

Und sie bewegt sich doch...! Arbeitsaufträge

Welche Bedeutung die Bewegungen von Sonne, Mond und den Gestirnen haben, wie sie ablaufen, wie die Welt aussieht und wie sie aufgebaut ist, damit haben sich die Menschen seit den frühesten Zeiten auseinandergesetzt. Vor allem gaben die unregelmäßigem Bahnen der Planeten (griech.: = Wanderer, Irrläufer) ein großes Rätsel auf. In Griechenland kam es zu den ersten Erklärungsversuchen, die man als ‚wissenschaftlich‘ bezeichnen kann. Bei dem Problem des ‚Weltbildes‘ ist immer zu berücksichtigen, daß es in einem inneren Zusammenhang mit dem ‚Menschenbild‘ steht. Denn was wir Menschen über die Welt denken, hat unmittelbare Auswirkungen auf unser eigenes Selbstverständnis: wie wir in der Welt stehen und wie wir uns in ihr verhalten sollen.

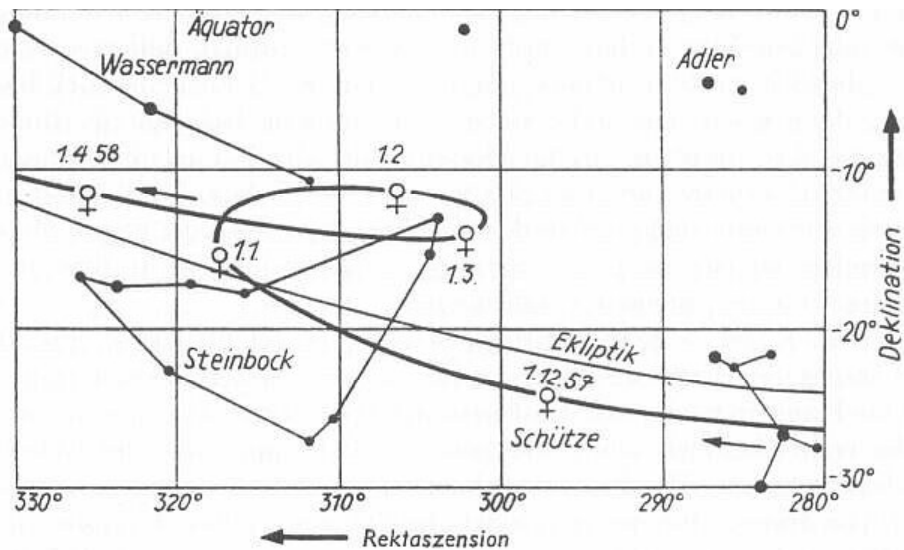
Die Textsammlung zeigt Euch den Weg, den das Nachdenken über den Aufbau der Welt in Europa genommen hat. Vergewenwärtigt Euch diesen Weg und geht auf folgende Fragen ein:

Wissenschaftliches Denken:

- Was ist typisch an den Erklärungsversuchen der griechischen Denker, so daß man sie als ‚wissenschaftlich‘ bezeichnen kann? (Was wißt Ihr noch von mythischen Weltbildern?!)
- Worin unterscheidet sich davon wiederum die moderne wissenschaftliche Erkenntnisfindung? (Text: Galilei, Entdeckung der Iuppiter-Monde)

Welt- und Menschenbild

- Könnt Ihr Euch Gründe vorstellen, warum sich in der Antike und im Mittelalter das geozentrische Weltbild des Prolemäus und nicht das heliozentrische des Aristarch durchgesetzt hat?
- Warum wohl wurde das heliozentrische Weltbild in der Antike rundweg abgelehnt und in der Neuzeit angefeindet? (Informiert Euch über die Biographie Galileis: Inquisitionsprozeß).
- Überlegt Euch, wie der Mensch nunmehr, also in der Neuzeit, die Welt betrachtet haben dürfte – im Gegensatz zum symbolischen Weltbild des Mittelalters. Wo könnte man Zusammenhänge zur Entdeckungsfahrt des Kolumbus sehen?
- Überlegt Euch, wie der Mensch nunmehr, also in der Neuzeit, sich selbst in der Welt sehen muß. Wo könnte man Zusammenhänge zur Entdeckungsfahrt des Kolumbus sehen?
- Lest den Text S. 11 (Brief Galileis an Emilia Diodati): Was ist hier vergleichbar mit dem Selbstverständnis des mittelalterlichen Menschen, und worin liegt das Neue in diesem menschlichen Selbstverständnis? Könnt Ihr Verbindungslinien zur spanischen Eroberung Amerikas entdecken?



Grün = Quelltext
Braun = informativer
Zusatztext

25 „Die Planeten kreisen ja nicht wie der Fixsternhimmel oder die Sonne gleichmäßig um die Erde, sondern sie verändern ständig ihre Position relativ zur Sonne, eilen ihr voraus, stehen still, werden rückläufig, stehen wieder still, rücken aufs neue vor, und dies noch dazu in individuell abgewandelter Weise.

Die Erklärung stand nun für Platon, Eudoxos und Aristoteles unter einer ganz strikten Voraussetzung, nämlich daß für die Gestirne als göttliche Wesen nur die vollkommene Bewegung denkbar sei, und das ist die Kreisbewegung. Diese Voraussetzung blieb für die ganze antike und mittelalterliche Astronomie gültig.“ (Werner Ekschmitt, Weltmodelle, Mainz 1989, S. 120)

Platon (und Aristoteles) machen außer der Kreisbewegung noch eine zweite, wichtige Voraussetzung: nämlich daß die Planetenbahnen konzentrisch verlaufen müssen. Wenn man nun die Beobachtungen von der Erde aus zugrundelegt, dann muß man versuchen, die Beobachtungen (Abweichungen von der Kreisbahn) mit der Theorie (vollkommene Kreisbewegung) zur Deckung zu bringen..

Scheinbare Bahn der Venus von Nov. 1957 bis April 1958

Zu Eudoxos von Knidos (ca. 400 - 347 v.Chr.):

50 „So kam es also für jeden Planeten zu der Annahme einer Reihe konzentrischer Kugelschalen, durch deren unterschiedliche, teils gegeneinander ver- /122/ setzte, teils direkt entgegengesetzte Bewegung sich eine Kombination ergab, die den scheinbaren Planetenbahnen wenigstens nahekam. Man nahm dabei nicht Ringe oder Reifen an, wie Anaximander oder Parmenides, sondern Sphären, Kugelschalen. Im ganzen nahm Eudoxos innerhalb des Fixsternhimmels 26 solcher Kugelschalen an, je drei für Sonne und Mond, je vier für die fünf Planeten. Das Gestirn selbst befand sich und kreiste je-

Ca 360 v.Chr.: Plato Leges 882 a - b

DERATHENER Wohl, ich muß es versuchen. Nicht ist nämlich, meine Besten, jene Meinung über Mond und Sonne und die anderen Gestirne dieser Art richtig, daß sie jemals in der Irre umherwandelten, vielmehr findet gerade das Gegenteil statt. Denn jedes derselben durchwandelt stets dieselbe Bahn und nicht viele, sondern hat stets seinen einen Kreislauf, und es scheint nur so als ob es in vielerlei Bahnen sich bewege, und ebensogilt dasjenige von ihnen, welches das schnellste ist, mit Unrecht nach dem äußeren Anschein für das langsamste, und umgekehrt.

weils auf dem Äquator der innersten Kugelschale. Die äußerste Schale vollführte den täglichen Umschwung innerhalb von 24 Stunden, konform mit dem Umschwung des Fixsternhimmels.“

Werner Eckschmitt, *Weltmodelle*, Mainz 1989, S. 121f.

Aristarch von Samos (ca. 260 v. Chr.)

Archimedes in einer dem König Gelon gewidmeten Schrift: Du weißt doch, dass von den meisten Sterngelehrten als Kosmos die Sphäre bezeichnet wird, deren Zentrum mit dem Zentrum der Erde zusammenfällt [13] Aristarch von Samos aber hat gewisse Hypothesen veröffentlicht, in welchen er zu der Folgerung kommt, dass der Kosmos um ein Vielfaches größer ist als bisher behauptet worden ist. Er geht nämlich davon aus, dass einerseits die Fixsterne und die Sonne unbewegt bleiben, die Erde aber sich in einer Kreisbahn um die Sonne bewegt, die in der Mitte der Bahn ruhend liegt, andererseits aber die Sphäre der Fixsterne, die um dasselbe Zentrum wie die Sonne angeordnet ist an Größe so bedeutend ist, dass die Kreisbahn, auf der er die Erde sich bewegen lässt, ein solches Verhältnis zum Abstand der

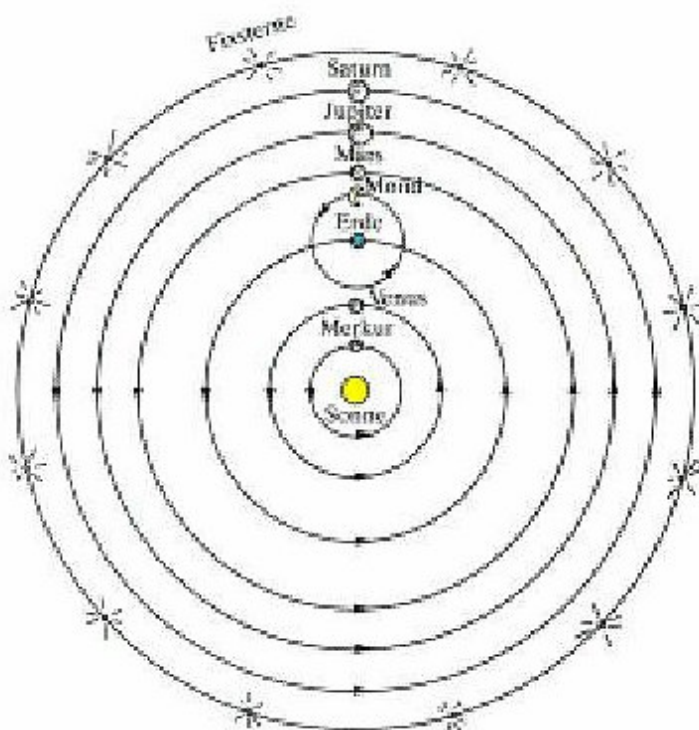
Der Text enthält folgende Aussagen:

- Im Zentrum der Welt ruht nicht die Erde, sondern die Sonne.
- Die Erde bewegt sich vielmehr (wie die Planeten) in einer Kreisbahn um die Sonne.
- Der Fixsternhimmel dreht sich nicht, sondern ruht.
- Seine Entfernung ist im Verhältnis zum Umfang oder zum Durchmesser der Erdbahn unvergleichlich groß.

Einer der Hauptgründe für die neue Hypothese muß u. a. auf jeden Fall der gewesen sein, daß Aristarch glaubte, mit ihr die Anomalien der Planetenbahnen einfacher als bisher erklären zu können. Wir wissen nicht, wie seine Erklärungen lauteten, und können sie uns nicht einmal selbst ausdenken, denn bei der Annahme konzentrischer Umlaufbahnen, die man wohl auch für Aristarch voraussetzen muß, sind "die Phänomene nicht zu retten". Daß er die Sonne in die Mitte der Welt setzte, dazu könnte ihn das alte Argument veranlaßt haben, daß dem Würdigeren auch der würdigere Platz

gebühre, vor allem aber auch die gewonnene

Erkenntnis, daß die Sonne so viele Male größer ist als die Erde. In der überlieferten Abhandlung über Größe und Entfernung von Sonne und Mond ermittelt Aristarch für das Verhältnis der Durchmesser von Sonne und Erde zwei Grenzwerte, zwischen denen der wahre Wert eingeschlossen ist. Die eine Relation lautet $19 : 3 = 6 \frac{1}{3}$, die andere $43 : 6 = 7 \frac{1}{6}$. Daraus ergibt sich, daß das



Volumen der Sonne rund dreihundertmal größer ist als das der Erde. Es mußte widersinnig erscheinen, einen so viel größeren Körper um den kleineren kreisen zu lassen.

5 Wenn Aristarch die Entfernung des Fixsternhimmels gegenüber den bisherigen Vorstellungen ausserordentlich vergrößerte, so daß der Durchmesser der Erdbahn im Verhältnis dazu verschwindend wurde, so war diese Annahme dadurch erzwungen, daß sich sonst die Sterne im Laufe des Jahres für den irdischen Betrachter gegeneinander hätten verschieben müssen, was der antiken Beobachtung widersprach. Noch Tycho Brahe (1546-1601), der große dänische Astronom, dessen Assistent Kepler war, lehnte das Kopernikanische System ab, weil er mit seinen Instrumenten keine Verschiebung der Fixsterne feststellen konnte. Er entwarf das nach ihm benannte Tychonische System, bei dem die Planeten zwar um die Sonne kreisen, diese aber mit ihnen um die feststehende Erde. Erst Fr. W. Bessel aus Minden gelang es 1838 zum erstenmal, mit Hilfe eines speziellen Fernrohrs, dessen Objektivlinse in zwei Hälften zerschnitten war, eine Fixsternparallaxe festzustellen.

15 Aber Aristarch nahm das Weltall nicht als unendlich an. Der letzte Satz des obigen Archimedes-Zitats, daß sich die Erdbahn zur Entfernung der Fixsterne verhalte wie der Mittelpunkt einer Kugel zu ihrer Oberfläche, ist sehr merkwürdig formuliert. In unmittelbarem Anschluß daran bemerkt Archimedes selbst, daß das Verhältnis zweier Strecken nicht verglichen werden könne mit dem Verhältnis zwischen einem Punkt und einer Fläche, wo die Proportion $1: \infty$ ist. Der Vergleich ist in Wirklichkeit nur bildlich zu nehmen und soll nichts weiter besagen, als daß die Erdbahn im Verhältnis zum Umfang des Himmels verschwindend ist.“

Werner Ekschmitt, Weltmodelle, Mainz 1989, S.

25 „Wirklich revolutionär waren die Gedanken des Aristarch. Er veröffentlichte etwa 300 vor Christus sein Weltbild, in dem die Sonne im Zentrum steht. Merkur und Venus kreisen um die Sonne, dann folgt die Bahn der Erde. Um die Erde kreist der Mond, die Bahnen von Mars, Jupiter, Saturn und die Fixsterne folgen weiter außen. Aristarch ist wie Pythagoras in Samos geboren worden. Sein Weltbild ist sofort verdammt worden. Während bei den Pythagoräern die Zahl 10 als Argument diente, um eine Genererde und eine bewegte Erde zu begründen, gab es diese ästhetische Begründung bei Aristarch nicht. Aristoteles hat z.B. eingeworfen, daß nach seiner Erfahrung senkrecht nach oben geworfene Gegenstände zum gleichen Ort zurückfallen. Seine Aussage stimmt, wenn man nicht zu genau mißt. Andernfalls wird man finden, daß senkrecht nach oben geworfene Gegenstände nicht auf den gleichen Ort zurückfallen. Ptolemäus rechnete aus, daß Orte am Äquator bis zu 2000 km pro Stunde schnell seien. Das müßte einen andauernden verheerenden Sturm geben: in Äquatornähe dürften deshalb kein Leben möglich sein. Ptolemäus hätte recht, wenn die Atmosphäre überall, also auch im ganzen Weltraum, vorhanden wäre. Wir wissen heute, daß unsere Erdatmosphäre eine relativ dünne, von der Erde mitgeführte Schicht ist, in der deshalb keine so verheerenden Stürme auftreten können. Der wichtigste Grund für die Ablehnung des Systems des Aristarch war philosophischer Natur. Der Mensch und die Erde sind nicht mehr im Zentrum. Dieser Grund hat bis zu den Zeiten des Galilei die Kirche und den Vatikan bewegt, solche und ähnliche Weltmodelle zu verdammen.“ Aus: "Raum und Zeit: eine physikalische Zeitreise " Othmar Marti Abteilung Experimentelle Physik Universität Ulm

50 Das heliozentrische Modell des Aristarch hat jedoch keine Schule gemacht, wahrscheinlich, weil es der alltäglichen Erfahrung des Tages- und Jahresablaufs so radikal zu widersprechen scheint.

„Hipparch, der große Astronom des folgenden Jahrhunderts, schloß sich dem geozentrischen System an, und seine erdrückende Autorität schlug alle heliozentrischen Spekulationen nieder. Ein einziger Astronom etwa hundert Jahre nach Aristarch wird genannt, Seleukos, von dem nicht einmal feststeht, ob er aus Seleukia am Tigris oder aus Babylon stammt, was freilich nicht weit voneinander entfernt lag. Wir wissen einiges darüber, wie er die Entstehung der Gezeiten erklärte, aber von seiner Kosmologie nur, daß er die Welt für unendlich hielt und wie Aristarch die Erde um die Sonne kreisen ließ. Über seine Weltvorstellung im einzelnen und seine Erklärung der Planetenbahnen erfahren wir nichts, geschweige denn, daß sich zusätzliche Nachrichten oder auch nur Rückschlüsse für Aristarch ergäben. Nach Seleukos verzeichnet die Überlieferung niemanden mehr, der sich der heliozentrischen Hypothese angeschlossen hätte. Wird sie irgendwo noch einmal erwähnt, so nur, um sie zu bekämpfen. Allein bei Seneca findet sich ein später, schöner Nachklang:“

Es wird angemessen sein, dies zu diskutieren, damit wir wissen, ob das Universum sich dreht und die Erde stillsteht oder das Universum stillsteht und die Erde sich dreht. Denn einige haben behauptet, daß wir es sind, die die Natur sich bewegen läßt, ohne daß wir dessen gewahr werden, daß Auf- und Untergänge nicht durch die Bewegung des Himmels erfolgen, sondern daß wir selbst auf- und untergehen. Die Frage verdient unsere Betrachtung, damit wir wissen, unter welcher Bedingung wir leben, ob / 152/ die Wohnstätte, die uns zugeteilt ist, sich sehr langsam oder sehr schnell bewegt, ob Gott alles um uns her bewegt oder vielmehr uns selbst. (Sen. Quaest. nat. III 2, 3)

Damit ist der heliozentrische Gedanke in der Antike erloschen.“

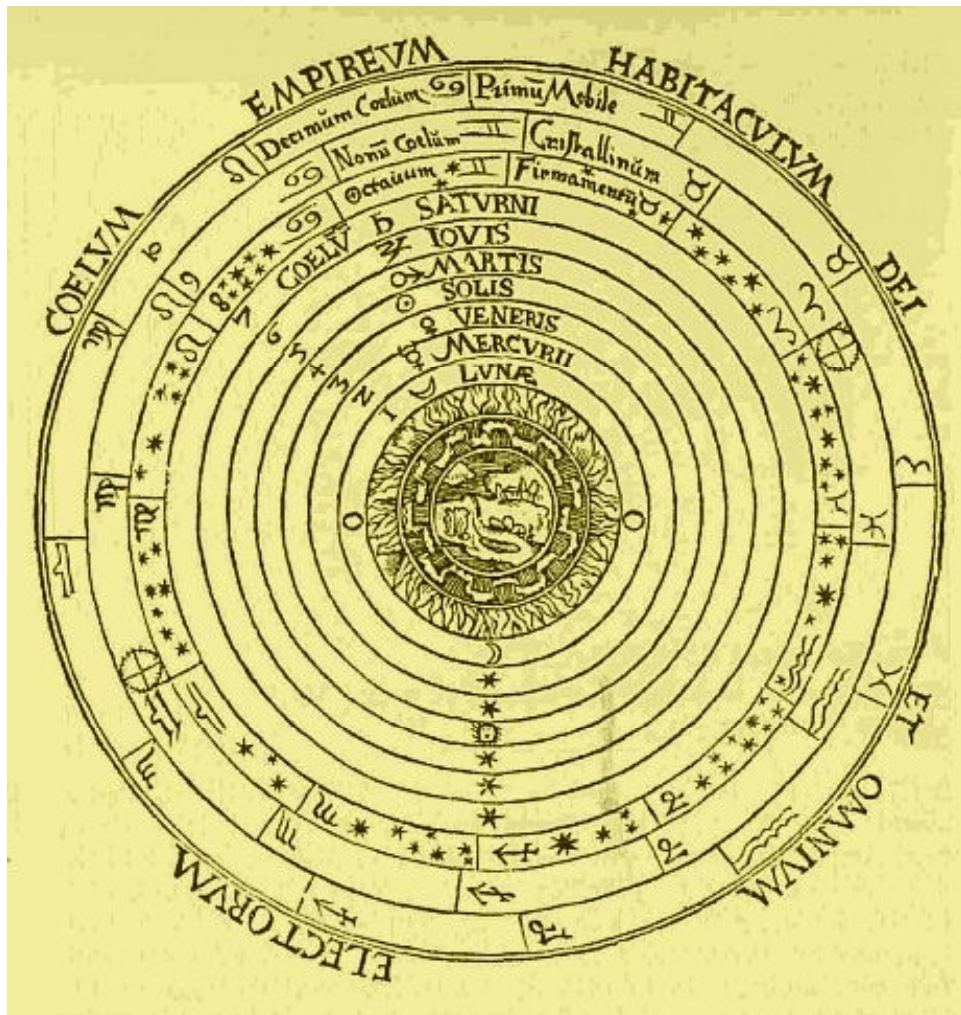
(aus: Werner Ekschmitt, Weltmodelle, Mainz 1989, S. 151f)



Geozentrisches Weltbild

5

15



Das System des Ptolemäus (Mitte 2. Jh. n. Chr.)

Die Kreisform als Idealfigur, mit ihrem natürlichen Mittelpunkt, spielte in der antiken Beschreibung der Planetenbewegung die zentrale Rolle. Ausgehend von den Bemühungen einiger Vorgänger gelang es Claudius Ptolemäus etwa 150 n. Chr., die Bewegung der Sonne und des Mondes sowie der fünf in der Antike bekannten Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn durch ein kompliziertes System aufeinander abgestimmter Kreise mit der Erde im Zentrum, also geozentrisch, darzustellen. Dieses in 13 Abschnitten oder Büchern beschriebene, uns durch arabische Astronomen als »Almagest« überlieferte System des Ptolemäus war so genau, dass es für fast ein Jahrtausend das beherrschende Weltssystem der Astronomie wurde und während dieser Zeit die beste Grundlage für das Kalenderwesen und die Navigation bildete. Es wurde an Vollständigkeit und Genauigkeit erst von Tycho Brahe und Johannes Kepler mit den »Rudolfinischen Tafeln« (1627) übertroffen. deren Beobachtungsbasis war im Wesentlichen diejenige Brahes, während die zugrunde liegende Theorie von Kepler stammte. (c) Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG 2001

Die Ringe der Zeichnung geben Kugeln wieder, sogenannte „Schalen“ (sphaerae). Die Schalen sind aus Kristall, daher durchsichtig. Ihre Funktion ist unterschiedlich:

1. Von Luna bis Saturnus sind auf den Schalen stellae vagantes / vagae befestigt; das sind die Planeten, zu denen man auch Mond und Sonne zählt. Die Schalen bewegen sich, daher bewegen sich auch die Planeten
2. Die 8. Schale (Octavum firmamentum) trägt alle Fixsterne (von figure: befestigen). Alle Fixsterne sind

auf der Ebene einer einzigen Kugel befestigt, die sich in großer Geschwindigkeit innerhalb von 24 Stunden einmal um sich selbst dreht.

3. Die Schale 9 (Nonum coelum crystallinum) ist erst spät hinzugedacht worden, um die komplizierten Eigenbewegungen der Fixsterne zu erklären: Lange Beobachtungszeiträume hatten gezeigt, daß die Fixsterne nicht in ihrer relativen Position zueinander verharrten - das ließ sich nicht damit vereinbaren, daß sie alle auf einer Schale angebracht waren.

Während in der / 82/ Antike Platon im allgemeinen als der größte Meister galt, wurde dieses Urteil im Hochmittelalter grundlegend revidiert, und es war eher die philosophische Mentalität des Aristoteles, die sich als richtungweisend für das westliche Denken erweisen sollte. Sein achtungsgebietendes enzyklopädisches Denksystem gewann eine derartige Bedeutung, daß die wissenschaftliche Forschung des Westens bis zum 17. Jahrhundert auf der Grundlage seiner Schriften aus den vierten vorchristlichen Jahrhundert betrieben wurde. Und auch, als sie den von ihm abgesteckten Rahmen überschritten hatte, fuhr die moderne Wissenschaft fort, sich seiner begrifflichen Werkzeuge zu bedienen und der von ihm vorgegebenen Orientierung zu folgen.

aus: Richard Tarnas, Idee und Leidenschaft, Die Wege des westlichen Denkens, New York 1991, Hamburg 1997, dtv 1999, S. 81f

Die Weise der Erklärung ist sehr kompliziert und kann hier übergangen werden.

4. Die Schale 10 (Decimum Coelum) ist als Primum Mobile der Anfang aller Bewegung, moderner gesagt: die Energiequelle für die Bewegungen der anderen Schalen.
5. Das Coelum Empiraeum (auch empyraeum, von griech. pyr „Feuer“), also der „lichtausstrahlende Himmel“ war in antiker Vorstellung der Sitz des Lichtes. Im

Aus: Spiegel Nr. 4, 21.1.02, S. 138

Spitzfindig ist die Scholastik dabei allerdings geworden, denn das wichtigste Instrument zur Klärung von Streitfragen war die *Distinctio* die Unterscheidung. Damit kann man es übertreiben, aber angemessen unterscheiden zu können ist bis heute die wichtigste Gabe bei der Entwirrung von Verwirren.

Und spitzfindige Fragen hat man allerdings diskutiert. Angeblich auch ob Gott einen Kasten schaffen kann, von dem er nicht weiß, was drin ist. Das war gar nicht so dumm. Denn / 139/ so kam die Frage auf der Punkt, wie sich Gottes Allwissenheit zu seiner Allmacht verhält.

Diese Spitzfindigkeiten sind Gedankenexperimente. Sie bereiten die experimentierende Naturwissenschaft vor, die der Neuzeit und mit ihrer technischen Anwendungen auch der Moderne ihren Stempel aufgedrückt hat. Denn bei diesen Experimenten geht es ja nicht um reine Beobachtung sondern um künstliche Erfahrung die eine Hypothese überprüft.

Diese Art der offenen Erkenntnisgewinnung war einmalig auf der Welt - entstanden aus europäischem Geist und Voraussetzung für den Siegeszug des technisch überlegenen Europas im Rest der Welt. Dass der über diese Art der Erhebung nicht regelmäßig erfreut war, ist eine andere Sache.

Die Ursprünge dieses Hinzutretens an die Präzedenze der Natur waren dennoch auch die Grundlage für eine neue Freiheit. Gedankenexperimente haben Freiräume des Denkens eröffnet. Ob Gott auch eine Welt schaffen könnte, in der sich die Erde um die Sonne dreht? Die Frage wird bejaht, denn diese Welt ist widerspruchsfrei denkbar. Man hat nicht daran gedacht, dass es tatsächlich so sei, aber Möglichkeiten auf Widerspruchsfreiheit überprüft.

Mittelalter vermutete man hier den „Wohnsitz Gottes und der Seligen“: *Habitaculum Dei et omnium Electorum* (habitare, eligere).

Beachte die vier Elemente, die um die Erde lagern: in der Reihenfolge ihrer Dichte Erde, Wasser, Luft; und als besonderes Element - fast schon den Sternen zugehörig - das Feuer. Aus: Gustula. Klett-Verlag, S.90f

Mittelalter

In dem Teilprojekt „Frühes Mittelalter“ konntet Ihr beobachten, wie die Menschen Europas mit ihrem symbolischen Weltverständnis im Irdischen die himmlische Ordnung gespiegelt sahen. Im hohen und späteren Mittelalter kamen jedoch andere Strömungen zum Vor-

schein. Die Kreuzzüge haben einen großen Teil der Europäer in Kontakt mit der islamischen Kultur gebracht, welche über sehr fortgeschrittene naturwissenschaftliche Kenntnisse verfügte. Das hängt damit zusammen, daß ein großer Teil der naturwissenschaftlichen Schriften des Aristoteles nicht in der europäischen, sondern in der späteren islamischen Welt überliefert und gelesen wurde, und Aristoteles ist derjenige Philosoph in Griechenland, der sich die Aufgabe gestellt hatte, die Welt mit allem, was in ihr zu finden und zu beobachten ist, einschließlich des Menschen und seines Verhaltens selbst, als Forscher zu beschreiben und zu untersuchen. Aristoteles' Schriften wurden ins Lateinische übersetzt, diejenige Sprache, in der sich ganz Europa als kulturelle Einheit verständigen konnte, und so entstand in Europa allmählich ein Klima und eine Kultur der wissenschaftlichen Neugier: man begann zunehmend auf die Kraft des eigenen Verstandes zu vertrauen und wollte alles verstehen, was existierte.

„mit der Wiederentdeckung des Aristoteles und mit dem neuen Blick auf die sichtbare Welt begann der Begriff »Verstand« einen neuen Sinn zu bekommen. Die Frühcholastik hatte ihn als formal einwandfreies logisches Denken definiert. Aber nun bedeutete er nicht mehr nur Logik, sondern auch empirisches Beobachten und Experimentieren - das Erkennen der natürlichen Welt. Mit der zunehmenden Ausweitung des Territoriums der Philosophie wurde die Spannung zwischen Verstand und Glauben immer deutlicher. Es galt, eine stetig wachsende Vielzahl von Tatsachen über konkrete Dinge mit den Anforderungen der christlichen Glaubenslehre in Übereinstimmung zu bringen.“

Aus Richard Tamas, *Ide und Leidenschaft, Die Wege des westlichen Denkens*, New York 1991, Hamburg 1997, dtv 1999.

(Nikolaus de Cusa, Nikolaus Cusanus, eigentlich Nikolaus Cyprius [= Kiebs]), Philosoph und Theologe, * Kues (heute zu Birkastel-Kues) 1401, † Tod (Urbirnen) 11. 8. 1464; seit 1448 Kardinal, 1450 Bischof von Brixen – Mathematisch gebildet, beeinflusst von der deutschen Mystik, besonders von Meister Eckhart, von Nominalismus, Neoplatonismus und Humanismus, stand Nikolaus von Kues an der Grenzlinie zwischen Mittelalter und Neuzeit. Auf allen Gebieten suchte er die Versöhnung der Gegensätze auf höherer Ebene; das Wesen Gottes sah er in der Einfalt (»complicatio«), dem absolut unendlichen Zusammenfall aller endlichen, bedingten Gegensätze (»Coincidentia Oppositorum«), die Welt als Ausfaltung (»explicatio«) Gottes; dieser könne nur durch eine die Verstandsbegriffe übersteigende »gelehrte Unwissenheit« (»docta ignorantia«) erfahren werden. Neuzeitliches wissenschaftliches Denken vorwegnehmend, entwickelte Nikolaus von Kues eine Erkenntnistheorie, nach der das menschliche Wissen auf Vergleichen und Messen beruht. (c) Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG 2001

Neben den naturwissenschaftlichen Werken des Aristoteles wurde auch das Werk des Ptolemaios aus dem Arabischen übersetzt und in Europa bekannt. Sein geozentrisches Weltbild deckte sich mit den Vorstellungen, die in Europa seit der Antike vorherrschten und bestätigte sie zugleich.

Doch nun, in diesem neuen, geistig aufgeschlossenen Klima des späteren Mittelalters konnte im vierzehnten Jahrhundert ein führender Scholastiker, der Pariser Gelehrte und Bischof Nikolaus von Oresme, die theoretische Möglichkeit einer sich drehenden Erde verteidigen - selbst wenn er sie persönlich ablehnte. Oresme erklärte, "daß man nicht durch irgendeine Erfahrung beweisen kann, daß der Himmel eine tägliche Bewegung erfährt und die Erde nicht". Dabei verwandte er eine geradezu revolutionäre Überlegung, die die viel weitergehende, fast relativistische Ortsbetrachtung des Nikolaus von Kues vorbereitete. Er sagte: "Wenn sich ein Mensch am Himmel befände, und angenommen, der Himmel bewegte sich in täglicher Umdrehung und der Mensch, der mit dem Himmel herumgetragen wird, sähe ... die Erde ..., so würde es ihm scheinen, als drehe sich die Erde im Tageslauf, so wie es für uns auf der Erde der Himmel zu tun scheint."

Der Mensch begann, seinen Wohnort aus einer theoretischen,

gedankenexperimentellen Perspektive zu betrachten. Er verließ das Zentrum der Welt gedanklich, die Erde begann nun selbst zu einem Stück Himmel zu werden, d.h. Himmel und Erde sind Teil derselben Raumstruktur.

5 Zu ähnlichen Ergebnissen kommt ebenfalls ein kirchlicher Philosoph, der Kardinal **Nikolaus von Kues**, allerdings erwachsen seine Überlegungen aus einem wesentlich umfassenderen gedanklichen Konzept. Er suchte nach einer Möglichkeit, wie der Mensch, der doch dem Irdischen und Endlichen angehört, das Unendliche, nämlich Gott, überhaupt zu Gesicht bekommen könne; und dabei war ihm die Mathematik ein
10 Zugang zum Unendlichen..

„Innerhalb der Mathematik steht das Unendliche sehr wohl in einer - nämlich symbolischen - Beziehung zum Endlichen. Es fungiert hier als sein (unendlicher) Grenzfall. So läßt sich ein endlicher mathematischer Gegenstand, etwa ein Dreieck, gedanklich in eine unendliche Figur überführen. Läßt man nämlich den Winkel eines
15 Dreiecks anwachsen, wird die gegenüberliegende Strecke immer länger. Bei einem Winkel von 180 Grad hat man aus der Strecke eine unendliche Gerade konstruiert, die mit dem Dreieck zusammenfällt. Der Gegensatz im Endlichen - Figur und Gerade - führt so im Unendlichen zu einer **coincidentia oppositorum** (Zusammenfall der Gegensätze). Genau so sind in Gott all jene Gegensätze aufgehoben, die das physische
20 Universum kennzeichnen. Mit einem anderen paradoxen Beispiel erklärt: Das Gegensatzpaar Geradlinigkeit-Krümmung beim endlichen Kreis wird im Unendlichen aufgehoben, weil der Umfang eines Kreises im unendlich großen mit seiner Tangente zusammenfällt und im unendlich kleinen mit seinem Durchmesser. In beiden Fällen verliert außerdem der Mittelpunkt seine einmalige, bestimmte Position, er koinzidiert
25 mit dem Umfang; er ist überall und nirgends.“

Aus: Andreas Kölling Das kosmologische Weltbild des Mittelalters vor dem Hintergrund antiker Kosmologien

Aus: Bernulf Kannitscheider, Kosmologie, Reclam, Stuttgart 2221991, S. 97ff

30 So gesehen, hat er zwar kein neues testbares Bild des Universums geschaffen, aber Ideenmaterial bereitgestellt, das von der Fachwissenschaft bei der Konstruktion neuer kosmologischer Theorien verwendet werden konnte. Der bedeutendste Gedanke war hier gewiß der Verzicht auf einen hierarchischen Aufbau der Welt, auf die Zentral- und Sonderstellung der Erde und der erste Ansatz einer relativistischen Ortsbetrachtung, bei der kein Ort im All einen / **99** / absoluten Vorrang beanspruchen
35 konnte. Diese Idee bereitete den Weg für die Verwendung eines homogenen und isotropen physikalischen Raumes. Um seine noch vagen Vorstellungen zu Um seine noch vagen Vorstellungen zu konkretisieren, mußte allerdings noch viel intensive mathematische Analyse-Arbeit geleistet werden.

40 So gelangt Cusanus zu ganz erstaunlichen Aussagen:

Das eben Ausgeführte kannten die Alten nicht, weil ihnen die Wissenschaft des Nichtwissens fehlte. Uns ist es jetzt ganz klar, daß diese Erde sich wirklich bewegt, wenn wir es gleich nicht bemerken, da wir die Bewegung nur durch Vergleichung mit etwas Unbeweglichem wahrnehmen. Würde Jemand nicht, daß das Wasser fließe und sähe er das Ufer nicht, wie würde er, wenn er in einem auf dem Wasser hingleitenden Schiffe steht, bemerken, daß das Schiff sich bewegt? Da es daher Jedem, er mag auf der Erde oder Sonne oder einem andern Sterne sich befinden, vorkommt, er stehe im unbeweglichen Mittelpunkte, während Alles um ihn her sich bewege, so würde er, in der Sonne, im Monde, Mars etc. stehend, immer wieder andere Pole angeben. Der Bau der Welt ist daher so, als hätte sie überall ihr Centrum und nirgends eine Peripherie, denn Urkreis und Centrum ist Gott, der überall und nirgends ist. Diese Erde ist nicht kugelförmig, wie Einige gesagt haben, wiewohl sie der Kugelform sich zuneigt, denn die Gestalt der Welt ist,
50 wie auch ihre Bewegung, in ihren Theilen beschränkt. Wird aber die unendliche Linie als concret gedacht,

in der Art, daß sie, als concret, nicht mehr vollkommener und umfassender (*capacior*) sein könnte, so ist sie kreisförmig, denn hier trifft Anfang und Ende zusammen. We daher die vollkommener Bewegung die kreisförmige ist, so ist die vollkommener körperliche Gestalt die kugelförmige. Jede Bewegung des Theiles hat daher Beziehung zur Vollkommenheit des Ganzen; Das Schwere strebt nach der Erde, das Leichte nach Oben, Erde zu Erde, Wasser zu Wasser, Luft zu Luft, Feuer zu Feuer. Die Bewegung des Ganzen folgt so viel als möglich der kreisförmigen Bewegung, jede Figur der kugelförmigen Figur, wie wir an den Theilen der Thiere, an den Bäumen und dem Himmel sehen. Eine Bewegung ist kreisförmiger und vollkommener als die andere, ebenso sind auch die Gestalten verschieden. Die Gestalt der Erde ist beweglich und kugelförmig, ihre Bewegung kreisförmig, könnte aber vollkommener sein.

Da es in allen Vollkommenheiten, Bewegungen und Gestalten der Welt kein Größtes gibt (wie aus dem Gesagten erhellt), so ist es unwar, daß diese Erde der geringste und unterste Theil der Welt ist; denn wenn sie gleich im Verhältniß zur Welt mehr im Centrum zu sein scheint, so ist sie doch aus demselben Grunde, wie schon gezeigt, auch dem Pole näher. Die Erde ist nicht ein aliquoter Theil der Welt, denn da die Welt kein Größtes und Kleinstes hat, so hat sie auch keine Mitte und keine aliquoten Theile, wie dies auch nicht vom Menschen oder Thiere gilt, denn die Hand ist kein aliquoter Theil des Menschen, wiewohl ihr Gewicht ein Verhältniß zum Körper hat.

Aus: *De docta ignorantia*, Kap. XII

Kopernikus

In den Jahren zwischen 1507 und 1512 (über diese Daten herrschen jedoch unterschiedliche Auffassungen in der wissenschaftlichen Forschung) hatte Kopernikus einen Kommentar über die *De hypothesibus motuum coelestium* verfaßt, der als Handschrift relativ verbreitet war. In ihm wurden die sieben *petitiones* oder *Grundsätze* vorgestellt, die einer neuen Astronomie den Weg ebnen sollten.

- **Erster Satz:** Für alle Himmelskörper oder Sphären gibt es nicht nur einen Mittelpunkt. (Das heißt, entgegen der Behauptung von Ptolemäus gibt es zwei Rotationszentren: die Erde ist das Rotationszentrum des Mondes und die Sonne das der anderen Planeten.)
- **Zweiter Satz:** Der Erdmittelpunkt ist nicht der Mittelpunkt der Welt, sondern nur der Schwere und des Mondbahnkreises. (Mit dieser *petitio* wird das Problem der Erklärung der Schwerkraft wieder aufgeworfen.)
- **Dritter Satz:** Alle Bahnkreise umgeben die Sonne, als stünde sie in aller Mitte, und daher liegt der Mittelpunkt der Welt in Sonnennähe (die Sonne steht daher exzentrisch zum Mittelpunkt des Universums)
- **Vierter Satz:** Das Verhältnis der Entfernung Sonne - Erde zur Höhe des Fixsternhimmels ist kleiner als das vom Erdhalbmesser zur Sonnenentfernung, so daß diese gegenüber der Höhe des Fixsternhimmels unmerklich ist. (Wenn das Universum derart große Dimensionen hat, wird es nicht eintreffen, daß die Bewegung der Erde zu einer sichtbaren Bewegung der Fixsterne führt.)
- **Fünfter Satz:** Alles, was an Bewegung am Fixsternhimmel sichtbar wird, ist nicht von sich aus so, sondern von der Erde /96/ aus gesehen. Die Erde also dreht sich mit den ihr anliegenden Elementen (die Atmosphäre und die Gewässer auf ihrer Oberfläche) in täglicher Bewegung einmal ganz um ihre unveränderlichen Pole. Dabei bleibt der Fixsternhimmel unbeweglich als äußerster Himmel.
- **Sechster Satz:** Alles, was uns bei der Sonne an Bewegungen sichtbar wird, entsteht nicht durch sie selbst, sondern durch die Erde und unsern Bahnkreis,

mit dem wir uns um die Sonne drehen, wie jeder andere Planet. Und so wird die Erde von mehrfachen Bewegungen dahingetragen.

- Siebenter Satz: Was bei den Wandelsternen als Rückgang und Vorrücken erscheint, ist nicht von sich aus so, sondern von der Erde aus gesehen. Ihre Bewegung allein also genügt für so viele verschiedenartige Erscheinungen am Himmel. (Die sogenannten „rückwärtigen Bewegungen“ der Planeten werden zu scheinbaren Bewegungen, da sie von den Bewegungen der Erde abhängen.)

(Rossi, Die Geburt der modernen Wissenschaft in Europa (München 1997 Beck) 95f

Kopernikus' Widmungsschreiben an Papst Paul III. (1543):

Als ich mit mir selbst zu Pate ging, für was für eine mißtönende Ohrweide diejenigen, welche die Meinung von der Unbeweglichkeit der Erde durch das Urteil vieler Jahrhunderte für bestätigt annehmen, es halten werden, wenn ich dagegen behaupte, die Erde bewege sich, so schwankte ich lange bei mir, ob ich meine Kommentare, die ich zum Beweis ihrer Bewegung geschrieben habe, herausgeben sollte...

Deshalb will ich Deiner Heiligkeit nicht verhehlen, daß mich zum Nachdenken ... nichts anderes bewegt hat, als weil ich sah, daß die Mathematiker selbst bei ihren Untersuchungen hierüber mit sich nicht einig sind ... Hievon also Veranlassung nehmend, fing auch ich an, über die Beweglichkeit der Erde nachzudenken...

Und so habe ich denn, unter Annahme der Bewegungen, welche ich im nachstehenden Werke der Erde zuschreibe, und durch viele und lange fortgesetzte Beobachtungen endlich gefunden, daß, wenn die Bewegungen der übrigen Wandelsterne auf den Kreislauf der Erde übertragen, und dieser dem Kreislauf jedes Gestirns zugrunde gelegt wird, nicht nur die Erscheinungen jener daraus folgen, sondern auch die Gesetze und Größen der Gestirne und alle ihre Bahnen und der Himmel selbst so zusammenhängen, daß in keinem seiner Teile, ohne Verwirrung der übrigen Teile und des ganzen Universums irgend etwas verändert werden könnte ... Damit aber in gleicher Weise Gelehrte und Ungelehrte sehen, daß ich durchaus niemandes Urteil scheue, so wollte ich diese meine Nacharbeiten lieber Deiner Heiligkeit... widmen ..., so daß Du durch Dein Ansehen und Urteil die Bisse der Verleumder leicht unterdrücken kannst.

Aus: Copernicus, N.: Über die Kreisbewegungen der Weltkörper. hier gekürzt zitiert aus: Wittmütz, V: Politische und soziale Wandlungen am Beginn der Neuzeit. Frankfurt 1974

„ ... es gibt Texte, die geistige Revolutionen in Gang setzen, ohne mit einem revolutionären Anspruch aufzutreten. Das gilt für Kopernikus wie für Darwin. Beide Autoren werden — wenn auch nur oberflächlich — von einer wachsenden Zahl von Nicht-Spezialisten gelesen. Ihre Schriften regen Intellekt und Phantasie der Menschen an, sie schieben auch alte, verfestigte Antworten beiseite und werfen eine große Zahl neuer Fragen auf. Im Falle von Kopernikus lauten diese: Was ist die Schwerkraft, und warum fallen schwere Körper auf die Oberfläche einer Erde, die sich in Bewegung befindet? Was bewegt die Planeten, und wodurch werden sie auf ihren Bahnen gehalten? Wie weit dehnt sich das Universum aus, und wie groß ist die Entfernung zwischen Erde und den Fixsternen? Aber nicht nur die Wissenschaften sahen sich neuen Problemen gegenüber. Die Theorie von der Erdbewegung und die Anerkennung des neuen Systems führte nicht nur zum Zusammenbruch der alten Astronomie und Physik und zu ihrer Umstrukturierung, sondern auch zu einer Veränderung der Weltansicht und einer Neubewertung der Natur wie der Stellung des Menschen in ihr. In jedem System, das sich in einem instabilen Gleichgewicht befindet (und dazu zählte ohne Zweifel die Astronomie zur Zeit des Kopernikus), gibt es problematische Punkte,

an die man nicht rühren darf, ohne die ganze Konstruktion zum Einsturz zu bringen. Die Bewegung der Erde war einer davon.“

Rossi, Die Geburt der modernen Wissenschaft in Europa (München 1997 Beck)

Johannes Kepler

5 **WILHELMWINDELBAND:** Die neuere Philosophie.

Aus: **DIE KULTUR DER GEGENWART, TEIL I, ABT. V** Allgemeine Geschichte der Philosophie, 2., verm. u. verb. Aufl., Leipzig/Berlin 1913, S.443ff

Genau denselben Übergang zeigt **Johann Kepler**, der das von Kopernikus hinterlassene Problem der Himmelsmechanik löste. Auch er geht von dem Triebe aus, die
10 Weltschönheit durch den erfahrungsmäßigen Nachweis der mathematischen Harmonie zu begreifen. Und wenn er durch seine mühsame Induktion an der Beobachtung des Planeten Mars jene drei Grundgesetze gewann, die noch heute seinen Namen tragen, so war er sich der philosophischen Bedeutung dieser Forschungsweise durchaus bewußt. **Er erkannte, daß das Verständnis der mathematischen Ordnung sich wesentlich auf dasjenige in der Natur bezieht, was für unsere Auffassung in den meßbaren Formen der Quantität gegeben ist.** Sie bilden das wahre Objekt der Erkenntnis, und sie müssen deshalb auch als die wahre Realität gelten. Die ewigen Wahrheiten der Mathematik haben ihren Ursprung in Gott; sie finden ihre Verwirklichung in der Bewegung der Gestirne, und der menschliche Geist hat seine
20 Aufgabe in ihrer Wiederholung.

Das sachlich Bedeutsamste aber in der kopernikanischen Weltauffassung war die **Erkenntnis der Gleichartigkeit des gesamten physischen Universums.** Indem die Erde als einer der Planeten in den umfassenden Zusammenhang des Sonnensystems eingestellt wurde, brach der Himmel, der nach dem ptolemäischen System sich über
25 ihr gewölbt hatte, zusammen. Jene Scheidung der Welt in eine Region siderischer Vollkommenheit und eine andere Region terrestrischer Unvollkommenheit war überwunden, und die Gleichmäßigkeit des substantiellen Bestandes und der Bewegungsgesetze mußte für die gesamte physische Welt verlangt werden. **Deshalb lag in der neuen Weltanschauung die unvermeidliche Notwendigkeit, das Prinzip der mathematischen Gesetzmäßigkeit nicht, wie es die alten Pythagoreer und nach ihnen Aristoteles getan hatten, auf die Gestirnwelt zu beschränken, sondern es auch für die Bewegungen des irdischen Daseins fruchtbar zu machen.** So ist in Analogie mit der Astronomie und in der intimsten Beziehung zu ihr die Mechanik als die Grundwissenschaft der modernen Naturforschung erwachsen.
35

*

Galileo Galilei

Die Entdeckung der Iuppiter-Monde (aus: sidereus nuncius = Sternensender)

40 Am 7. Tage des Januar, zu Beginn des Jahres 1610, in der ersten Stunde der folgenden Nacht, als ich die himmlischen Gestirne durch das Teleskop (perspicillum) betrachtete, trat Iuppiter in mein Blickfeld; und als ich mir ein ziemlich gutes Instrument verschafft hatte, da konnte ich, was mir vorher wegen der Schwäche des anderen Werkzeugs keineswegs geglückt war, erkennen, dass ihm drei Sternchen zur Seite standen, zwar klein, aber dennoch von hoher Leuchtkraft; diese, mochten sie auch, wie ich glaubte,
45 zu den Fixsternen zu zählen sein, erregten in mir dennoch kein geringes Erstaunen, weil sie nämlich in einer exakten geraden Linie und parallel zur Ekliptik angeordnet zu sein schienen, und heller als die übrigen

von gleicher Größe. Um ihre Stellung zueinander und zu Iuppiter war folgendermaßen: auf der östlichen Seite standen zwei Sterne, einer aber gegen Westen gewandt. Der östlichere und der westliche zeigten sich etwas größer als der übrige: über den Abstand unter ihnen und zu Iuppiter war ich überhaupt nicht beunruhigt; denn als Fixsterne, wie zu Beginn gesagt, hatte ich sie eingestuft.

5 Als ich aber am 8. Tage, von ich weiß nicht welchem Schicksal geleitet, zur selben Betrachtung zurückkehrte, fand ich eine ganz andere Anordnung vor: denn alle drei Sternchen waren im Westen von Iuppiter und untereinander näher, und durch gleiche Abstände voneinander getrennt, wie es die beigefügte Skizze zeigt.

10 Obwohl ich meine Gedanken keineswegs auf eine gegenseitige Annäherung der Sterne richtete, begann ich doch nachzudenken, auf welche Weise Iuppiter von all den vorgenannten Fixsternen auf einer östlicheren Stellung beobachtet werden könne, während er doch von zweien von ihnen am Vortag noch westlich stand: und deshalb befürchtete ich, seine Richtung weiche von der astronomischen Berechnung ab, und deshalb habe er aufgrund seiner eigenen Bewegung jene Sterne hinter sich gelassen.

15 Deshalb erwartete ich mit brennendem Interesse die folgende Nacht; aber in dieser Hoffnung sah ich mich bitter enttäuscht, denn mit Wolken überzogen war überall der Himmel.

Aber am zehnten Tag erschienen die Sterne in folgender Konstellation zu Iuppiter: zwei waren überhaupt nur, und zwar östlich beide, zu sehen: der dritte, wie ich vermutete, befand sich unter Iuppiter, der ihn versteckt hielt (sub Iovelatitante). [...]

20 Als ich dies sah und als ich einsehen musste, dass die gleichen Veränderungen auf keine Weise auf Iuppiter zurückgeführt werden konnten, und als ich obendrein erkannte, dass die beobachteten Sterne immer dieselben waren, denn es gab keine anderen, weder vor noch nach ihnen, innerhalb des riesigen Gebiets neben der Länge des Zodiakus), da wandelte sich meine Unschlüssigkeit in Erstaunen, als ich zur Erkenntnis gelangte, dass die zu beobachtende Veränderung nicht auf Iuppiter, sondern auf die bezeichneten Sterne zurückgeführt werden könnte, und so beschloß ich, mit scharfem und forschendem Auge von jetzt an weitere Beobachtungen durchzuführen.

25 Am 11. Tage konnte ich folgende Konstellation sehen: offensichtlich nur zwei (Sterne) im Osten, davon war der mittlere dreimal so weit von Iuppiter entfernt wie der östlichere, und es war der westlichere fast um das doppelte größer als der andere, während sie doch in der vorhergehenden Nacht fast gleichgroß erschienen waren.

30 Daher wurde von mir festgestellt und ohne jedes Bedenken entschieden, dass im Himmel drei Sterne da sind, die um Iuppiter wandern, so wie Venus und Merkur um die Sonne; dieser Befund wurde schließlich bald darauf sonnenklar in mehreren anderen Inspektionen gesichert: sowie dass es nicht nur drei, sondern vier Wandersterne sind, die um Iuppiter ihre Bahnen ziehen;

(Übers. A Lenz Sept. 01)

35 Aus einem Brief Galileis an Elia Diodati

Aus: W. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg 1957 = rde Nr.8, S.61f

40 «Wenn ich frage, wessen Werk die Sonne, der Mond, die Erde, die Sterne, ihre Bewegungen und Anlagen seien, so wird man mir vermutlich antworten: Werke Gottes. Wenn ich weiter frage, von wem die Heilige Schrift sei, wird man mir bestimmt antworten, sie sei ein Werk des Heiligen Geistes, d.h. gleichfalls Gottes Werk. Wenn ich nun frage, ob der Heilige Geist Worte gebrauche, die deutlich im Widerspruch zur Wahrheit stehen, um sich dem Verständnis der —meistens ungebildeten— Menge anzupassen, so bin ich gewiß, daß man mir, unter Berufung auf sämtliche heiligen Schriftsteller, antworten wird, dies sei die Gepflogenheit der Heiligen Schrift, die an hundert Stellen Sätze enthält, die wörtlich genommen reine Häresie und Lästerung darstellen, da in ihnen Gott als Wesen voller Haß, Reue, Vergeßlichkeit erscheint.

45 Wenn ich aber fragen werde, ob Gott, um sich dem Verstand der Menge anzupassen, jemals seine Werke verändert hätte, oder ob die an sich unveränderliche und menschlichen Wünschen unerreichbare Natur immer die gleiche Art Bewegungen, Gestalten und Aufteilungen des Universums beibehalten habe, so bin ich gewiß, daß man mir antworten wird, der Mond werde immer rund sein, auch wenn man ihn für lange Zeit flach gehalten habe. Um dies alles in einem Satz zusammenzufassen: Man wird niemals behaupten,

50 die Natur habe sich verändert, um ihre Werke der Meinung der Menschen anzupassen. Wenn das so ist, so frage ich, warum sollen wir, um zur Erkenntnis/ 62/ der verschiedenen Teile der Welt zu gelangen, mit

5 unseren Untersuchungen an den Worten statt an den Werken Gottes ansetzen? Ist vielleicht das Werk weniger erhaben als das Wort? Wenn irgend jemand behauptet hätte, es sei Ketzerei zu sagen, die Erde bewege sich, und wenn dann der Beweis und die Beobachtung uns zeigen, daß sie sich tatsächlich bewegt, in welche Schwierigkeit würde die Kirche geraten! Betrachtet man dagegen umgekehrt, wo die Werke sich notwendig als mit den Worten nicht übereinstimmend zeigen, die Heilige Schrift als sekundär, so wird ihr dies nicht schaden; sie hat sich oft der Meinung der Menge angepaßt und hat sehr oft Gott ganz falsche Eigenschaften zugesprochen. Daher frage ich, warum wünschen wir, daß sie sich, wenn sie von der Sonne, von der Erde spricht, so zutreffend geäußert habe?»