, Sommeranfang.“

Eratosthenes:

„Genau. Heute ist der längste Tag des Jahres.“

Archimedes:

„Die Sonne steht für uns so hoch am Himmel wie sonst nie.“

Eratosthenes:

„Und in Assuan steht sie heute zum Mittag genau senkrecht am Himmel.“

Archimedes:

„Richtig. Es heißt, die Sonne schein heute mittag dort bis auf den Grund eines Brunnens. Achtung, gleich ist auch hier Mittag.“

Eratosthenes:

„Danke für den Hinweis, Archimedes. Der Schatten des Stabes ist nicht sehr lang, aber gut zu messen. ... Die Sonne steht also etwas mehr als sieben Grad aus dem Zenit heraus.“

Archimedes:

„Malst Du etwa doch Kreise in den Sand, Eratosthenes?“

Eratosthenes:

„Nein, nein, Archimedes. Das ist Dein Beritt. Aber die Erde ist eine Kugel, nicht wahr?“

Archimedes:

„So lehren es die alten Philosophen schon lange. Ich schließe mich dem an!“

Eratosthenes:

„Selbst, der Aristoteles widerspricht dem nicht. Heute *sehen* wir, dass es stimmt!“

Archimedes:

„Du bist ja fast so genial wie ich! Klar, der Stab wirft hier in Alexandria Schatten, in Assuan aber nicht.“

Eratosthenes:

„Genau. Die Sonne steht hier sieben Grad aus dem Zenit heraus. Und wir kennen die Entfernung von Alexandria nach Assuan... Der Rest ist simpel.“

Assistent:

„Du berechnest den Umfang der Erdkugel! Was kommt heraus?“

Eratosthenes:

„Die Entfernung bis Assuan... sieben Grad die Abweichung... 360 Grad ein voller Kreis... macht summa summarum [wieder laut] Ich hab's! Der Umfang unserer Erde beträgt 252000 Stadien!“

Erzählerin: Der 21. Juni im Jahr 230 vor Christus. Eratosthenes von Kyrene bestimmt mit Hilfe simpler, aber durchdachter geometrischer Messungen den Umfang der Erde. Die Messung lässt nicht nur ihn und seinen Kollegen Archimedes staunen.

Erzähler: Zum ersten Mal waren die Ausmaße der Erde bekannt! Die Kugelgestalt der Erde ist keine Fiktion mehr. Sie lässt sich präzise bestimmen. Noch mehr staunen die Experten heute über die unglaubliche Genauigkeit, die Eratosthenes erreicht hat. Sein berechneter Erdumfang von 39.690 Kilometern weicht nicht einmal um ein Prozent vom heute bekannten Wert! Doch so gut man im antiken Griechenland bereits über die Form und die Größe der Erdkugel Bescheid wusste, so umstritten war die Frage, ob die Erdkugel sich bewegt. Schon Jahrhunderte zuvor hatten manche Philosophen die Meinung vertreten, die Erde drehe sich um sich selbst und laufe zudem einmal im Jahr um die Sonne. Unter den Gelehrten tobte gut 200 bis 300 Jahre vor Christus ein erbitterter Streit, erklärt Ralf Hansen vom Planetarium Hamburg und Experte für Astronomiegeschichte:

O-Ton Ralf Hansen:

„Das eine ist das geometrische Modell: Entweder die Erde im Zentrum und alles kreist darum herum. Oder eben die Erde kreist um die Sonne. Die Hauptfrage ist eine physikalische: Wenn ich eine einfache Trägheitsvorstellung habe, darf die Erde sich nicht bewegen. Denn wenn sie sich dreht, müssten die Wolken zurückbleiben. Wenn sie sich um die Sonne bewegt, müsste alles wegfliegen.“

Erzähler: Heute wissen wir, dass wir nicht von der Erde fliegen – auch wenn diese sich schnell dreht und mit mehr als 100.000 Kilometern pro Stunde um die Sonne rast. Die Anziehungskraft hält uns fest – das Gleiche gilt für die Wolken und alles andere auf der Erde. Damals aber war das unbekannt. So hielt sich die Idee von der Sonne im Zentrum nicht lange. Vor allem der Philosoph Aristarch von Samos vertrat diese – aus heutiger Sicht – moderne Auffassung. Doch ausgerechnet der unbestritten größte beobachtende Astronom der Antike wollte nicht an eine Erde glauben, die um sich selbst rotierend, um die Sonne kreist. Hipparch. Er wurde etwa im Jahr 190 vor Christus in Nicäa geboren, dem heutigen Iznik nahe Istanbul in der Türkei. Hipparch hatte exzellente Winkelmessinstrumente konstruiert und über den Himmel nicht nur nachgedacht, sondern ihn so genau vermessen, wie niemand vor ihm.

Szene 2, Hipparch, im Gespräch mit einem Studenten, irgendwann ca. 150 v. Chr.

Student:

„Habt Ihr die Messdaten der Sonne gesehen, großer Hipparchos?“

Hipparch:

„Ja, ganz erstaunlich. Die Jahreszeiten sind unterschiedlich lang. Sieh: Das Sommerhalbjahr ist viel länger als der Winter.“

Student:

„Mehr als sieben Tage? Warum ist die Sonne im Sommer viel langsamer?“

Hipparch:

„Sie *kann* nicht langsamer sein, Du weißt das. Denn sie läuft doch auf einer Kreisbahn – und ist ewig gleich schnell. Schon vergessen?“

Student:

„Nein, nein. Ich hab den Aristoteles ja gelesen, so wie Ihr es mir empfohlen habt.“

Hipparch:

„Schnell mal das Wichtigste von Aristoteles – ich höre!“

Student:

„Die Erde steht im Zentrum der Welt. Die einzige göttliche Bewegung am Himmel ist die auf der Kreisbahn. Alle Himmelsobjekte laufen auf solchen Bahnen und zwar in immer gleicher Geschwindigkeit.“

Hipparch:

„Sehr gut!“

Student:

„Aber die Sonne hat es wohl nicht gelesen...“

Hipparch:

„Mäßige Dich. Vielleicht gibt es eine ganz einfache Erklärung. Die Sonne läuft sicher gleich schnell und auf einem Kreis.“

Student:

„Warum sind dann die Jahreszeiten unterschiedlich lang? Ist unser Kalender kaputt?“

Hipparch:

„Es kann nur folgendes heißen: Das Zentrum der Kreisbahn der Sonne ist nicht die Erde. Der Kreis der Sonne ist etwas versetzt. Daher scheint sie mal etwas langsamer zu laufen, mal etwas schneller.“

Erzähler:

Hipparch und seinen Kollegen erschien eine still stehende Erde im Zentrum der Welt die einzige Erklärung, weshalb wir von einer bewegten Erde nicht fortgeschleudert werden. Aber Hipparch ist mit seiner eigenen Vorstellung nicht lange zufrieden. Als exzellenter Beobachter erkannte er, dass der Kosmos recht kompliziert aufgebaut sein muss.

Erzählerin:

Eine besonderes Problem ist die Bewegung der Planeten. Sie bewegen sich am Himmel der Erde nicht stets in dieselbe Richtung. Sie bleiben vor dem Hintergrund der Sterne mal stehen, laufen sogar eine Zeit lang zurück, um dann wieder umzukehren und ihrem normalen Weg zu folgen. Bei Aristarch und seiner Idee mit der Sonne im Zentrum erklärt sich das Zurück Laufen der Planeten ganz einfach als rein perspektivischer Effekt. Doch Hipparch muss geradezu am Himmel schrauben.

Szene 3, Hipparch, im Gespräch mit einem Kollegen Nutos, irgendwann ca. 150 v. Chr.

Nutos:

„Weißt Du, wie ein Planet zurücklaufen kann, Hipparchos? Er muss doch immer gleich schnell voran gehen auf seinem Kreis.“

Hipparch:

„Daran habe ich auch lange geknobbelt, Nutos. Natürlich läuft der Planet stets voran. Aber er läuft auf mehreren Kreisen. Er läuft auf einem kleinen Kreis, dessen Mittelpunkt auf einem zweiten großen Kreis entlang läuft.“

Nutos:

?“ „Also wie eine kleine Holzscheibe, die sich drehend auf dem Rand einer großen Holzscheibe bewegt?“

Hipparch:

„Genau. Wir auf der Erde sind in der Mitte der großen Holzscheibe und der Planet befindet sich auf der kleinen sich drehenden Holzscheibe

Nutos:

„Genau! Die ineinander geschachtelten Kreisbewegungen sorgen dafür, dass es von der Erde aus so aussieht, als liefen die Planeten mal rückwärts. Tatsächlich laufen sie aber immer nach vorn – auf ihren Kreisbahnen.“

Hipparch:

„Unter uns: Ich kann es mir kaum richtig vorstellen. Aber es *muss* so sein – sonst läge Aristoteles völlig falsch...“

Erzählerin:

Kunstvoll schachtelt Hipparch Kreis auf Kreis. Nur so lässt sich der Lauf der Gestirne halbwegs erklären. Heraus kommt ein mathematisch akzeptables Modell. Und es erlaubt, die Phänomene am Himmel vorauszuberechnen.

Erzähler:

Aber mit der Natur hatte es nichts zu tun. Das muss Hipparch zumindest geahnt haben. Nur kam er wohl nicht gegen die geistigen Scheuklappen jener Zeit an. Hipparchs Messungen waren von atemberaubender Präzision: Die Entfernung des Mondes hat er auf 30,25 Erddurchmesser bestimmt. Der Wert ist praktisch perfekt!! Hipparch hatte erkannt, dass der ganze Sternenhimmel in einer sehr langsamen Bewegung taumelt. Der wahre Grund dafür ist das Eiern der Erdachse, die innerhalb von 26.000 Jahren einen großen Kreis an den Himmel malt. Hipparch war sicher klar, dass die ineinander geschachtelten Kreise diese Phänomene nicht zu erklären vermochten. Doch nach ihm kam niemand, der sein Werk hätte verbessern wollen oder können.

Fast 300 Jahre nach Hipparch verfasste Ptolemäus, der letzte große Astronom aus Alexandria sein Hauptwerk „Almagest“. Mit diesem Buch zementierte er das alte Weltbild mit der Erde ruhend im Zentrum, erklärt der Astronomie-Historiker Rahlf Hansen:

O-Ton Rahlf Hansen:

„Bei Ptolemäus war es so, dass er der aristotelischen Physik anhing, dass die Erde das Zentrum des Weltalls sei und alles ist auf die Erde bezogen. Es gibt einen natürlichen Ort für Steine, das ist das Zentrum der Welt und das ist die Erde. Die ganze Physik ist auf die Erde bezogen. Und in dieser Physik kann und darf

sich die Erde nicht bewegen.“

Erzählerin: Die großen Gelehrten der Antike, die noch einige Jahrhunderte zuvor unbefangenen ganz neue Wege gegangen waren, sind mit einem Mal vergessen – und die Werke des Aristoteles mit der – aus heutiger Sicht – sehr rückständigen Naturbetrachtung sind bereits Bestseller. So ist auch Ptolemäus überzeugt, dass nur Kreise am Himmel vorkommen, was er in seinem Buch überhaupt nicht zu verschleiern versucht.

Ptolemäus, hält eine Rede:

„Unsere Aufgabe ist es, zu beweisen, dass die augenscheinlichen Unregelmäßigkeiten der fünf Planeten, der Sonne und des Mondes allesamt mit Hilfe gleichförmiger Kreisbewegungen erklärt werden können. Denn nur solche sind der göttlichen Natur angemessen. Diese Aufgabe ist das letzte Ziel der mathematischen Wissenschaft, die auf der Philosophie ruht.“

Erzählerin: Ptolemäus ist wie seine Zeitgenossen in den eigenen Gedanken gefangen. Zudem ist er überzeugt, dass Sonne, Mond und Planeten als Objekte göttlicher Natur nicht den irdischen Gesetzen der Physik unterliegen. In der römischen Kaiserzeit dominiert nicht mehr das Streben nach Erkenntnis, sondern die Religion – das hat auch die Wahrnehmung des Himmels erheblich verändert.

O-Ton Ralf Hansen:

„In einer solchen Welt ist eine Erde, die im Zentrum des Universums ist, und alles ist auf die Erde hin zentriert, wunderbar. Da kann man die ganzen Götter gut unterbringen. Aber eine Erde, ein belangloser Planet, der um einen belanglosen Stern kreist, von dem es unendlich viele gibt, in einem riesigen unendlichen leeren Raum, da fragt man sich: Was sollen die Götter? Warum sollen die ausgerechnet zu uns kommen? Was haben die mit uns zu tun? Das hängt ein bisschen auch davon ab, welche religiösen Vorstellungen man hat. Das wird die Vorlieben für die Physik und damit auch für das Weltbild prägen.“

Erzählerin: Ptolemäus schachtelt Kreisbewegungen ineinander, um die Bewegung von Sonne, Mond und den fünf bekannten Planeten zu beschreiben.

Erzähler: Bis auf minimale Änderungen blieb sein Almagest geradezu die Bibel der Astronomie. Für fast eineinhalb Jahrtausende galt die in diesem Buch vertretene Lehre praktisch unangefochten – obwohl jeder lesen konnte, mit welchen Vorurteilen Ptolemäus ans Werk gegangen war. Das verwundert auch Ralf Hansen vom Planetarium Hamburg:

O-Ton Ralf Hansen:

„Das ist eine ausgesprochen spannende Frage, warum die Astronomie mehr oder weniger abbricht. Sie bricht nicht vollkommen ab, sondern dann kommt die Zeit, wo wir der islamischen Kultur, unendlich viel verdanken. Wenn es die nicht gegeben hätte, wäre ein großer Teil des antiken Schatzes für uns einfach verloren. Sie haben ihn nicht nur weiter getragen, sondern auch weiter entwickelt. Gerade in der Astronomie, Medizin, Optik und Mathematik haben sie auch sehr viele Neuerungen eingebracht und sie weiter entwickelt. Davon hat der Westen dann später wieder sehr stark profitiert.“

Erzähler: Wie wichtig für uns die Araber waren, zeigt das Hauptwerk des Ptolemäus bis heute. Es ist nicht unter seinem griechischen, sondern unter seinem arabischen Titel bekannt: „Almagest“, die große Zusammenfassung. In Europa, so scheint es, machte die Astronomie erst einmal Pause. Wie hatte Ptolemäus geschrieben? Sein Werk sei das letzte Ziel der mathematischen Wissenschaft. Der „Almagest“ ist das erfolgreichste erfolglose Werk der Astronomiegeschichte. Mehr als eintausend Jahre störte sich niemand an den offensichtlichen Widersprüchen in diesem Buch. Erst etwa im Jahr 1260 schlug Alfons X., König von Kastilien, Alarm.

Szene 4, Alfons X., König von Kastilien, im Gespräch mit seinem Hofastronomen, ca. im Jahr 1260:

Alfons X.

„Stellarus, ich habe das Werk des Ptolemäus, das Ihr mir gegeben habt, sehr gründlich gelesen..“

Hofastronom:

„Ist es nicht wunderbar, Majestät?“

Alfons X.

„Meint Ihr? Ptolemäus schachtelt *vierzig* Kreisbewegungen ineinander. Glaubt Ihr als Astronomo real das *wirklich*?“

Hofastronom:

„Nun ja,...“

Alfons X.:

„Also... Wenn der Allmächtige mich gefragt hätte, bevor er sich auf die Schöpfung eingelassen hat, hätte ich ihm zu etwas Einfacherem geraten.“

Hofastronom:

„ Ganz gewiss Majestät.“

Erzähler: Die Situation im 13. und 14. Jahrhundert war völlig verfahren. Noch immer galten die Grundsätze der alten Griechen: Die Erde ist eine Kugel und steht unbeweglich im Zentrum des Universum. Das musste vor allem aus philosophischen oder religiösen Gründen so sein – denn die Erde mit den Menschen gehörte einfach in die Mitte der Welt. Doch den Astronomen wurde allmählich klar, dass der Almagest nicht die letzte Wahrheit sein konnte. Zu offensichtlich waren die Abweichungen der nach Ptolemäus berechneten und tatsächlich beobachteten Positionen der Planeten. Das kosmische Idyll mit der Erde im Zentrum umgeben von allerlei Kreisschalen konnte so nicht stimmen. Aber eine bessere Alternative hatte auch niemand zur Hand. So dauerte es bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts, bis Nikolaus Kopernikus sich anschickte, die Fesseln, die Ptolemäus der Astronomie angelegt hatte, zu sprengen.