

Bruno Binggeli

## **Sphärenharmonie.**

### **Die Acht und das Weltbild der griechischen Kosmologie**

in: *Kleine Kulturgeschichte der Achtzahl*, W. Heinz (Hrsg.), MV-Wissenschaft, Münster 2016, S. 311

Wir leben in einem goldenen Zeitalter der Weltraumforschung. Eine erdumspannende Armada von Großteleskopen und Raumsonden liefert uns täglich eine Flut von Messdaten über die seltsamsten und entlegensten Himmelsobjekte. Superschnelle Computer simulieren die Bildung eines Planetensystems, den Lebenslauf eines Sterns, das Verschmelzen ganzer Galaxien – oder den Anfang der Welt. In relativ kurzer Zeit, besonders in den letzten fünfundzwanzig Jahren, hat sich die Astronomie gewaltig verändert, die Kosmologie im letzten Jahrzehnt sogar dramatisch. Auch das allgemeine Publikum wird über die neuesten Dinge »da oben« auf dem laufenden gehalten: Es vergeht kaum eine Woche, in der nicht ein schönes Bild, aufgenommen vom Weltraumteleskop Hubble, in Zeitungen und Internet publiziert und kommentiert wird.

Dieser großartige, ehrfurchtgebietende Fortschritt hat jedoch auch seine Schattenseiten: Wir entfernen uns – zwangsläufig – immer weiter von den geschichtlichen, und man kann auch sagen: den menschlichen Wurzeln der wissenschaftlichen Erkenntnis. Es wird immer schwieriger, den verschlungenen Pfad, der über die Jahrhunderte hinweg zur modernen Sicht des Universums geführt hat, zu überblicken und im Geiste selbst zu begehen – von der Kugelschalenwelt der alten Griechen über Dante und die Neuzeit bis hin zum Big-Bang-Szenarium der modernen Kosmologie. Ein vollständiges Verständnis des heutigen Weltbildes muss aber, über eine bloße Kenntnis der wissenschaftlichen Fakten hinaus, diesen geistesgeschichtlichen Aspekt unbedingt miteinschließen.

## Griechische Sphären

Unsere Betrachtung setzt ein mit dem antiken Griechenland. Es ist zwar richtig, dass sich schon viele Völker vor den Griechen ihre jeweils spezifischen Vorstellungen von der Welt gemacht haben, doch waren dies keine logisch durchdachten und begründeten Ansichten, sondern religiös motivierte, mythische Bilder. Freilich wurzelt auch der Kosmos der Griechen in der Bildkraft der Seele, denn von einer objektiven Wissenschaft kann hier noch keine Rede sein. Jedenfalls haben sich um 600 v. Chr. an der Küste Kleinasiens gewisse Menschen nicht mehr mit einer Götter-Genealogie als Welterklärungsmodell zufriedengegeben und zu fragen begonnen, was denn diese Welt ihrem Stoffe nach sei, was dieser hinter der Vielfalt der Erscheinungen als Wesen zugrunde liege. Damit erwacht zum ersten Mal das Vertrauen in die Urteilsfähigkeit der menschlichen Vernunft. Nach Thales von Milet (um 624–546 v. Chr.), der gerne als Stammvater der Philosophie bezeichnet wird, liegt der Urgrund aller Dinge im Wasser. Thales' Schüler Anaximander dagegen bestimmt das Urprinzip als das *Apeiron*, das »Unendliche« oder »Unbestimmte«, aus dem schließlich durch die Ausscheidung von Gegensätzen, wie warm und kalt oder trocken und feucht, ein *Kosmos*: ein »geordnetes

Schmuckgebilde« hervorgegangen sei. Dies ist die Geburtsstunde der Kosmologie als einer rational begründeten Lehre des Weltganzen.

Kosmologie ist nicht zu verwechseln mit Astronomie, auch wenn sich jede Kosmologie ganz wesentlich auf die fundamentalsten Beobachtungen des Nachthimmels stützt. Es ist deshalb wichtig, den Unterschied zwischen Astronomie und Kosmologie zu sehen. Astronomie gab es lange vor den Griechen, vor allem die Babylonier waren ausgezeichnete Himmelsbeobachter. In Griechenland spielt die Astronomie erst spät, in der hellenistischen Zeit ab ca. 300 v. Chr., eine größere Rolle, dann setzt sie allerdings, mit Hipparch und Ptolemäus, gleich den Maßstab für fast 2000 Jahre. Die Aufgabe der damaligen Astronomie war es, die Bewegung der Gestirne zu beobachten und mathematisch zu erklären; die Aufgabe der Kosmologie bestand und besteht hingegen darin, den Aufbau der Welt rational zu ergründen und ein »vernünftiges« Weltbild zu liefern. Die Griechen waren vielleicht nicht die besten Beobachter, aber sie waren die ersten, welche die einfachsten, sinnlich erfassbaren Bewegungen am gestirnten Himmel nicht mehr, wie etwa die Babylonier und Ägypter, auf das Wirken irgendwelcher Gottheiten, sondern auf eine in sich gültige – wenn auch immer noch »göttlich« empfundene – Ordnung und Harmonie der Welt im Ganzen und in ihren Teilen, eben den Kosmos, zurückführten.

Welches waren denn nun – und sind noch heute – die grundlegendsten Beobachtungstatsachen, die der griechischen Kosmologie zugrunde liegen? Stellen wir uns in einer klaren Nacht, fern von Häusern und Straßenlampen, unter den freien Himmel. Was nehmen wir wahr? Wir erhalten den Eindruck einer riesigen, sternübersäten Kuppel. Die Sterne müssen weit entfernt sein, denn so schnell wir uns auch bewegen, bleiben sie an derselben Stelle »stehen«, während nähere Gegenstände, wie Bäume und Häuser, ihren Aspektwinkel aufgrund unserer Bewegung rasch verändern. Die Sterne erscheinen wie festgemacht am »Himmelszelt«; ihre gegenseitigen Positionen ändern sich nicht – der »Große Bär« bleibt der »Große Bär« während der ganzen Nacht, und genauso all die anderen Konstellationen, die als figürliche Projektionen aus der mythischen Zeit den Himmel über und über bevölkern und der nächtlichen Orientierung dienen. Aber die ganze Himmelskuppel dreht sich langsam im Lauf der Nacht – es ist gerade diese Beobachtung, welche den Eindruck einer Kuppel so vollkommen macht (Abb. 1).



Abb.1 Sichtbarmachung der Nachthimmelsdrehung durch eine ca. sechsstündige fotografische Aufnahme. Die Sterne bilden konzentrische Leuchtspuren um den Pol. Aufnahme und ©: Volker Witt.

Das Bild der Himmelskuppel war in den alten Hochkulturen weit verbreitet, doch erst die Griechen haben aus der Kuppel eine *Hohlkugel* gemacht. Es war plausibel, dass die Sonne nachts irgendwie unter der Erde hindurchmusste, wenn sie am folgenden Tag auf der anderen Seite wieder aufgehen sollte – und entsprechend die nächtlichen Gestirne des Tags. Aber dass sie dies in einem großen Bogen auf der Oberfläche einer Halbkugel, die derjenigen über unseren Köpfen gerade entgegengesetzt ist, tun würden: dazu bedurfte es offenbar der typisch griechischen Abstraktion der Wirklichkeit auf die einfachsten, vollendetsten Formen: auf Kreis und Kugel. Jeder Stern vollführt eine vollkommene Kreisbewegung, die sich immer gleichbleibt, um denselben ruhenden Pol. In der geographischen Breite Europas gibt es »zirkumpolare« Sterne, die dem nördlichen Pol so nahe stehen, dass sie nie untergehen, auch wenn sie tagsüber natürlich von der Sonne überstrahlt werden. Aber die meisten südlicheren Sterne gehen ungefähr im Osten auf und im Westen unter und befinden sich nach 23 Stunden und 56 Minuten exakt wieder am selben Ort.

Die Erde musste demnach ein frei schwebender, dreidimensionaler Körper sein. Steht man auf einer Bergspitze und genießt einen vollständigen Rundblick, dann stellt sich die Erde als annähernd flache Scheibe dar, deren Rand sich im Dunst der Weite verliert. Ein Bewohner des Mittelmeerraums würde ganz natürlich annehmen, dass die Scheibe rundherum von Wasser umgeben wäre: So sah das noch Thales, und er folgte darin lediglich der Meinung der alten Völker. Anaximander machte aus der flachen Scheibe einen Zylinder, dessen Breite dreimal so groß ist wie die Höhe. Aber schon sehr bald, unter den Pythagoreern, setzte sich die *Kugelgestalt der Erde* durch. Wie schon beim Fixsternhimmel wird die Kugelform auch für den Erdkörper in erster Linie ästhetisch begründet (man erinnere sich: Kosmos heißt eigentlich Schönheit, Zierde). Aber es gibt auch Beobachtungen, welche diese These stützen. Bei einer Mondfinsternis etwa erscheint die Begrenzung des Erdschattens auf dem Mond stets kreisförmig: Der schattenwerfende Erdkörper kann somit nur kugelförmig sein.

Dass sich die Erdkugel selbst irgendwie bewegen würde, dafür gab und gibt es keinerlei direkte Hinweise. Im Gegenteil, unsere Sinne sagen uns, dass sie in Ruhe ist, und so will es auch unsere Sprache: Wir sagen von den Gestirnen, dass sie »aufgehen« und »untergehen«.

Zwei Kugeln bilden also das Grundgerüst des griechischen Kosmos: Im Zentrum der Welt und in absoluter Ruhe verharrend, schwebt die Erdkugel; diese ist eingebettet in einer viel größeren, konzentrischen Hohlkugel, an der die Fixsterne festgemacht sind und die sich von Osten nach Westen täglich einmal dreht. Dass der Himmelspol nicht im Zenit, sondern in halber Höhe gegen Norden liegt, hängt mit unserer Lage auf der Erdkugel zusammen; für einen Bewohner am Nord- oder Südpol wäre der Himmelspol natürlich genau im Zenit. Den Raum zwischen Erdkugel und Fixsternkugel müssen wir uns nun mit den Planetensphären ausgefüllt denken. Die Planeten sind die »Wanderer« (gr. *planetes*) unter den Gestirnen, die ihre Position gegenüber den Fixsternen im Lauf der Zeit mehr oder minder schnell verändern. Sieben solcher »Wandelsterne« waren im Altertum bekannt: Außer Sonne und Mond (die wir heute natürlich nicht mehr zu den Planeten zählen) sind dies: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Die Bewegung der Planeten bezüglich der Fixsterne ist begrenzt auf ein relativ enges Band am Himmel, das sich durch die bekannten zwölf Tierkreiszeichen zieht. Die Mittellinie dieses Bandes ist die Bahn der Sonne, genannt »Ekliptik«, weil sich nur dort eine Sonnen- oder Mondfinsternis (gr. *ekleipsis*) ereignen kann. Die Ekliptik schneidet den

Himmelsäquator unter einem Winkel von 23,5 Grad. Dass die Planeten nicht entlang dem Äquator, sondern auf der schiefen Ekliptik um die Erde laufen – wodurch erst die Jahreszeiten auf der Erde entstehen –, das musste man einfach als gegeben hinnehmen.

Wichtiger für die Kosmologie ist die Frage nach der Bewegungsrichtung der Planeten. Auch die Planeten gehen im Osten auf und im Westen unter, aber relativ zu den Sternen bewegen sie sich rückläufig, d. h. von Westen nach Osten: Sie sind etwas langsamer als die Sterne und bleiben hinter diesen zurück. Das ist so ähnlich wie bei einem Jahrmarktkarussell, auf dem der Betreiber im gegenläufigen Drehsinn des Karussells von einem Pferdchen zum nächsten geht, um die Fahrchips einzusammeln und sich deshalb für einen außenstehenden Betrachter etwas langsamer als das Karussell bewegt. Nach einer Weile wird er in der Gegenrichtung wieder zum Ausgangspunkt zurückgekommen sein, währenddessen er vom Karussell  $x$ -mal herumgeschleppt worden ist. – Die Sonne bleibt pro Tag 4 Minuten hinter den Sternen zurück: Das macht im Jahr 360 Grad, d. h. sie wandert im Lauf eines Jahres von Westen nach Osten einmal durch den ganzen Tierkreis. Wie wir gesagt haben, stehen die Sterne nach 23 Stunden und 56 Minuten wieder an derselben Stelle. Vier Minuten später, d. h. nach 24 Stunden, steht also auch die Sonne wieder am selben Ort: So gelangen wir vom »Sterntag« zum »Sonntag«. Der Mond bewegt sich am langsamsten um die Erde und bleibt mehr als alle anderen Planeten hinter den Sternen zurück. Jede Nacht (bzw. jeden Tag) geht er ca. 50 Minuten später auf; für einen Umlauf bezüglich der Sterne braucht er dafür nur gerade einen Monat. Am schnellsten um die Erde, praktisch so schnell wie die Sterne, bewegt sich Saturn: Er benötigt ganze 29 Jahre, um wieder im selben Tierkreiszeichen zu stehen. Bei Jupiter sind dies nur 12 Jahre, bei Mars gar nur zwei. Die Bewegungen von Merkur und Venus sind etwas komplizierter: diese Planeten scheinen irgendwie an die Position der Sonne gekoppelt zu sein, sie wagen es nie, weit vom Tagesgestirn wegzuwandern, und laufen somit im Durchschnitt ebenfalls einmal im Jahr von Westen nach Osten durch den Tierkreis.

Doch wo im weiten Hohlraum zwischen Erdoberfläche und Fixsternsphäre sollten nun diese Planeten angesiedelt werden? In Unkenntnis der wahren Entfernungsverhältnisse ist es ganz plausibel anzunehmen, dass die Geschwindigkeit eines Planeten bezüglich der Sterne auch ein Maß für seine relative Entfernung darstellt. So wie das Wasser in der Mitte eines Flusses am schnellsten fließt, gegen das Ufer hin aber immer langsamer wird, d. h. immer mehr zurückbleibt, bis es am ruhenden Ufer schließlich ebenfalls ganz ruht, so wird man schließen dürfen, dass der langsame Mond der ruhenden Erde am nächsten steht – was natürlich schon seine Größe suggeriert – ; dass umgekehrt der schnelle Saturn unmittelbar an die Sterne grenzt und alle anderen Planeten sinngemäß dazwischenliegen – so dass man, von innen nach außen, zu folgender Anordnung gelangt: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, Fixsterne.

Nun haben die Griechen aber nicht einfach die Wanderer nach dieser Ordnung in der riesigen Leere ausgesetzt. Das wäre den Pythagoreern viel zu wenig schön und erhaben gewesen. Pythagoras (um 570–500 v. Chr.) ist eine sagenumwobene Gestalt, die nicht genau zu trennen ist von der »pythagoreischen Schule«, einer klosterähnlichen Gemeinschaft von Anhängern und Schülern des Pythagoras. Das Heiligtum der pythagoreischen Lehre ist die *Zahl*. Ausgehend von der Entdeckung, dass die Intervalle der Tonleiter auf rationale Zahlenverhältnisse in den Längen schwingender Saiten zurückgeführt werden können (das Verhältnis 1:2 ergibt die Oktave, 2:3 die Quinte, 3:4 die Quarte etc.), haben die Pythagoreer den Gedanken entwickelt, dass das Wesen der gesamten Wirklichkeit in den Zahlen steckt.

Entsprechend gestaltet sich ihr Bild des Kosmos. Um die Kugelsymmetrie aufrechterhalten und die Sinnlosigkeit des leeren Raums zwischen den Planeten vermeiden zu können, dachten sich die Pythagoreer jeden Planeten an eine transparente Kugelschale (Sphäre) geheftet bzw. in einer solchen eingebettet. In diesem Bild ist es dann die unsichtbare Kugelschale, die sich bewegt, der Planet selbst wird lediglich mitgeschleppt. Dasselbe gilt für die Fixsterne auf der äußersten Kugelschale. Dicht an dicht, ineinander geschachtelt wie die Schalen einer Zwiebel, müssen wir uns die Planetensphären denken – Abbildung 2 zeigt ein Schema dazu. Insgesamt besteht diese Kugelschalenwelt aus 8 Sphären:

- 1 Mond-Sphäre
- 2 Merkur-Sphäre
- 3 Venus-Sphäre
- 4 Sonnen-Sphäre
- 5 Mars-Sphäre
- 6 Jupiter-Sphäre
- 7 Saturn-Sphäre
- 8 Sternen-Sphäre

Indem sie schließlich die rationalen Zahlenverhältnisse der Lyrasaiten auf die Planetensphären übertrugen, glaubten die Pythagoreer überdies, dass die Sphären durch ihre Bewegung eine ganz feine, nur dem Eingeweihten wahrnehmbare *Sphärenmusik* erzeugen würden – eine wunderbare Vorstellung der harmonischen Verbundenheit zwischen Mensch und Kosmos!

Damit klingt auch bereits eine sehr wesentliche Eigenschaft des antik-mittelalterlichen Kosmos an, nämlich seine *ethische Schichtung*. Die Vorstellung einer räumlichen Werteskala – je höher, desto erhabener – ist vermutlich tief in der menschlichen Psyche verankert. Seit jeher scheint der Mensch in der Sternenvelt das Göttliche zu erblicken, was man schon daraus ersieht, dass »Himmel« in den meisten Sprachen noch heute sowohl den astronomischen wie auch den theologischen Himmel meint. Die urtümliche, unbewusste Besetzung der Außenwelt mit ethischen Werten spiegelt sich in vielen Mythen des vorderen Orients.

Aber der Mann, der schließlich diese Ansätze einer ethischen Hierarchisierung der Welt zur Vollendung brachte und damit den griechischen Kosmos so fest zementierte, dass es später einer Revolution bedurfte, um diesen zu sprengen, war Aristoteles (384–324 v. Chr.), Schüler Platons und *die* überragende Autorität für das ganze christliche Mittelalter.

Bei seinen Vorstellungen zur stofflichen Welt greift Aristoteles auf die Lehre des vorsokratischen Philosophen Empedokles (um 492–432 v. Chr.) zurück, der alle stofflichen Dinge aus den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer zusammengesetzt sah. Aber nicht der ganze Kosmos ist mit einem Gemisch der vier Elemente ausgefüllt, sondern nur der Bereich unterhalb der Mondbahn. Darüber, die Mondsphäre eingeschlossen, liegt die Domäne des Äthers, eines feinstofflichen, fünften Elements – es ist die *quinta essentia* (Quintessenz) der späteren Scholastik. Warum dieser Bruch? Die Himmelskörper verhalten sich offensichtlich ganz anders als alle irdischen Dinge: Sie bewegen sich gleichmäßig auf

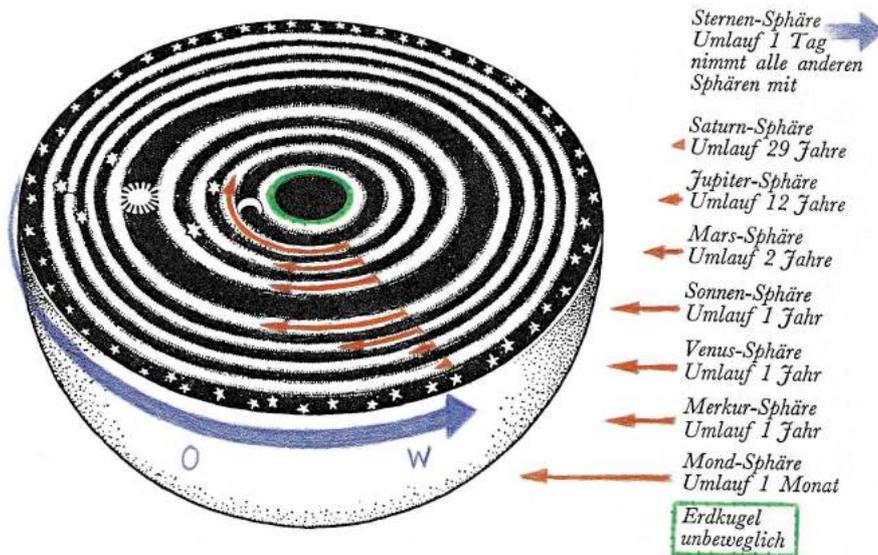


Abb. 2 Kugelschalen-Aufbau des griechischen Kosmos. Die sieben Planetensphären bleiben hinter der achten Sternensphäre zurück – je weiter innen, desto mehr (veranschaulicht durch die roten Pfeile in W-O-Richtung). Aus: Bruno Binggeli, *Primum Mobile*.

Kreisbahnen, die sich auf ewig gleichbleiben – während hier unten (mit der wichtigen Ausnahme des menschlichen Geistes) nichts wirklich von Dauer ist: Es herrscht ein großes Chaos, ein ständiges Werden und Vergehen der stofflichen Dinge. Es ist deshalb nicht denkbar, dass die Himmelsphären aus demselben Stoff bestehen: Es muss ein edleres, beständigeres, gänzlich unzerstörbares Material sein – einem Kristall ähnlich, denn auch die Eigenschaft der Transparenz ist gefordert, wenn Planetenkörper und Planetensphäre aus derselben Substanz bestehen sollen, wie Aristoteles postuliert. So gelangt man zur scharfen – natürlich auch ethisch bedeutsamen – Zweiteilung des aristotelischen Kosmos in die *sublunare* Sphäre der Vergänglichkeit und die *supralunare* Sphäre der Beständigkeit.

Die Himmelsphären als solche übernimmt Aristoteles von seinen Vorgängern (das Schema in Abb. 2 behält seine Gültigkeit). Wichtig ist, dass dabei die Sphären unmittelbar aneinandergrenzen, so dass ein Vakuum ausgeschlossen ist. Außerdem wollte Aristoteles die Bewegungshierarchie der Sphären durch direkte Reibung plausibel machen. Jede Sphäre sollte die nächstuntere in der Kreisbewegung mitreißen, aber weil die Sphären nicht ganz aneinanderhaften (sondern eben bloß reiben), wird die untere etwas zurückbleiben. So erhalten letztlich alle Sphären ihren Schwung von der täglichen Umdrehung der Fixsternsphäre – eine lange Kette von Ursache und Wirkung bis herunter zur Mondsphäre. Aber die Kausalkette geht noch weiter: die Mondsphäre fungiert als »Rührwerk« der ganzen sublunaren Welt. Lebenspendende Luft- und Wasserzyklen werden von ihr, und d. h. letztlich wieder von der Fixsternsphäre, in Gang gehalten.

Was aber versetzt die Fixsternsphäre selbst in Drehung? Ist es noch eine weitere und schnellere Sphäre außerhalb? Und was würde diese bewegen? Ist es denkbar, dass sich die Reihe der Sphären bis ins Unendliche weiter fortsetzt? Nein, sagt Aristoteles. Es muss eine

*erste Ursache* geben – und da die Welt mit der Fixsternsphäre aufzuhören scheint (es gab zu Aristoteles' Zeit jedenfalls keine gegenteiligen Hinweise), setzt er diese jenseits davon, d. h. auch jenseits von Raum und Zeit. Aristoteles spricht vom *unbewegten Beweger*, einer ganz abstrakten Gottheit, welche als reine Form den Gegenpol zur ebenso unsichtbaren reinen Stofflichkeit bildet.

## Primum Mobile – eine neunte Sphäre

Um zu verstehen, was das Primum Mobile ist, müssen wir uns wieder ein wenig mit den mehr technischen Aspekten der Astronomie auseinandersetzen. Wir hatten der Einfachheit halber angenommen, dass sich die Planeten gegenüber den Fixsternen gleichmäßig, je nach Planet verschieden schnell von Westen nach Osten bewegen und hinter diesen zurückbleiben würden. Daraus folgte der Zwiebelkosmos mit der bekannten Bewegungshierarchie als einfachstem Erklärungsmodell. Leider sind die Bewegungsverhältnisse der Planeten in Wirklichkeit viel komplizierter. Manchmal, über einen Zeitraum von Wochen oder Monaten, verlangsamt ein Planet seine Reise und wird, nach einem kurzen scheinbaren Stillstand, rückläufig, d. h. er bewegt sich von Osten nach Westen und überholt die Sterne – nur um sich dann abermals zu verlangsamen und wieder „ordentlich“ den Sternen nachzuschleppen. Mehr noch: Diese gelegentliche Pendelbewegung vollzieht sich am Himmel nicht auf einer geraden Linie, sondern in einer schleifenförmigen Kurve. Die scheinbare *Schleifenbewegung* der Planeten, die ihre Ursache natürlich in der – damals noch unbekannt – Kreisbahnbewegung der Erde, d. h. des Beobachters um die Sonne hat, gehört zum Eindrücklichsten, was uns das Planetarium dank Zeitraffereffekt sichtbar machen kann. In der freien Natur ist das Phänomen schwieriger zu beobachten, aber der geduldigen Priester- und Gelehrtenschaft der Antike konnte es natürlich nicht entgehen!

Für die wunderbar einfache und symmetrische Welt der Kristallsphären, die der Intention eines göttlichen Geistes entsprungen sein musste, waren die Planetenschleifen wie Sand im Getriebe – oder wie Misstöne in der Weltharmonie. Diese zwei Dinge miteinander in Einklang zu bringen: den wohlgeordneten, geozentrischen Kosmos und den erratischen Tanz der Planeten am Himmel – dies war die größte Herausforderung der antiken Wissenschaft (sie sollte schließlich daran zerbrechen, wie wir wissen, denn das geozentrische Bild ist letztlich falsch). Platon war sich des Problems der Planetenbewegung wohl bewusst, denn er soll es auch gewesen sein, der seinen Schülern die knifflige geometrische Aufgabe einpflanzte, die komplizierte Bahn der Himmelswanderer ausschließlich mit Kugeln und Kreisen zu erklären. Eine geniale Lösung des Problems, welche die Planetenschleifen zumindest qualitativ wiedergeben konnte, wurde von Eudoxus (ca. 400–350 v. Chr.) gefunden. Im Kern bestand das Modell von Eudoxus darin, dass er jedem Planeten nicht nur eine, sondern gleich mindestens drei Kugelschalen zuordnete. Drehen sich nämlich zwei Kugelschalen mit entgegengesetzt gleicher Geschwindigkeit um etwas zueinander geneigte Achsen, so beschreibt ein auf der inneren Schale befestigter Planet für einen Beobachter auf der Erde, d.h. im Zentrum der beiden Kugelschalen, eine liegende Acht (eine sogenannte Lemniskate). Fügt man noch eine dritte Schale hinzu, wird die Acht zu einer Schleifenbahn auseinandergezogen. Eudoxus benutzte insgesamt 27 ineinander geschachtelte Sphären; Aristoteles deren 56 (!).

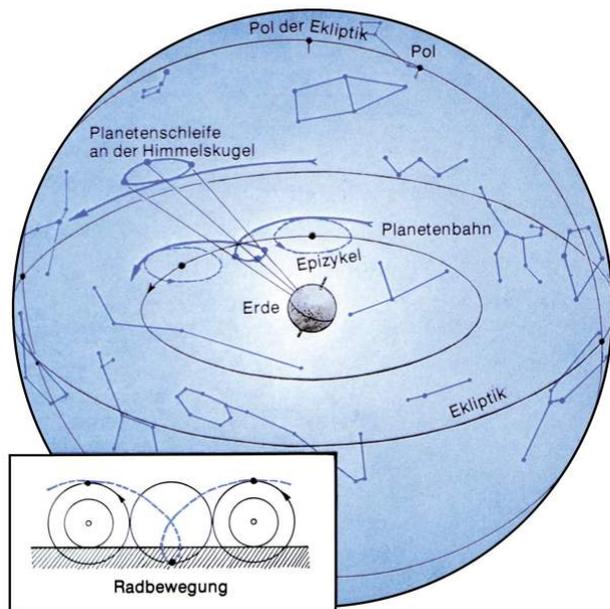


Abb. 3 Die Epizykel-Bewegung als Erklärungsmodell für die Planetenschleifen im geozentrischen System. Aus: Karl Thöne, *Astronomie* (Bern 1954).

Für rein astronomische Zwecke, d. h. für die Vorhersage von Planetenpositionen am Himmel, erwies sich das Modell des Eudoxus als zu ungenau. Die griechischen Astronomen entwickelten schließlich ein besseres, rein mathematisches Modell, das auch den Ansprüchen der Beobachtungspraxis genügen konnte. Bezeichnenderweise war dieser Entwicklungsschritt der mehr technisch orientierten, hellenistischen Phase des Griechentums vorbehalten. Die Idee des neuen Modells bestand darin, dass man die Planeten auf kleinen Kreisen, sogenannten *Epizykeln*, herumlaufen ließ, deren Zentrum wiederum die Erde oder wenigstens einen Punkt in der Nähe der Erde umkreiste. Ein solches Räderwerk, wenn die Bewegungsebene noch etwas schief zur Ekliptik gelegt wurde, konnte, je nach Wahl der Kreisgrößen und Umlaufgeschwindigkeiten, jede individuelle Planetenschleife ziemlich genau reproduzieren (siehe Abb. 3). Eine bis nach Kopernikus, fast eineinhalb Jahrtausend (!) gültige, perfekte Ausarbeitung des Epizykel-Modells gelang Claudius Ptolemäus (ca. 100–165 n. Chr.), dessen berühmte Schrift mit dem arabischen Namen *Almagest* als Höhepunkt und zugleich Abschluss der antiken Astronomie gilt.

Beim erfolgreichen Bestreben, die »Phänomene zu retten«, wie sich Aristoteles ausgedrückt hatte, drohte allerdings die Kosmologie auf der Strecke zu bleiben. Wie sollte man diese Epizykel physikalisch verstehen? Waren sie überhaupt mit der Kugelschalenwelt vereinbar? Merkwürdigerweise scheint das die damaligen Astronomen nicht sonderlich interessiert zu haben, solange sie nur irgendwie die Himmelsbewegungen mathematisch möglichst genau vorausberechnen konnten – ein schizophrener Zustand, der nur möglich war, weil es noch keine wirkliche *Physik* der Himmelskörper gab (und nicht geben konnte vor Galilei und Newton im 17. Jahrhundert). Immerhin hat sich Ptolemäus selbst, in einem weniger bekannten und im Original z. T. verlorengegangenen Werk, den »Hypothesen über die Planeten«, bemüht, die Epizykel-Theorie in eine umfassende Kosmologie zu integrieren. Wenn diese Synthese im Detail auch nicht ohne Willkür und Widersprüchlichkeiten auskam – wofür sie später auch heftig von seinen arabischen Nachfolgern kritisiert wurde –, so hatte Ptolemäus doch damit eine Möglichkeit zur Hand, die Größendimension des gesamten

Kosmos anzugeben. Wenn er die von seinen Vorgängern (freilich viel zu klein) »gemessene« Distanz zur Sonne von 1200 Erdradien in Anschlag brachte, gelangte er auf die beachtliche Zahl von rund 20 000 Erdradien für die Entfernung der Fixsternsphäre von der Erde.

Doch Ptolemäus versah den althergebrachten Zwiebelchalenkosmos auch mit einem bedeutenden qualitativen Zusatz. Im selben Werk postulierte er die Existenz einer *neunten* Sphäre, die sich an die achte Sphäre der Fixsterne anschließen würde – eben das *Primum Mobile*. Wie kam er dazu? – Hipparch (ca. 190–120 v. Chr.), der größte beobachtende Astronom des Altertums, hatte rund 300 Jahre vor Ptolemäus eine überraschende Entdeckung gemacht. Durch einen sorgfältigen Vergleich zwischen seinen eigenen, genau gemessenen Sternpositionen und den Sternpositionen in älteren Aufzeichnungen hatte Hipparch bemerkt, dass der Himmelspol, um den sich alle Gestirne täglich von Osten nach Westen drehen, selbst eine Bewegung um den Pol der Ekliptik, ebenfalls von Osten nach Westen, auszuführen scheint.

Das Phänomen ist unter dem Begriff *Präzession* bekannt, weil der »Frühlingspunkt«, das ist der Schnittpunkt zwischen Ekliptik und Äquator, wo die Sonne zu Frühlingsbeginn, d.h. zur Zeit der Tagundnachtgleiche steht, sukzessive nach Westen »voranschreitet« (lat. *praecedere*). Es ist eine sehr langsame Bewegung. Hipparch und seine Nachfolger schätzten die Präzessionsgeschwindigkeit auf 1 Winkelgrad pro Jahrhundert, so dass eine ganze Umlaufperiode 36 000 Jahre dauern würde; die heutigen Werte betragen ca. 1.4 Grad pro Jahrhundert oder 25 700 Jahre für einen Umlauf. Das bedeutet, dass sich der Frühlingspunkt ungefähr alle 2000 Jahre um ein Tierkreiszeichen verschiebt. Zur Zeit der Hochkulturen des vorderen Orients befand sich der Frühlingspunkt im Sternbild des Widders (und dieses Zeichen trägt der Frühlingspunkt noch heute). Seit der Zeit um Christi Geburt herum steht er im Sternbild der Fische, und heute, 2000 Jahre später, sind wir, wie allseits bekannt sein dürfte, auf dem besten Weg, ins »Wassermannzeitalter« einzutreten. Die damals noch unbekannt physikalische Ursache der Präzession ist in der Gezeitenkraft des Mondes und der Sonne auf den Äquatorwulst der Erde zu suchen. Die Kraft bewirkt ein Drehmoment, das die schiefe Erdachse beständig ins Lot drücken möchte. Aber wie beim Kinderkreisel, der, einmal schief gestellt, nicht gleich umfällt, sondern »kreiselt«, weicht die Erdachse dieser Hebelwirkung aus, indem sie sich ganz langsam im rückläufigen Sinn um den Ekliptikpol dreht.

Eine solche scheinbar doppelte Bewegung einer einzigen Sphäre konnte Ptolemäus nicht mit Epizykeln erklären. Er sah sich genötigt – ganz im Geist von Platon und Eudoxus –, eine weitere Sphäre anzunehmen. Zwei Bewegungen, die tägliche Rotation und die Präzession, erforderten schlicht zwei Sphären. So setzte er eine neunte, abschließende Sphäre über den Fixsternhimmel, welche die tägliche Rotation des gesamten Kugelschalensystems zu übernehmen hatte und die *keine* Himmelskörper, weder Planeten noch Sterne, enthalten, sondern vielmehr ein *reiner, transparenter Kristallhimmel* sein sollte. Der Fixsternhimmel würde von diesem angetrieben und mitgeschleppt, wie natürlich alle übrigen Himmel, aber im Gegensatz zu den Planetensphären bliebe die Fixsternsphäre nur ganz unmerklich zurück, nämlich um den winzigen Betrag von 1/100 Grad pro Jahr – siehe Abb. 4.

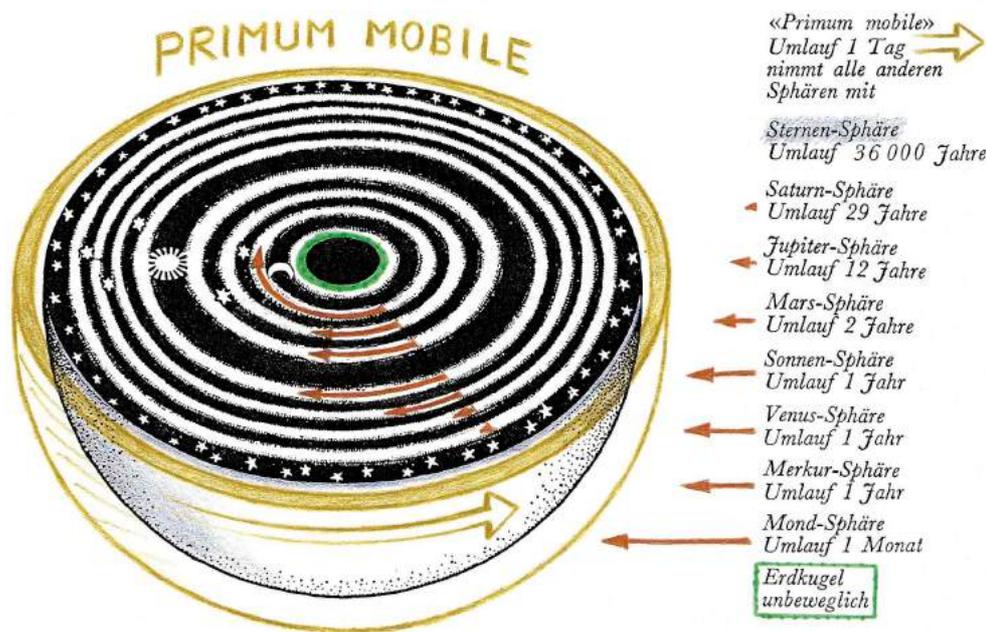


Abb. 4 Die zusätzliche, äußerste und neunte Sphäre: das Primum Mobile. Die Präzessionsperiode von 36000 Jahren ist Hipparchs ursprüngliche Schätzung. Aus: Bruno Binggeli, *Primum Mobile*.

Der zweite Teil der ptolemäischen »Planetenhypthesen«, worin sich das Postulat der neunten Sphäre befindet, ist nur in der arabischen Übersetzung auf das Mittelalter überkommen. Dort erscheint für diese oberste Sphäre der Begriff *al-muharrik al-awwal*, was im Lateinischen zur schönen und treffenden Bezeichnung des *Primum Mobile*, also des »Ersten Bewegten« wurde. Es war denn auch ein arabischer Astronom, der das Primum Mobile nicht nur technisch-astronomisch, sondern mehr noch philosophisch begründete und so erst richtig populär machte, der im spanischen Cordoba wirkende *al-Bitruji*, oder latinisiert: Alpetragius (ca. 1100–1190).

Das Primum Mobile bildet nicht nur den Schlussstein des Kugelschalensystems – es markiert auch den Abschluss in der Entwicklung des antiken Weltbilds. In dieser Gestalt hat der griechische Kosmos Eingang in die christliche Kultur des Abendlandes gefunden. Wie schon kurz angedeutet wurde, entspricht der Stufenbau des griechischen Kosmos, seine ethische Schichtung, wo »alles Gute von oben kommt«, wie noch heute der Volksmund sagt, einer urtümlichen religiösen Vorstellung. Die ganze durchrationalisierte Seinshierarchie, wie sie die größten systematischen Denker Griechenlands entwickelt hatten, ließ sich deshalb widerspruchsfrei in eine christliche Kosmologie überführen. Gott Vater im Himmel entsprach gleichzeitig dem »Guten« Platons, dem »unbewegten Beweger« des Aristoteles sowie dem »Einen« Plotins in der jenseitigen Überwelt. Eine ausführliche Darstellung des christlich gefärbten Sphärenkosmos, speziell im Gepräge der »Göttlichen Komödie« Dantes, findet sich im Buch »Primum Mobile« des Autors.

Dass die Erde und mit ihr der Mensch das Zentrum dieser Welt einnehmen sollte, war kein Akt des Hochmuts, wie vom Standpunkt der Aufklärung immer wieder gerne gesagt wird. Vielmehr muss man den Geozentrismus, in Anbetracht der oben beschriebenen, räumlich-ethischen Hierarchie der Welt, als Akt der Demut verstehen: hier »unten« sind wir die Empfänger des göttlichen Willens von »oben«.

## Acht und N-acht

Zum Schluss noch ein kleines Kuriosum bzw. eine »Merk-würdigkeit«, die uns wieder zur Zahl Acht zurückbringt. Der Kulturphilosoph Jean Gebser (1905–1974) sieht zwischen »Acht« und »Nacht« einen etymologischen Zusammenhang. Die N-lose *Acht* sei in allen Sprachen unbewusster Ausdruck der Wachheit und Helligkeit (man denke auch an Acht-ung, Acht-samkeit etc. – Wörter, die offensichtlich etwas mit Bewusstseins-helligkeit zu tun haben), im Gegensatz zur N-tragenden und dadurch negiert betonten *Nacht*. So finden wir auch im Englischen eight-night, im Französischen huit-nuit, im Italienischen otto-notte, im Spanischen ocho-noche, im Lateinischen octo-nox (noctu). Durch die *Acht* wird die Siebenzahl der Planeten symbolisch überschritten, wird der siebenplanetarische Himmel zerrissen: das Nein, das im *Nachthimmel* des mythischen Höhlenraums enthalten ist, verwandelt sich zur Klarheit und Tageshelligkeit der *Acht*, die das negierende *N* nicht besitzt. Gebser stellt dies alles in einen größeren, kulturgeschichtlichen Zusammenhang: Der Übergang von der Nacht zur Acht markiert den Übergang von der mythischen zur mental-rationalen Bewusstseinsstufe, mithin den Übergang vom Mittelalter in die Neuzeit. Diese Neuzeit beginnt erst wirklich mit dem Zeitalter der Aufklärung, »Auf-klärung« durchaus wörtlich zu nehmen hier, als ein Prozess der Erhellung, bei dem Dinge und Zusammenhänge »klar« werden, der Mensch sich selber hell wird, und vieles in einem anderen, in einem neuen Licht gesehen wird. Die Bedeutung des Lichts für das Zeitalter der Aufklärung kommt in den anderen europäischen Sprachen noch deutlicher zum Ausdruck als im Deutschen, z.B. in »age of enlightenment« (engl.), »siècle des lumières« (frz.) und »illuminismo« (it.).

Ob man Gebser folgen will oder nicht, die *achte Sphäre der Sterne* spielte tatsächlich eine Schlüsselrolle beim revolutionären Weltbildumbruch der Neuzeit. Die Sterne entpuppten sich als im Weltraum freischwebende, riesige, leuchtende Gaskugeln – und eine von diesen, unser Tagesgestirn, die blendende *Sonne*, steht nun im Zentrum nicht nur des Planetensystems, sondern, die Verstandeskraft symbolisierend, auch der »aufgeklärten« Menschheit. Die Annehmlichkeiten des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, aber auch der seelische Verlust der bergenden Sphärenharmonie, mit welchem dieser erkaufte wurde – sie gehören beide zur Befindlichkeit des modernen Menschen.

\* \* \*

### Literatur:

Binggeli, Bruno: *Primum Mobile – Dantes Jenseitsreise und die moderne Kosmologie*, Amman, Zürich, 2006

Fischer, Ernst Peter: *Die kosmische Hintertreppe: Die Erforschung des Himmels von Aristoteles bis Stephen Hawking*, Nymphenburger, München, 2011

Gebser, Jean: *Ursprung und Gegenwart*. 1. Teil, Novalis, Schaffhausen, 1986, 1999 (zum Abschnitt »Acht und N-acht«)

Hoskin, Michael (Hrsg.): *The Cambridge Illustrated History of Astronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997

Penprase, Bryan E.: *The power of stars: how celestial observations have shaped civilisation*, Springer, New York, 2011

Teichmann, Jürgen: *Wandel des Weltbilds: Astronomie, Physik und Messtechnik in der Kulturgeschichte* (4. Aufl.), Teubner, Stuttgart, 1999

Thöne Karl: *Astronomie*, Hallwag, Bern 1954, 1986