

Chaos im Himmel

Die Entwicklung der modernen Kosmologie und ihre Tragweite für die christliche Rede vom Himmel

Der Blick zum gestirnten Himmel über uns ist seit alters her erfahren worden als der Blick hinaus in ein Jenseits, in das, was unsere irdische Existenz übersteigt und auf das sie zugleich elementar bezogen ist. In nahezu allen Religionen ist deshalb der Himmel als der Raum des Göttlichen verstanden worden, als seine sichtbare Seite. Vor diesem Prospekt des Göttlichen hat sich der Mensch als Geschöpf erfahren und sich in seinem Erkenntnisdrang zum göttlichen Ursprung ins Verhältnis setzen können. Eindrücklich muss schon immer gewesen sein, wie der Himmel der Fixsterne sich in unerreichbarer Distanz über das irdische Schicksal des Menschen erstreckte und in seiner Unerreichbarkeit zugleich eine Konstanz seiner Phänomene zeigte, die irdischen Verhältnissen mit ihrem Werden und Vergehen unerreichbar war. Die gigantischen, sich in ewiger Gleichförmigkeit drehenden Sternbilder und dazu die Bewegungen ganz spezifischer Körper vor diesem Hintergrund, der einzelnen Planeten auf ihren so komplexen, aber offensichtlich nicht willkürlichen Bahnen, stellten ein Bezugssystem dar, das gegenüber der irdischen Chaotizität der meteorologischen, biologischen und geschichtlichen Geschehnisse schlechthinige Überlegenheit demonstrierte.

In der Konsequenz der mit der kopernikanischen Wende anhebenden neuzeitlichen Kosmologie jedoch liegt die Auflösung und Entzauberung des Himmels als des Wohnortes Gottes, der Engel und der Seligen. Welten über Welten offenbarten sich dem mit dem Teleskop bewaffneten Auge, der sphärische Himmel der Theologen öffnete sich ins Unendliche und verlor seine Mitte, und die kategorische Differenz zwischen kosmischer und irdischer Physik verschwand: Die Erde wurde ein Himmelskörper unter anderen am Rande einer von Milliarden von Galaxien in der Weite des Alls.

Im folgenden soll diese Entwicklung des abendländischen Weltbilds in groben Zügen nachgezeichnet werden, um am Ende zu fragen, inwieweit heute noch der ›Himmel‹ als Symbol für den Transzendenzbezug der Schöpfung tauglich ist.

1. Der Himmel in der Antike

An den Himmelsphänomenen schulte der antike Mensch seine Beobachtungsgabe, entwickelte er Geometrie, Mechanik und Mathematik, in ihnen sah er die in allem, auch in seiner irdischen Wirklichkeit waltende göttliche Vernunft in vollkommener Weise am Werk. Aristoteles (384–322 v. Chr.) berichtet, schon Anaxagoras (um 500–428 v. Chr.) habe auf die Frage, warum es besser sei geboren zu werden als zu sterben, geantwortet: »Um den Himmel zu betrachten und die den ganzen Kosmos umfassende Ordnung: τοῦ θεωρῆσαι τὸν οὐρανὸν καὶ τὴν περὶ τὸν ὅλον κόσμον τάξιν«¹. Der Mensch ist dazu gemacht, den Himmel als den Prospekt der göttlichen Werke zu bewundern und in dieser Kontemplation der Himmelserscheinungen seinen eigenen Geist mit dem Geist Gottes in Einklang zu bringen. Für Platon (427–348/7 v. Chr.) konstituieren dabei die Umschwünge der Gestirne in ihrer Regelmäßigkeit und Präzision die Zeit als das Abbild der Ewigkeit. Ihnen zu folgen und nachzudenken garantiert dann auch die Regelmäßigkeit des philosophischen Denkens und seine Ausrichtung auf das ewige Sein der Ideen als dem Urbild des Kosmos. Den Gesichtssinn, so Platon, hat der Gott uns deshalb verliehen, »damit wir die Umläufe der Vernunft am Himmel erblickten und sie für die Umschwünge des eigenen Denkens benutzten, ... damit wir ... in Nachahmung der durchaus von allem Abschweifen freien Bahnen des Gottes unsere eigenen, dem Abschweifen unterworfenen einrichten möchten«².

Diese Zweiteilung von kontingenter irdischer Existenz und idealer himmlischer Bewegung schlägt sich mit großer Wirkung nieder in der aristotelischen Qualifizierung der Raumorientierung anhand der Begriffe oben und unten (ἄνω καὶ κάτω) und seiner Lehre von den natürlichen Orten (οἰκεῖοι τόποι), die einzunehmen die natürlichen Körper bestrebt sind³.

Die vier empedokleischen Elemente werden konzentrisch in Sphären angeordnet und in den Himmel als dem Allumfassenden eingeordnet: »die Erde innerhalb der Wasser[sphäre], diese innerhalb der Luft[sphäre], diese innerhalb der Leucht[sphäre], diese innerhalb der Himmels[sphäre], der Himmel aber nicht mehr in einem ande-

1 Aristot Eth Eud 1216a 13f.

2 Plat Tim 47bf. Vgl. auch Plat Leg 897c: »... der ganze gewaltige Lauf des Himmels und aller Himmelskörper hat mit der Bewegung, dem Umschwung, den Berechnungen eines vernünftigen Geistes eine ähnliche Natur ...«.

3 Vgl. zu Aristoteles Kosmologie die immer noch gültige Abhandlung H. Happ, Kosmologie und Metaphysik, in: Parúsia (FS Hirschberger), hg. von K. Flasch, Frankfurt a.M. 1965, 155–187.

ren«⁴. Damit ist den vier Elemente als den stofflichen Substraten der terrestrischen Gegenstände ein je spezifischer Ort zugewiesen. Alle natürlichen Körper sind jeweils bestrebt, den Ort einzunehmen, der ihnen aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung natürlicher Weise zukommt. Deshalb fällt ein Stein zur Erde, Wasser breitet sich auf der Erde aus, Luft und Feuer steigen empor.

Aristoteles unterscheidet nun zwei Arten von Bewegungen, *natürliche* und *aufgezwungene*. Dabei gibt es drei elementare natürliche Bewegungsformen: die von der Mitte linear aufsteigende, die von der Peripherie linear zur Mitte fallende und die kreisförmige Bewegung. Während die beiden linearen Bewegungsformen die natürlichen Bewegungen für alle Vorgänge unterhalb der untersten Himmelssphäre des Mondes charakterisieren, ist die kreisförmige Bewegung der Fixsternschale und den Himmelskörpern vorbehalten. Der vom Zentrum zur Peripherie hin orientierte Raum ist damit dasjenige Element der aristotelischen Physik, das für die dynamischen natürlichen Bewegungen aller sublunaren Phänomene als Ursache aufkommt. Er ist nicht bloß ein passiv Aufnehmendes, sondern selbst eine aktive dynamische Größe: »die Bewegungen der natürlichen einfachen Körper wie Feuer, Erde und dergleichen, zeigen nicht nur an, daß ›Ort‹ (τόπος) wirklich etwas bedeutet, sondern dass er sogar eine gewisse Kraft (δύναμις) besitzt«⁵.

Damit ist eine kategoriale Differenz zwischen allen im weitesten Sinne terrestrischen und allen himmlischen Bewegungen etabliert. Wenn aufgrund ihrer natürlichen Aufwärts- bzw. Abwärtsbewegung den sublunaren Körpern Leichtigkeit oder Schwere zukommt, so können himmlische Körper weder leicht noch schwer sein. Und während der Aufwärtsbewegung die Abwärtsbewegung entgegengesetzt ist und diesen Bewegungsformen Anfang und Ende zukommen, läuft die Kreisbewegung in sich zurück, ist sie ohne Anfang und Ende und ohne eine ihr entgegengesetzte Bewe-

4 Aristot Phys, Δ 5, 212b,20–22. Aus der Spannung zwischen der Bestimmung des Ortes als das ›in einem Umfassenden Sein‹ und der Bestimmung der äußersten Himmelssphäre als des letzten Umfassenden, zu dem es kein Umfassendes gibt, speist sich die im Mittelalter viel diskutierte Frage nach dem Ort der letzten Sphäre. Da die Fixsternsphäre im antiken Weltbild durch ihren täglichen Umschwung eine Bewegung zukommen muss, Bewegung aber das ›in einem Ort Sein‹ voraussetzt, ergibt sich hier ein Problem, dessen Behandlung Modifikationen und Neufassungen des Raumbegriffs im Mittelalter hervorbringt. Wir können das nicht weiter verfolgen, vgl. als kurze Einführung: C. Trifogli, The Place of the Last Sphere in Late-Ancient and Medieval Commentaries, in: S. Knuuttila / R. Työriñoja / St. Ebbesen (Hg.), Knowledge and the Sciences in Medieval Philosophy. Proceedings of the Eighth International Congress of Medieval Philosophy, Bd. II, Helsinki 1990, 342–350.

5 Aristot Phys, Δ 1, 208b,8–11.

gungsform, die sie umkehren und den betreffenden Körper in die Ausgangsposition zurückführen könnte⁶. Die supralunaren Kreisbewegungen sind deshalb ewig und unvergänglich. Schwierigkeiten aber machte die Einordnung der Bewegungen der Planeten, die zwar um die Erde laufen, dies aber mit rückläufigen Schleifen und Haltepunkten tun. Hier hat das antike Forschungsprogramm einer »Rettung der Phänomene: σωζεῖν τὰ φαινόμενα«⁷ seinen Ursprung, das auch Aristoteles verfolgt⁸. Es gilt, durch die Kombination von gleichförmigen Kreisbewegungen die periodischen Schleifen der Planeten nachzubilden, um so alle Himmelsphänomene als Erscheinungen vollkommener Kreise nachweisen zu können: die Phänomene sind dann gerettet, wenn ein solches Modell »die Phänomene liefert«⁹.

Damit ist der gesamte aristotelische Kosmos in zwei Sphären geschieden, eine unvergängliche der ewig gleichen kreisförmigen Himmelsphänomene und eine der kontingenten irdischen Prozesse von Werden und Vergehen, geprägt von den nur relativ geordneten und sich gegenseitig aufhebenden steigenden und fallenden sublunaren Bewegungen. Und so wie den irdischen Bewegungen je ein spezifisches Element zugeordnet ist, muss für die himmlischen Kreisbewegungen ein hier unterhalb der Mondsphäre nicht vorkommendes fünftes Element gut stehen, die »quinta essentia«¹⁰, das Aristoteles mit dem αἰθήρ der Tradition identifiziert und in falscher Etymologie von ἀεὶ θεῖν (»immer laufend«) ableitet¹¹. Aus weiteren aus diesen Grundsätzen abgeleiteten Überlegungen schließt Aristoteles auf die Einzigkeit, Begrenztheit und Ewigkeit des Kosmos und darauf, dass die Gottheit als der unbewegte Bewegter das Wesen ist, das die absolut gleichförmige und vollkommene Kreisbewegung der äußersten Schale antreibt.

Doch um tatsächlich eine »Rettung der Phänomene« zu erreichen, so dass die Berechnungen der Himmelsbewegungen mit den tat-

6 Dass für eine Kreisbewegung die Umkehrung des Richtungssinns ihr Gegenteil darstelle, wird von Aristoteles ausdrücklich ausgeschlossen.

7 Vgl. J. Mittelstraß, *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips*, Berlin 1962.

8 Vgl. *Aristot Metaph*, A, 1073b 3ff.

9 *Aristot Metaph*, A, 1074a 1.

10 Hier kann Aristoteles an die Elemententheorie Platons anknüpfen, der allen Elementen die fünf möglichen regulären konvexen Polyeder zuordnete: dem Wasser den Ikosaeder, der Luft den Oktaeder, dem Feuer die Pyramide und der Erde den Würfel, wohingegen dem Äther der aus Fünfecken zusammengesetzte und einer Kugel am nächsten kommende Dodekaeder zugeordnet wird (*Plat Tim* 54c ff.; vgl. dazu auch *Phaed* 110b), dessen 12 Flächen zudem die 12 Sternbilder entsprechen.

11 Vgl. *Aristot Meteor* 339b 25f.; *Cael* 279b 23f.

sächlichen Vorgängen übereinstimmen, musste man schon früh das Modell der einfachen Schalen aufgeben und weitere Hilfskreise, Exzenter und Epizyklen einführen, um die komplizierten Läufe der Gestirne nachbilden zu können. Aristoteles greift auf die Theorie des Eudoxos von Knidos (um 408–355 v. Chr.) zurück, bei dem Mond und Sonne durch jeweils drei, die anderen Planeten durch 4 Kugelschalen ihre Bewegung erhalten, wobei eine Art von Schalen den täglichen Umschwung in Bezug auf den Tierkreis mitteilt, eine andere die gleichzeitige Bewegung in der Breite, während eine weitere rückwärts rollt und die rückläufige Bewegung erzeugt. Die Achsen aller Sphären gingen durch die Erde als gemeinsamen Mittelpunkt. Das ausgefeilte System des Ptolemäus (um 100–161) arbeitet dann mit 41 Kugelschalen, von denen einige als Epizyklen innerhalb anderer Schalen laufen und sich zum Teil durchdringen müssen. Sein Modell sieht er deshalb auch nicht als eine realistische mechanische Erklärung der tatsächlichen Verhältnisse der himmlischen Ordnung an, sondern als eine beschränkte, mit unvollkommenen irdischen Analogien konstruierte bloß mathematische Nachbildung.

Und so wird auch der Hinweis auf die vollkommene Wohlordnung des Himmels durch ewig wiederkehrende Umläufe schon in der Antike als mehrdeutig empfunden. Die unzugängliche Distanz und die Gleichförmigkeit der Himmelsbewegungen, die der Mensch nicht produzieren und in die er nicht eingreifen kann, konnten in der Gestirnverehrung, in der Astrologie und den antiken Religionen als Ausdruck des schlechthin Überlegenen und Schicksalhaften verstanden werden, dem der Mensch sich nur unterwerfen kann. In der platonischen und aristotelischen Kosmologie hingegen waren die unserer Manipulation entzogenen Himmelsphänomene Gegenstände reiner Theorie, betrachtender Schau, in der die Kongruenz von göttlicher und menschlicher Vernunft ihren Ausdruck fand. Der Blick hinauf zur Ordnung des Himmels und die Durchdringung seiner Phänomene durch den menschlichen Intellekt machten deutlich, dass der *voûs* des Menschen himmlischer Herkunft ist und ihn über die Sphäre der chaotischen irdischen Physik erhebt. Doch die Gleichförmigkeit des Himmels konnte wie bei Epikur (341–270 v. Chr.) und Lucretius (um 99–55 v. Chr.) auch in religionskritischer Absicht als Ausdruck der Gleichgültigkeit der himmlischen Schicksalsmächte für unser irdisches Leben betrachtet werden. So preist Lucretius Epikur dafür, dass dieser *es wagte*, sein sterbliches Auge gleichmütig zum Himmel zu erheben und, statt die den Menschen bedrohende Fratze der religiösen Götterverehrung dort zu entdecken, das unendliche All mit seinem erforschenden Geist durchdrang und damit dessen Gleichgültigkeit

feststellte¹². So blieb der Aufblick zum Himmel zweideutig, schillernd zwischen Kongruenz und Inkongruenz von Betrachter und Betrachtetem und unsicher, ob der Blick des Menschen zu den Sternen der Blick hinauf zu seiner wahren Heimat und zu den für seine gottgleiche Vernunft bestimmten Gegenständen bedeutete oder ob er sich im Versuch einer Entschlüsselung der Himmelsercheinungen hoffnungslos überhob.

2. Die Entstehung des mittelalterlichen Weltbilds

Auch das Christentum sah in der Ordnung der Himmelsphänomene die göttliche Vernunft am Werke, so dass der Lactantius (gest. um 325/30) feststellt: »Erklärt nicht bereits die Körperhaltung und die Gestalt des Gesichts, dass wir nicht dem stummen Vieh gleichen? Denn dessen Wesensart ist niedergerichtet zum Boden ... und hat keine Gemeinschaft mit dem Himmel, den sie nicht schaut. Der Mensch wird dagegen durch seine gerade Haltung und sein hochgerichtetes Gesicht zur Betrachtung der Welt veranlasst. Er tauscht mit Gott den Blick, und Vernunft erkennt Vernunft«¹³.

Die christliche Theologie versuchte von Beginn an zwischen der aristotelisch-ptolemäischen Weltsicht des sphärischen Kosmos und dem biblischen »Weltbild« einer flachen, von Wassern umgebenen Erdscheibe mit darüber sich wölbender Himmelskuppe zu vermitteln und ein Verhältnis zu der offensichtlichen Unvereinbarkeit beider Entwürfe zu finden. So lehnten Diodor von Tarsus (gest. 392) und Theodor von Mopsuestia (gest. 428) aufgrund der biblischen Texte den sphärischen Himmel ab, und Lactantius polemisierte gar gegen die Kugelgestalt der Erde. Im 6. Jahrhundert entwarf der Konvertit und alexandrinische Mönch Cosmas, später aufgrund seiner ausgedehnten Reisen als Kaufmann auch »Indico-pleustes« (Indienfahrer) genannt, eine *Topographia Christiana*. Gegen die heidnische und falsche Lehre einer sphärischen Erde wollte er die durch wörtliche Interpretation der biblischen Texte gewonnene Vorstellung des Himmels als einer gewölbten Kammer setzen, an deren Boden sich vom Ozean umgeben die rechteckige Fläche der Erde befindet. Diese große Welthalle ist durch das Firmament als den ersten »Himmel« geteilt. Dieses »Dach« des Firmaments trägt Sonne, Mond und Sterne, deren Bewegungen von Engeln bestimmt werden, die sich knapp unter dieser Decke befinden. Oberhalb des Firmaments ist der zweite Himmel lokali-

12 *Lucretius, De natura rerum* I.

13 *Lact De ira Dei* 7,4.

siert, in dem sich die Heiligen und die Erzengel um Christus auf seinem Thron in der Mitte scharen.

Cosmas ist jedoch, das bleibt festzuhalten, eine Ausnahme ohne große Wirkung. Eher noch hat man sich an das Urteil Augustins (354–430) gehalten, dass es gerade auch für die Exegese der biblischen Schriften »vorteilhafter und anständiger« sei, die »fruchtlosen« Bemühungen der Astronomie »einfach zu ignorieren«¹⁴. In seinem Kommentar zu den ersten Kapiteln der Genesis referiert Augustinus denn auch nur kurz die Problematik der Vereinbarkeit von biblischen Vorstellungen mit der sphärischen Kosmologie, um dann festzustellen, dass Christen ihre Zeit besser nutzen sollen als sie in solch unentscheidbaren Streitfragen zu verschwenden¹⁵. Überhaupt gilt, dass die Rätsel und Geheimnisse der Natur »außer uns: praeter nos«¹⁶ liegen, weil sie weder dem Menschen von Nutzen sein können noch zu seiner inneren Selbsterkenntnis dienen. Hier wird Augustins bekannte Unterscheidung von *uti* (gebrauchen) und *frui* (genießen) wirksam: nur um diejenigen weltlichen Dinge haben wir uns zu kümmern, die wir für unseren Weg zur Seligkeit gebrauchen können. Ein bloß betrachtender Blick zum Himmel jedoch ist Zeichen von eitler Neugier (*curiositas*) oder gar einer von der Nutzbarkeit der Dinge ablenkenden krankhaften Begierde (*morbo cupiditas*)¹⁷, die weltliche Dinge um ihrer selbst willen sucht und damit in eine gefährliche Nähe zum Genuss (*fruitio*) kommt, den allein Gott befriedigen kann.

Die weitere Entwicklung der Scholastik hat dann das geozentrische Weltbild schlicht akzeptiert und ohne Vorbehalte theologisch interpretiert. Man entdeckte die Natur neu und wurde mit dem im arabischen Raum erhaltenen antiken Naturwissen und so auch nach und nach mit immer mehr Teilen des Corpus Aristotelicum bekannt. 1175 übersetzte Gerhard von Cremona Ptolemäus' »Amalgest«¹⁸, so dass die astronomische Grundschrift der Antike wieder studiert werden konnte. Im Zeichen eines Neuaufbruchs der Wissenschaften und der Künste wurde die Natürlichkeit des menschlichen Wissensdranges anerkannt und eine als *studiositas* positiv interpretierte, sich ihrer Grenzen bewusst bleibende *curiositas* jetzt zu einem Leitbegriff für eine selbstbewusste Zuwen-

14 Aug De doctrina christiana II, 29,46.

15 Aug De Genesi ad litteram II, 9f.; vgl. auch De doctrina christiana II, 39,58.

16 Aug Conf X, 35,55.

17 Dazu vgl. H. Blumenberg, Die Legitimität der Neuzeit, Erneuerte Ausgabe, Frankfurt a.M. 1996, 358ff.

18 In der Antike firmierte Ptolemäus' Werk oft unter dem Titel »Die größte Sammlung: ἡ μέγιστη σύνταξις«. Daraus wurde in der arabischen Übersetzung »al-Magisti«, das mit *almagesti* oder *almagestum* latinisiert wurde.

dung der Vernunft des Menschen zu den möglichen Gegenständen natürlicher Erkenntnis. Nun kann Thomas von Aquin (1225–1274) den menschlichen Trieb nach Wissen und Erkenntnis positiv aufnehmen: *omnia scientia bona est*¹⁹. Die räumliche Scheidung von sublunarer und supralunarer Sphäre wird mit biblischen Himmelsvorstellungen verbunden, die Sphären der Planeten und die Himmelskörper selbst erhalten wie bei Aristoteles einen herausgehobenen ontologischen Status und die topologische Ordnung des Himmels wird theologisch interpretiert. Das christliche mittelalterliche Weltbild bot so »eine wohlgeordnete, harmonische Welt dar, die den meisten Gebildeten leicht verständlich war und deren Grundzüge allen Gesellschaftsschichten anschaulich und plastisch vor Augen geführt werden konnten«²⁰.

Es ist jedoch zu beachten, dass die scholastischen Kommentatoren das aristotelisch-ptolemäische Weltbild mit seinen vielen Himmels-sphären erheblich vereinfachten. Man ging auf das Grundprinzip der konzentrischen rotierenden Sphären zurück und nahm für Mond, Sonne und Planeten nur je eine Schale an und fügte die Fixsternschale und eventuell weitere, biblisch inspirierte Himmels-sphären hinzu. In einem typischen Entwurf des spätmittelalterlichen Weltbilds wie dem der Schedelschen Weltchronik legen sich um die Erde und ihre Elemente die Sphären von Mond und Sonne sowie der fünf bekannten Planeten. Auf sie folgt als weitere Sphäre die biblische »Feste« (*firmamentum*) mit den Fixsternen, der kristalline Himmel (*cristallinum coelum*) und als 10. und letzte Schale das *primum mobile*, durch das der Schöpfer und Erhalter den Gestirnen Bewegung verleiht. Außerhalb dieses 10. und letzten Himmels befindet sich dann der Aufenthalt der Dreieinigkeit, ihres Hofstaats und aller Seligen, das *coelum empireum*, das selbst keinen wirklich raum-zeitlichen Ort mehr darstellt²¹.

Die Feinheiten der ptolemäischen Himmelsmechanik beherrschte kaum jemand. Die scholastischen Kommentatoren wollten aber auf jeden Fall an der aristotelischen Physik mit ihrer auf den Mittelpunkt zentrierten Dynamik und ihrer Unterscheidung von linearen und kreisförmigen natürlichen Bewegungen festhalten, und ihre Diskussionen um Epizyklen und Exzenter drehten sich deshalb vor allen Dingen um die Frage, ob diesen für die Berech-

19 Th. v. Aquin, In Aristotelis librum de anima commentarium I, lect. 1, n.3.

20 E. Grant, Das physikalische Weltbild des Mittelalters, Zürich/München 1980, 106.

21 Ähnlich unterscheidet auch Thomas in seiner *Summa theologiae* in Bezug auf den astronomischen Himmel 10 Sphären, das *empyreum*, das *cristallinum* und das *caelum siderium*, das sich in die Fixsternsphäre und die 7 Planetensphären aufteilt, vgl. S.th. I, q. 68, a. 4 corpus.

nung der Himmelserscheinungen so wichtigen, aber eben auch ungeheuer komplizierten Vorstellungen²² in irgendeiner Form physikalische Realität zukommen könnte. Das wurde unter Hinweis auf grundsätzliche Argumente im Allgemeinen abgelehnt. Bei alledem war die augustinische Mahnung stets bewusst, dass es sich bei den astronomischen Zusammenhängen um Dinge handelt, die die Fassungskraft der menschlichen Vernunft im Grunde weit übersteigen. Zwar hatten die astronomischen Kenntnisse auch eine eminent praktische Bedeutung und sich auch als durchaus zuverlässig gezeigt, da sie die Grundlage waren für die so wichtigen Kalenderberechnungen und -reformen, die für die Bestimmung der Festzeiten, vor allem des umstrittenen Ostertermins unverzichtbar waren. Doch als realistischer Ausdruck der wahren physikalischen Verhältnisse konnten sie nicht gelten.

Die Grundhaltung, dass das aristotelische Weltbild in seinen Grundzügen zwar richtig sei, doch am Ende die menschliche Vernunft keine wahre Einsicht in die zugrunde liegenden Kausalitäten und Gesetze der Natur erreichen kann, verstärkte sich mit der Verurteilung von 219 Thesen des Aristotelismus durch den Bischof von Paris 1277²³ und durch das Aufkommen des Nominalismus im 14. Jahrhundert. Nun trat die Behauptung von Gottes absoluter Macht in den Vordergrund, verbunden mit einer fundamentalen Skepsis in Bezug auf die Möglichkeiten der bloßen Vernunft, und die Scholastiker mühten sich immer mehr darum zu zeigen, dass es zu einer Anzahl von aristotelischen Konzeptionen Alternativen gab, die nicht nur logisch möglich, sondern mitunter sogar ebenso plausibel und für die Rettung der Phänomene geeignet waren wie die Lösungen des Philosophen. So erörtern z.B. Johannes Buridanus²⁴ (um 1295–1358) und Nikolaus von Oresme²⁵

22 Berühmt wurde später ein Ausspruch des kastilischen Königs Alfons X., des Weisen (1221–1284), auf dessen Anregung die Erstellung der so genannten Alfonsinischen Tafeln zurückgehen soll, die auf Grundlage der antiken Beobachtungen Tabellen zur Berechnung der Örter von Sonne, Mond und den 5 Planeten enthielten. Als man ihm das ptolemäische System erläuterte, soll er gesagt haben: »Wenn der Allmächtige mich gefragt hätte, bevor er sich auf die Schöpfung einließ – ich hätte ihm zu etwas Einfacherem geraten!« (zitiert nach N. Copernicus, *Das neue Weltbild*. 3 Texte: Commentariolus, Brief gegen Werner, *De revolutionibus I* (lateinisch – deutsch) (PhB 300), übers. und hg. von H.G. Zekl, Hamburg 1990, XLV, Anm. 81).

23 Vgl. dazu: *Aufklärung im Mittelalter? Die Verurteilung von 1277*. Das Dokument des Bischofs von Paris übers. und erkl. von K. Flasch, Mainz 1989.

24 Vgl. dazu Grant, *Weltbild* 114ff.; H. Blumenberg, *Die Genesis der kopernikanischen Welt*, Frankfurt a.M. 1989, 182ff.

25 Vgl. dazu Grant, *Weltbild* 114ff.; Blumenberg, *Genesis* 188ff.; ders., *Legitimität* 408–410.

(um 1320–1382) in ihren Kommentaren zu Aristoteles' *De caelo* mit großem Scharfsinn und in aller Ausführlichkeit die Frage, ob die Annahme eines ruhenden Himmels mit einer rotierenden Erde die Phänomene besser zu beschreiben in der Lage wäre, und kommen beide zu dem Schluss, dass eine Rotation der Erde unbezweifelbare astronomische und metaphysische Vorteile²⁶ aufweist. Die Entscheidung dieser Alternative aber, und gerade das sollen die Erörterungen zeigen, ist mit Mitteln der denkerischen Vernunft unmöglich. Hier steht Vernunft gegen Vernunft, aristotelische Kosmologie gegen aristotelische Physik, und bestätigt damit die nominalistische Skepsis. Die spätmittelalterlichen Debatten und Hypothesen zur Kosmologie, durch lehramtliche Verbote zusätzlich in die Pflicht genommen, sind also primär auf die Darstellung der Souveränität des Schöpfers aus und nicht auf die zuverlässige Erweiterung der menschlichen Welterkenntnis. Beide, Johannes Buridanus und Nikolaus von Oresme, entscheiden sich deshalb am Ende aufgrund von theologischen und biblischen Argumenten dafür, am Stillstand der Erde festzuhalten. Die Behauptung der vollkommenen Ordnung des Himmels und seiner Regelmäßigkeit ist als Aussage gläubigen Vertrauens zu verstehen, nicht als Resultat menschlicher Erkenntnis. Gott hat zwar alles nach Maß und Zahl geordnet²⁷, doch ist uns das göttliche Maß gerade nicht zugänglich. Unsere astronomischen Rechenkünste haben ihre relative Zuverlässigkeit, doch können wir mit ihnen nie die vom unendlichen Schöpfer geschaffene *Wirklichkeit* durchschauend erfassen. Und so ist das Mittelalter »an der Schwelle einer eigentlichen, messenden Physik stehengeblieben, ohne sie zu überschreiten«²⁸.

3. Die kopernikanische Wende

Nicolaus Copernicus (1473–1543) jedoch hat die Schwelle zu einer realistischen Himmelsmechanik überschritten und sich zur Sicherung dieses Schritts wieder auf das antike Programm der ›Rettung

26 Zu den Vorzügen gehören u.a. die Feststellungen, dass die vornehmere Ruhe dem Himmel zukommen würde und dass alle Himmelskörper den gleichen Richtungssinn in ihren Bewegungen zeigten, wobei die Umlaufzeiten von innen nach außen zunehmen würden.

27 Schon in Weish 11,21 heißt es: »omnia mensura et numero et pondere disposita«.

28 A. Maier, Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik Bd. IV: Metaphysische Hintergründe der spätscholastischen Naturphilosophie (Storia e letteratura 52), Rom 1952, 402.

der Phänomene« berufen²⁹. In seinem ersten in Abschriften kursierenden Entwurf seines Systems, dem so genannten *Commentariolus*, bezieht er sich auf seine antiken Vorgänger, die durch die Überlagerung vollkommener Kreisläufe die Sternbewegungen »als regelmäßige: sub regularitate«³⁰ retten wollten. Dies hatte sich als überaus kompliziert erwiesen, so dass die Grundidee konzentrischer Kreise durch Exzenter und Epizyklen vielfach hatte erweitert werden müssen. Hier nun sollte Copernicus' heliozentrisches System ansetzen und »mit weniger und viel passenderen Mitteln«³¹ die himmlische Ordnung als gleichförmig bewegt erweisen. Er entdeckte nach gründlichem Studium der Alfonsinischen Tafeln³², dass sich die Erscheinungen in der Tat leichter fassen ließen, wenn man die Sonne als Mittelpunkt der Himmelsphären fixierte und die Himmelsphänomene auf eine Kreisbewegung der Erde bezog. Damit, so Copernicus, könnte das aristotelische Grundprinzip der konzentrischen Kreisbewegungen im Großen und Ganzen beibehalten werden. Ohne Zusatzkreise kam zwar auch Copernicus nicht aus, doch konnte er am Ende seines *Commentariolus* voll Stolz verkünden: »Also reichen aufs Ganze 34 Kreise aus, mit deren Hilfe das ganze Welt-Werk und der gesamte Sternenreigen erklärt sei«³³. Doch war natürlich auch das noch durchaus unbefriedigend, und so stellte Copernicus weitere eigene astronomische Beobachtungen an, um die vorliegenden Tabellen zu verbessern, und dachte zeitweise »daran, nur die aus seinen Berechnungen erwachsenen Tafeln und Kataloge herauszugeben und die dahinter stehende Theorie zurückzuhalten«³⁴. Doch dann ließ sich der alte Mann überreden, das über die Jahre gewachsene Manuskript der Darstellung seines vollständigen Systems aus der Hand zu geben, so dass 1543 das berühmte Werk *De revolutionibus* erscheinen konnte.

Doch bis zuletzt war es Copernicus nicht wirklich gelungen, die intendierte Einfachheit des Aufbaus des Kosmos zu erreichen, musste er doch die Sonne um 3 Diameter gegen das Zentrum sei-

29 Vgl. *Mittelstraß*, Rettung 197ff.

30 *Copernicus*, Weltbild 2.

31 *Copernicus*, Weltbild 5.

32 Vgl. dazu oben Anm. 22. Leider übernahm er mit ihnen auch deren Fehler. Erst in seinem Hauptwerk konnte er hier durch eigene Beobachtungen manches korrigieren.

33 *Copernicus*, Weltbild 35. Dass das eine allzu kühne Behauptung war, ist oft bemerkt worden. Copernicus hat beim Zusammenzählen 4 Bewegungen vergessen, so dass er auf 38 hätte kommen müssen. Vgl. dazu E. Zinner, Entstehung und Ausbreitung der copernikanischen Lehre, München ²1988, 186f.

34 H.G. Zekl, Einleitung, in: *Copernicus*, Weltbild LXXI.

nes Universums verschoben exzentrisch positionieren und die Mittelstellung damit unbesetzt lassen, um Beobachtungskonformität zu erreichen. Die Mittelpunkte der Planetenbahnen waren sogar noch stärker versetzt (derjenige der Saturnbahn etwa lag außerhalb der Venusbahn), und »der Mittelpunkt der Erdbahn mußte seinerseits eine Kreisbewegung ausführen, so daß der Erde allein schließlich 8 Bewegungen zukamen«³⁵. Copernicus' Werk bedeutete auch keine praktische Vereinfachung der astronomischen Berechnungen, weil das ptolemäische System für die Bestimmung der Planetenpositionen eher leichter zu handhaben war, und seine Berechnungen auf der Grundlage des heliozentrischen Systems »wiesen ähnliche Abweichungen von den beobachteten Planetenorten auf wie das Ptolemäische Modell«³⁶. Der entscheidende, sich dann als so überaus fruchtbar herausstellende Vorzug der kopernikanischen Theorie war vielmehr das durchsichtigere konstruktive Prinzip, das ihr zugrunde lag. Außerdem hatte Copernicus durch seine eigenen Beobachtungen die Präzession der Äquinoktialpunkte gegenüber den alten Tafeln ebenso zweifelsfrei nachgewiesen wie die Änderung der Schiefe der Ekliptik. Beide Befunde hätten im ptolemäischen Weltbild zu einer erheblichen Komplizierung geführt, wohingegen sie sich in das heliozentrische System auf einfache Weise integrieren ließen. Deshalb zählt sein Schüler Rheticus (1514–1576) in seiner ersten Nachricht über das neue System, der *Narratio prima* eben diese beiden als diejenigen Himmelsphänomene auf, die Copernicus zu der Überzeugung führten, »daß die meisten Erscheinungen am Himmel durch die Beweglichkeit der Erde hervorgerufen oder sicher aufs bequemste gerettet werden können«³⁷.

Die eigentliche Leistung des Copernicus bestand jedoch darin, dass er die Himmelserscheinungen nicht nur durch mathematische Modelle beschreiben wollte, sondern dass er für sein System Wahrheit in dem Sinne beanspruchte, dass es die *wirklichen* Verhältnisse wiedergibt. Schon im Widmungsschreiben an Papst Paul III. schreibt Copernicus denn auch, dass er seine Untersuchung zum Nachweis (*demonstratio*) der Bewegungen der Erde geschrieben habe³⁸. Auch wenn er sonst im Verlaufe der Abhandlung immer wieder seine Hypothese nur als die wahrscheinlichere (*probabilior*)

35 H. Blumenberg, *Kopernikus im Selbstverständnis der Neuzeit*, AAWLM.G (1964), Nr. 5, 337–368, hier 342.

36 J. Mittelstraß / K. Mainzer, Art. *Kopernikus*, *Enzyklopädie Wissenschaftstheorie und Philosophie II* (1995), 470–474, hier 472.

37 Auswahl aus der *Narratio prima* des G.J. Rheticus, in: *Copernicus, Weltbild*, 157–198, hier 169.

38 *Copernicus, Weltbild* 66.

beschreibt³⁹, so wird aus dem ganzen Duktus seiner Schrift und der sorgfältigen empirischen Beobachtungsarbeit, die Copernicus aufwendet, sowie durch das Zeugnis seines Herausgebers Rheticus deutlich, dass Copernicus sein System als *reales* Modell ansieht, dessen Geltung durch die von ihm selbst gemachten, dann aber auch durch weitere genauere Beobachtungen der Wirklichkeit bestätigt werden soll.

Das umstrittene Vorwort des Nürnberger Theologen Andreas Osiander (um 1494–1552) zur Erstausgabe von *De revolutionibus* hatte diesen Anspruch sogleich zurückgenommen und bestritten, dass das neue System Wahrheit für sich reklamiere, denn es sei schließlich hinreichend bekannt, dass die Astronomie »die Ursachen der erscheinenden ungleichmäßigen Bewegungen schlicht überhaupt nicht kennt«⁴⁰. Und es ist auch »gar nicht notwendig, daß diese Annahmen (hypotheses) *wahr* sein müssen, nicht einmal daß sie *wahrscheinlich* sind, sondern es reicht schon dies allein, wenn sie *eine mit den Beobachtungen zusammenstimmende Berechnung* darstellen«⁴¹. Wollte je jemand in astronomischen Dingen Gewissheit erlangen, müssten ihm die Zusammenhänge schon von Gott offenbart werden.

Copernicus selbst jedoch war davon überzeugt, dass seine heliozentrische Grundidee die Wirklichkeit traf, weil sie die Himmelsphänomene auf eingängige Weise durchschaubar machte. Er versetzte den Systemmittelpunkt in die Sonne und sogleich ordneten sich die verschlungenen planetarischen Phänomene. »Diese perspektivische Transposition war vergleichsweise leicht vollziehbar; der bevorzugte Ort war für die Erde zwar verloren, aber er war mit einem einzigen Sprung imaginativ zurückzugewinnen«⁴². Sein System setzte zwar den Augenschein ins Unrecht, versprach aber gerade dadurch das wahre Verständnis zurückzugewinnen, wenn auch nur durch einen intellektuellen Akt. Auf diese Weise schien das Vernunftwesen Mensch als verständiger contemplator coeli wieder eingesetzt zu sein, wenn auch auf einer abstrakteren Ebene. So sah Rheticus darin einen Hinweis auf die Wahrheit des neuen Weltbilds, dass die Hypothesen des Copernicus so rasch vom menschlichen Geist zu begreifen sind »wegen der Verwandtschaft, die er mit dem Himmel hat«⁴³, und noch Galilei rühmt die Überlegenheit der konstruktiven astronomischen Vernunft vor

39 Z.B. Copernicus, Weltbild 120.

40 Copernicus, Weltbild 63.

41 Copernicus, Weltbild 61.

42 Blumenberg, Genesis 650.

43 Copernicus, Weltbild 178.

der naiven Anschauung: »So ist das, was der bloße Sinn des Sehens uns gibt, so gut wie nichts im Vergleich zu den Wundern, die der Verstand der Verständigen durch lange und sorgfältige Beobachtung am Himmel entdeckt«⁴⁴. Doch zugleich bedeutet die Preisgabe der aristotelischen Kosmologie auch die Preisgabe der aristotelischen Physik. Copernicus zerstörte den aristotelischen Hiatus zwischen sublunarer und supralunarer Welt, auch wenn er selbst noch an den Vorstellungen der aristotelischen Bewegungslehre mit der Idealität der himmlischen Kreisbewegung festhält.

4. Kepler – Galilei – Newton

Schon Johannes Kepler (1571–1630) geht dann den entscheidenden Schritt weiter, wenn er die Kreisbewegung als die natürliche Form der himmlischen Ordnung aufgibt, durch die Ellipse die Dynamik der Planetenbewegungen neu beschreibt und endlich auch den Genauigkeitsgewinn erreicht, den Copernicus für sein System vergeblich reklamierte. Der Wechsel vom Kreis zur Ellipse bedeutet die Preisgabe einer exklusiven Himmelsphysik und den Anfang einer Suche nach den wahren physikalischen Verhältnissen, die den Himmelsbewegungen zu Grunde liegen. Schon im frühen *Mysterium Cosmographicum* möchte Kepler zeigen, dass den Planeten nicht aus mathematischen, sondern aus physikalischen Gründen ihre Bewegung zukommt, und dass diese Gründe in der Sonne als dem physischen Zentrum des Kosmos zu suchen sind⁴⁵. Dazu werden die Prinzipien der Gleichförmigkeit und Kreisförmigkeit für die kosmische Physik aufgegeben, bis die Grundlinien einer »Astronomia nova«⁴⁶ sichtbar werden, ein Weg, der für Kepler selbst mit den größten Schwierigkeiten verbunden war⁴⁷. Doch am Ende machen die Beobachtungsdaten nach langem Suchen den Schluss unausweichlich, dass alle Planeten einschließlich der Erde

44 G. Galilei, A madama Cristina di Lorena granduchessa di toscana, in: Le opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale, Bd. V, NA Florenz 1968, 307–348, hier 327.

45 Vgl. Mittelstraß, Rettung 210; J. Kepler, *Mysterium cosmographicum*, in: ders., GW, Bd. I, hg. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayerischen Akademie der Wissenschaften von M. Caspar, München 1938, 1–80, hier 9.

46 So der Titel seines großen Werkes von 1609.

47 Vgl. die Einleitung zur *Astronomia Nova* nach der Schilderung bei Mittelstraß, Rettung 214ff. Dem Streben nach Wahrheit und Übereinstimmung von Theorie und Wirklichkeit bei Kepler hat Albert Einstein in einem kleinen Aufsatz ein schönes Denkmal gesetzt, vgl. A. Einstein, Johannes Kepler, in: ders., *Mein Weltbild*, hg. von C. Selig, Frankfurt a.M. / Berlin 241991, 147–151.

sich in Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpunkt sich die Sonne befindet, und dass ihre Umlaufgeschwindigkeit sich kontinuierlich ändert, so dass die Verbindung Sonne – Planet zu gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht.

Die im Zentrum residierende Sonne, auf die alle Himmelsbewegungen in dieser Weise zu beziehen sind, ist für Kepler deshalb als der Mittelpunkt des Universums Wohnort des göttlichen Intellekts. Sie ist das Feuer der Weltvernunft, die Quelle der Harmonie des Weltalls⁴⁸. Die Sonne gilt ihm schon in einer frühen Disputation als der einzige Himmelskörper, der würdig wäre, dass dort »der höchste Gott, wenn ihm eine materielle Wohnstatt gefallen würde und er überhaupt von einem Ort umfasst werden könnte, mit den gesegneten Engeln einwohnte«⁴⁹. Kepler versteht seine Astronomie ohnehin als eine höhere Form von Theologie und als Exerzitium christlicher Frömmigkeit. So schreibt er in einem Brief vom 2. Oktober 1595: »Ich wollte Theologe werden, lange war ich in Unruhe. Nun aber sehet, wie Gott durch mein Bemühen auch in der Astronomie gefeiert wird«⁵⁰. Kepler bezeichnet die Astronomen als »Priester Gottes am Buche der Natur«⁵¹, durch das Gott uns das umfassende Wissen über sein Wesen und die Schöpfung durch die neue Wissenschaft mehr und mehr zugänglich macht. Der aristotelische Kosmos mit dem unbewegten Bewegter jenseits der Fixsternsphäre ist völlig neu orientiert, die Erde ist ein Planet unter Planeten und die Himmelsbewegungen zeigen Unregelmäßigkeiten wie die irdischen Prozesse auch.

Damit war der Weg offen zur Angleichung von terrestrischer und kosmischer Physik, wie sie Galileo Galilei (1564–1647) durch seine experimentelle Methode bewerkstelligte. Er interessierte sich für die Bewegungen von Fall und Wurf, für deren Erklärung nun die aristotelische Differenz von natürlicher und erzwungener Be-

48 »... in Sole verò Intellectum simplicem, πῦρ νοερόν seu Νοῦν habitae, omnis Harmoniae fontem ...« (*J. Kepler, Harmonice Mundi*, in: *ders.*, GW, Bd. VI, hg. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayerischen Akademie der Wissenschaften von M. Caspar, München 1940, 367).

49 »... in quo Deus Opt. Max., si corporeo domicilio delectaretur et capi loco posset, cum beatis angelis inhabitaret«, nach J. Hübner, *Die Theologie Johannes Keplers* (BhTh 50), Tübingen 1975, 188.

50 Nach F. Krafft, »... Denn Gott schafft nichts umsonst!« *Das Bild der Naturwissenschaft vom Kosmos im historischen Spannungsfeld Gott – Mensch – Natur*, Münster 1999, 133.

51 Brief an Herwart vom 26. März 1598, in: *J. Kepler*, GW, Bd. XIII, hg. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayerischen Akademie der Wissenschaften von M. Caspar, München 1945, 188–197, hier 193: »Ego verò censeo, cum Astronomj, sacerdotes dej altissimj ex parte libri Naturae simus«.

wegung nicht mehr gut stehen konnte. Galilei übertrug Keplers Methode auf die Erde: durch genaue Messungen und ihre mathematische Beschreibung werden die Gesetze gefunden, die die physikalische Wirklichkeit regieren. Keine metaphysischen oder gar theologischen Prinzipien sind hierbei in Anschlag zu bringen, denn es ist die forschende, beobachtende, experimentierende und rechnende Vernunft, die die Mechanik der himmlischen wie der irdischen Bewegungen nun auch wirklich ergründen kann, ohne dass sie ihr von Gott offenbart werden müsste. Denn das Buch der Natur »ist in mathematischer Sprache geschrieben, und seine Buchstaben sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren, ohne diese Mittel ist es unmöglich, ein einziges Wort zu verstehen, irrt man vergeblich in einem dunklen Labyrinth umher«⁵². Im Buch der Schrift hingegen sagt uns der Heilige Geist nur, so zitiert Galilei wiederholt Kardinal Baronius (1538–1607), »wie man in den Himmel geht, nicht wie der Himmel geht«⁵³. Und so argumentiert Galilei in seinem *Dialog über die Weltsysteme* gegen die Thesen der aristotelischen Physik und für die realistische Interpretation des kopernikanischen Weltbilds.

Ihre Vollendung erfährt die Angleichung von himmlischer und irdischer Mechanik dann durch Isaac Newtons (1642–1727) Gravitationstheorie, die endgültig die Einheit von irdischer und himmlischer Physik verwirklicht, indem nun aus den für irdische wie kosmische Prozesse gleichermaßen gültigen Gravitationsgesetzen die Dynamik der Planetenbewegungen hergeleitet werden kann: die Kraft, mit der ein Apfel zu Boden fällt, ist identisch mit der Kraft, die die Planeten auf ihren Bahnen hält⁵⁴. Die unsichtbare, über unendliche Entfernungen auf alle Körper wirkende und auf mathematisch einfache und einsichtige Weise mit dem Quadrat der Entfernung abnehmende Anziehungskraft kann den Zusam-

52 G. Galilei, *Il Saggiatore*, in: *Le opere de Galileo Galilei*, Edizione Nazionale, Bd. VI, NA Florenz 1968, 232.

53 Galilei, *A madama Cristina* 319: »ciò è l'intenzione dello Spirito Santo essere d'insegnarci come si vadia al cielo, e non come vadia il cielo«.

54 Nach einem Bericht von John Conduitt, der sich darin auf ein Gespräch mit dem alten Newton beruft, soll Newton beim Spaziergang im Garten auf seine Gravitationstheorie gekommen sein: »whilst he [sc. Newton] was musing in a garden it came into his thought that the power of gravity (w^{ch} brought an apple from the tree to the ground) was not limited to a certain distance from the earth but that this power must extend much farther than was usually thought. Why not as high as the moon said he to himself« (nach R.S. Westfall, *Never at rest. A biography of Isaac Newton*, Cambridge 1980, 143). An diesen Bericht knüpft die u.a. von Voltaire verbreitete Legende an, dass Newton bei der Beobachtung eines fallenden Apfels der Grundgedanke seiner Gravitationstheorie aufgegangen sei.

menhalt des Weltbaus und seine Dynamik auf eindruckliche Weise herleiten, so dass Newton und seine Anhänger diese Theorie nicht als bloße ›Hypothese‹ ansehen, sondern in Anspruch nehmen, dass Newton sie »aus den Erscheinungen hat beweisen können: ex apparentiis demonstrare potuit«⁵⁵. So jedenfalls urteilt Roger Cotes im Vorwort zur zweiten Auflage der *Principia*. Und er ist ebenso der Meinung, dass damit nun endlich der Einwurf Alfons I., dass er dem Schöpfer für den Weltenbau zu etwas Einfacherem geraten hätte⁵⁶, abgewiesen sei. Durch die dynamische Begründung des kopernikanischen Weltbilds mit der Sonne als dominierender Zentralmasse und die Rettung der Erscheinungen mit Hilfe der Gravitationskraft hat Newton »uns den höchst eleganten Bau des Weltsystems vor Augen geführt und gestattet, es von einem Punkt aus zu durchschauen, dergestalt, dass selbst König Alfons, wenn er jetzt wieder aufstünde, kaum Einfachheit oder Harmonie darin vermissen würde«⁵⁷.

Noch einmal scheint die Ordnung des Himmels gerettet. Doch wird diese Rettung bald als eine zweifelhafte deutlich. In der Konsequenz der Kopernikanischen Wende liegt auch der Verlust der Qualifizierung der Richtungen im kosmischen Raum und der lokalisierbaren räumlichen Wohnstatt Gottes, und es beginnt eine Entwicklung, die David Friedrich Strauß (1808–1874) als Beginn der »Wohnungsnoth« Gottes bezeichnet hat⁵⁸. Durch die Fixie-

55 Vorwort von Roger Cotes zur zweiten Auflage von Newtons *Principia*, in: I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia mathematica* I–II, in: *ders.*, *Opera quae exstant omnia*, Bd. II, Faksimile-Nachdr. der Ausg. London 1779, Stuttgart / Bad Cannstatt 1964, XIV. Vgl. auch Newtons berühmtes, stolzes »Hypothesen erfinde ich nicht: hypotheses non fingo« im *Scholium generale* seiner *Principia* (I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia mathematica* III, in: *ders.*, *Opera quae exstant omnia*, Bd. III, Faksimile-Nachdr. der Ausg. London 1782, Stuttgart / Bad Cannstatt 1964, 174). Denn, so fährt Newton fort: »Denn das, was nicht aus den Phänomenen hergeleitet werden kann, wird ›Hypothese‹ genannt, und solche Hypothesen, seien es metaphysische, physikalische, auf verborgene Qualitäten bezogene oder mechanische, haben in der Experimentalphilosophie keinen Platz. In dieser Philosophie werden Propositionen aus den Phänomenen abgeleitet und durch Induktion verallgemeinert: Quicquid enim ex phaenomenis non deducitur, Hypothesis vocanda est; & hypotheses, seu Metaphysicae, seu Physicae, seu Qualitatum Occultarum, seu Mechanicae, in *Philosophia Experimentalis* locum non habent. In hac Philosophia Propositiones deducuntur ex phaenomenis, & redduntur generales per inductionem.«

56 Vgl. oben Anm. 22.

57 Vorrede von Roger Cotes, in: Newton, *Opera* II (*Principia*), XXIV.

58 »... als die Welt sich in eine Unendlichkeit von Weltkörpern, der Himmel in einen optischen Schein auflöste: da erst trat an den alten persönlichen Gott gleichsam die Wohnungsnoth heran« (D.F. Strauß, *Der alte und der neue Glaube*, Leipzig 31872, 105), vgl. die Aufnahme bei E. Haeckel, *Die Welträthsel*. Ge-

rung der Fixsternschale und die neue Orientierung des Kosmos auf das Zentralgestirn hin konnte, wie oben erwähnt, bei Kepler noch kurzfristig die Perspektive kippen, und die neue Mitte erfüllte die Funktion des aristotelischen Äußersten. Doch schon Giordano Bruno (1548–1600) spekulierte ganz folgerichtig über das Planetensystem hinaus und gelangte zu der Einsicht, dass die Fixsterne Sonnen wie die unsere sein müssen, die von Planeten wie den unsrigen, womöglich bewohnten, umkreist werden. Ein unendliches Universum, erfüllt mit unzähligen Planetensystemen – dieser Gedanke Brunos war für seine Zeit ungeheuerlich. Noch zehn Jahre nach Brunos Hinrichtung als Ketzer schreibt Kepler, der Zeit seines Lebens an einer geschlossenen Fixsternschale festhält, an Galilei, der mit dem Fernrohr soeben die Jupitermonde entdeckt hat: »Hättest du auch Planeten entdeckt, die einen Fixstern umlaufen, dann würde das für mich eine Verbannung in das unendliche All Brunos bedeutet haben.« Und er fährt fort: Mir bereitet »schon der bloße Gedanke einen dunkler Schauer, mich in diesem unermeßlichen All umherirrend zu finden«, das »jener unglückselige Bruno in seiner grundlosen Unendlichkeitsschwärmerei« gelehrt hat⁵⁹.

5. Chaos im offenen Himmel

Nachdem die Newtonsche Physik die Differenz zwischen kosmischer und terrestrischer Physik endgültig überwunden hat und die instrumentelle Himmelsbeobachtung immer neue Welten entdeckt, ist dann die Unendlichkeit des Kosmos zu Newtons Zeiten fest etabliert. Das hat Konsequenzen auch für das theologische Verständnis des Himmels. Zum einen ist nun der Blick zu den Sternen nicht mehr der Blick auf die dem Menschen zugewandte Wohnstatt Gottes. Der ins Unendliche entgrenzte Himmel hat seine Funktion als Verweis auf eine den irdischen Raum übersteigende, doch ihn zugleich auch bergend begrenzende göttliche Sphäre verloren. Der Mensch ist gezwungen, die Antwort auf die Frage nach seiner Stellung im Kosmos nur noch in der Konzentration auf sein eigenes Wesen zu suchen. Nicht die Kontemplation der erhabenen Ordnung des Himmels klärt nach Immanuel Kant (1724–1804) den Menschen über seine Bestimmung auf und er-

meinverständliche Studien über Monistische Philosophie, Stuttgart 1903, 138. Zu dieser Entwicklung vgl. D. Evers, Raum – Materie – Zeit. Schöpfungstheologie im Dialog mit naturwissenschaftlicher Kosmologie (HUTh 41), Tübingen 2000, 125ff.

59 Zitiert nach H. von Ditfurth, Wir sind nicht nur von dieser Welt, Hamburg 1981, 325, Anm. 77.

hebt ihn über die Natur – eher »vernichtet« der »bestirnte Himmel über mir ... meine Wichtigkeit«⁶⁰ –, sondern die Besinnung auf seine Vernunftnatur: »Zum Genießen, oder zum Anschauen, Betrachten und Bewundern ..., als dem letzten Endzweck, warum die Welt und der Mensch selbst da ist, geschaffen zu sein, kann die Vernunft nicht befriedigen: denn diese setzt einen persönlichen Werth, den der Mensch sich allein geben kann, als Bedingung, unter welcher allein er und sein Dasein Endzweck sein kann, voraus«⁶¹. Als die Menschheit entdeckte, dass in der Tat der menschliche Verstand die Himmelsphänomene nicht nur zu retten, sondern zu durchschauen und als Fortsetzung der ihm zugänglichen irdischen Physik zu begreifen vermag, zerbrach durch die Entgrenzung des Kosmos die Synthese von Himmelserscheinungen und göttlicher Vernunft und die Symbolkraft des Himmels und seiner Ordnung als Wohnort und Ausdruck des Göttlichen verschwand.

Doch noch eine zweite Konsequenz ist zu konstatieren. Durch die Überwindung des aristotelischen Hiatus zwischen sublunarer und supralunarer Welt wurden nicht nur die an der terrestrischen Physik gewonnenen Gesetze als die Bewegungsgesetze der Himmelserscheinungen erwiesen, sondern damit zugleich auch irdisches Chaos in die himmlische Welt exportiert. Schon Newton hatte eine Vorstellung davon, dass alle mechanische Bewegung durch gegenseitige Störung der beteiligten Körper und durch Reibungsverluste immer nur abnehmen und nicht ohne äußeren regulierenden Einfluss als regelmäßig aufrecht erhalten werden kann – eine Einsicht, die dann im 19. Jahrhundert der bekannte zweite Hauptsatz der Thermodynamik⁶² zum Ausdruck brachte⁶³. Newton war

60 I. Kant, Kritik der praktischen Vernunft, in: Kant's gesammelte Schriften, hg. von der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, Erste Abtheilung: Werke, Bd. V, Berlin 1913, 1–163, hier 161f.

61 Ders., Kritik der Urtheilskraft, in: Kant's gesammelte Schriften, hg. von der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, Erste Abtheilung: Werke, Bd. V, Berlin 1913, 165–485, hier 477.

62 Vgl. dazu Evers, Raum 304ff.

63 Newton spricht zwar in den *Principia* (im Corollar III zu den Gesetzen der Bewegung) von der Erhaltung des Maßes der Bewegung. Dieses gilt jedoch nur im Idealfall für den Zusammenstoß großer, sphärischer Körper unter Vernachlässigung der Widerstands- und Reibungsverluste. Das ganze zweite Buch der *Principia* ist dagegen Bewegungen gewidmet, bei denen Widerstandskräfte auftreten. Hier wird deutlich, dass die grundlegenden Ausführungen zu Beginn Idealisierungen darstellen, die bei den tatsächlichen Bewegungen nicht wirklich realisiert sind. In Query 31 der *Optics* beschäftigt sich Newton dann mit dem elastischen Stoß und zeigt dabei eine Ahnung des Entropieprinzips der späteren Thermodynamik: »By this instance it appears, that motion may be got or lost. But by reason of the tenacity of fluids, and attrition of their parts, and the weakness of elasticity in solids, motion is much more apt to be lost than

überzeugt, dass, wie unter irdischen Bedingungen Störungen, Reibungsverluste und Wechselwirkungen die tatsächlichen Bewegungen von Systemen höchst komplex machen, so auch im Planetensystem die gegenseitigen Störeinflüsse zwischen den Planeten und die ohnehin chaotischen Bahnen der Kometen zu sich verstärkenden Unregelmäßigkeiten führen müssten. Nur durch den immer wieder neuen, souveränen Eingriff Gottes sollte nach Newton die Ordnung des Himmels, dieses »höchst erlesene Gefüge von Sonne, Planeten und Kometen« erhalten werden können⁶⁴, und noch in den Schlussüberlegungen seiner Optik geht er davon aus, dass die gegenseitigen störenden Einwirkungen von Kometen und Planeten aufeinander »dahin tendieren anzuwachsen, bis dieses System einer Neuformierung bedarf: will be apt to increase, till this system wants a reformation«⁶⁵.

So stellt sich für die Kosmologie die Frage, was den Bestand des Kosmos und speziell des Sonnensystems garantieren kann, wenn die himmlischen Erscheinungen denselben Zerfalls- und Vergehensprozessen unterliegt wie die irdischen. Denn schon bald erkannte man aus den Gesetzen der Newtonschen Mechanik, dass selbst bei einem einfachen System, das nur aus der Sonne und zwei Planeten besteht, die entsprechenden Differentialgleichungen nicht allgemein lösbar sind (Dreikörperproblem). Zwar hatte man entsprechende Störungsrechnungen entwickelt, um die gegenseitigen Wechselwirkungen der Planeten untereinander zu berücksichtigen und so das Geschehen – vor allem unter Voraussetzung einer die Schwankungen der »Trabanten« wegdämpfenden großen Zentralmasse – mit recht großer Genauigkeit zu approximieren. Doch eine exakte Lösung der Bewegungsgleichungen für das Sonnensystem erschien unmöglich. 1888 stellte die schwedische Akademie der Wissenschaften aus Anlass des 60. Geburtstags von König Oskar II. von Schweden und Norwegen die Preisfrage, ob ein Vielkörpersystem wie das Sonnensystem auf unabsehbare Zei-

got, and is always upon the decay. ... Seeing therefore the variety of motion, which we find in the world, is always decreasing; there is a necessity of conserving and recruiting it by active principles« (*I. Newton, Optics: or, a Treatise of The Reflections, Refractions, Inflections And Colours of Light*, in: *ders.*, *Opera quae exstant omnia*, Bd. IV, Faksimile-Nachdr. der Ausg. London 1782, 1964, 1–264, hier 259).

64 *Newton, Opera III (Principia)*, 171.

65 *Newton, Opera IV (Optics)*, 262. Es war diese Behauptung, die Leibniz zu der sarkastischen Bemerkung veranlasste, dass nach Newton und seinen Anhängern Gott wohl von Zeit zu Zeit seine Uhr aufziehen müsse, vgl. Leibniz' ersten Brief an Newtons Verteidiger S. Clarke, in: *S. Clarke, Der Briefwechsel mit G.W. Leibniz von 1715/1716 (PhB 423)*, übers. und hg. von *E. Dellian*, Hamburg 1990, 10.

ten stabil sein kann oder ob die gegenseitigen Störungen der Planeten zu einer katastrophischen Entwicklung, etwa der Kollision zweier Planeten oder des Verschwindens eines Planeten aus dem Sonnensystem, führen könnten⁶⁶. Den ausgeschriebenen Preis gewann der französische Mathematiker Henri Poincaré, der zeigte, dass bereits das Problem der Bewegung zweier Planeten im Schwerfeld der Sonne nicht allgemein lösbar und deshalb auch die Stabilität des Sonnensystems nicht beweisbar ist. Poincarés an der Himmelsmechanik gewonnene Einsichten gelten heute als die Geburtsstunde der so genannten ›Chaostheorie‹. Seine Berechnungen machten deutlich, dass kleine und kleinste Ursachen beträchtliche Folgen haben können, die wir nicht mehr übersehen können. Dann aber bleibt es unentschieden, ob nicht z.B. eine Störung durch einen Kometen auf längere Sicht zur Instabilität des gesamten Sonnensystems und damit zur Vernichtung allen Lebens auf unserem Planeten führen könnte. Zerstörerisches ›Chaos im Himmel‹ scheint nicht mehr ausgeschlossen zu sein.

Doch zwischen 1954 und 1973 zeigen weitere Arbeiten von A.N. Kolmogorov, V.I. Arnold und J.K. Moser, dass auch nicht exakt lösbare mechanische Systeme in Teilen reguläres Verhalten mit quasiperiodischen Bahnen⁶⁷ aufweisen können, wenn die störenden Anteile hinreichend klein sind. Ein nach den Anfangsbuchstaben der drei aufgeführten Mathematiker als KAM-Theorem benannter Satz besagt⁶⁸, dass es bei genügend kleinen Störungen auch auf lange Sicht stabile Bahnen gibt, und zwar diejenigen, die zueinander in einem möglichst nicht-ganzzahligen (also irrationalen) Verhältnis stehen⁶⁹. Sollte die gängige Theorie der Entste-

66 Vgl. dazu F. Diacu / Ph. Holmes, *Celestial Encounters. The Origin of Chaos and Stability*, Princeton NJ 1996.

67 Quasiperiodische Bahnen im dreidimensionalen Raum verlaufen so, dass sie zwar keine geschlossene Kurve bilden und also nicht in sich zurücklaufen, aber sich doch immer auf der Oberfläche eines Torus halten. Im realen Fall ist allerdings die Entscheidung, ob ein chaotisches System vorliegt oder eines, dessen Quasi-Periodizität nur sehr kompliziert ist, oft schwer zu treffen.

68 Für eine ausführliche Analyse des KAM-Theorems und die vollständigen Nachweise der Quellen vgl. T. Leiber, *Kosmos, Kausalität und Chaos*, Augsburg 1993, 380ff.

69 Man kann sich das auch anschaulich einigermaßen leicht klar machen. Angenommen zwei Planeten umlaufen die Sonne mit Umlaufzeiten, die im Verhältnis 1 zu 2 stehen, so werden sie sich bei jedem zweiten Umlauf des schnelleren Planeten und also in regelmäßiger Periode nahe kommen, so dass die Störungen periodisch und immer in derselben Richtung erfolgen und sich im Effekt summieren. Stehen die Umlaufzeiten aber in einem irrationalen Verhältnis wie z.B. 1 zu $\sqrt{2}$, also etwa 1 zu 1,4142 ..., so erfolgen die Störungen nicht periodisch und ihre Richtung ist bei jedem Umlauf eine andere, so dass sie sich gegenseitig ausgleichen.

hung unseres Sonnensystems richtig sein, nach der es sich aus einem umlaufenden Gaswirbel gebildet hat, in dem sich die Gasausläufer zu Planeten verdichtet haben, so wird verständlich, warum die tatsächlichen Bahnen der Planeten über so lange Zeiten stabil geblieben sind: alle Teilchen, deren Umlaufzeiten in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander standen, haben sich gegenseitig so gestört, dass sie sich aus ihren Bahnen stießen. Das Gas des Wirbels hat sich deshalb an solchen Bahnen verdichtet, die in einem hinreichend irrationalen Verhältnis zu einander stehen⁷⁰. Im Fall der Planetenbahnen unseres Sonnensystems können deshalb Kollisionen wie das Entweichen ins Unendliche für relativ lange Zeiträume ausgeschlossen werden, solange keine katastrophischen Eingriffe von außen erfolgen. Die große Zentralmasse unserer Sonne bewirkt zudem, dass die Störungen zwischen den Planeten gegenüber der Zentralkraft klein bleiben, so dass das Gesamtsystem in Grenzen stabil und berechenbar bleibt.

6. Die Rede vom ›Himmel‹ heute

Damit aber ist eine Einsicht angedeutet und vorbereitet, die sich als Grundzug unserer modernen naturwissenschaftlichen Kosmologie überhaupt herausgestellt hat. Die Lebensbedingungen des Menschen auf der Erde sind mit ihrer relativen Verlässlichkeit im Zwischenbereich zwischen Ordnung und Chaos angesiedelt und als das Resultat eines komplexen kosmischen Zusammenspiels zu verstehen. Galilei wollte noch nachweisen, dass die Erde »nicht ... eine schmutzige Kloake voll vom Bodensatz der Welt«⁷¹ sei, sondern ein Stern unter Sternen. Heute wissen wir, dass dies zum Glück nicht der Fall ist, denn sonst wären wir nicht hier. Sterne sind für die Lebensentstehung unerlässlich, doch als Orte für Leben ungeeignet. Die moderne Kosmologie führt uns immer mehr vor Augen, wie eng der ›Himmel‹ mit der Erde, wie eng unser Schicksal mit der Geschichte des Kosmos verbunden ist. Vieles musste im Laufe von Jahrmilliarden in den kosmischen Prozessen zusammenkommen und geschehen, damit auf unserem Planeten Leben entstehen konnte. Nicht nur ist es notwendig, dass aus den

70 Auch im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter zeigen sich Lücken genau an jenen Stellen, wo die Jahre von Jupiter und einem Asteroiden ein einfaches Verhältnis bilden würden. In den Saturnringen fand man ähnliche Bahn-lücken.

71 G. Galilei, *Sternenbotschaft (Siderius Nuncius)*, in: *ders., Schriften, Briefe, Dokumente*, hg. von A. Mudry, Bd. I: *Schriften*, Berlin (Ost), 1987, 118.

einfachen und zu wenig Komplexität fähigen Ursprungselementen von Wasserstoff und Helium durch mehrere Zyklen von Sternentwicklungen hindurch alle schwereren Elemente »erbrütet« und durch gewaltige Explosionen im All verbreitet werden. Es kommen als Lebensraum zudem nur Planeten in Betracht, die um bestimmte Sonnen in bestimmten Außenbezirken von Galaxien kreisen, Planeten, die nicht zu schwer und nicht zu leicht sind, die sich nicht zu nah und nicht zu fern von ihrer Sonne möglichst gleichförmig bewegen, die einen Mond und ein Magnetfeld gegen die kosmische Strahlung haben, deren Drehachse gegen ihre Bahn um das Zentralgestirn geneigt ist und wohl noch einiges mehr⁷². Nur so konnte sich in langen Zeiträumen unser Planet als selbstregulierendes lebensfreundliches System, als der »blaue Planet« etablieren, als der er sich von allen anderen Planeten unseres Sonnensystems fundamental unterscheidet.

Sinnenfällig ist dies durch die Aufnahmen der Astronauten von unserer Erdkugel geworden. Und so prägt nicht nur der Blick von der Erde zum Himmel als sehnsuchtsvoller Blick hinaus aus unserem beschränkten Erdenkreis das heutige kosmische Welt-»Bild«, sondern auch das längst ins Alltagsbewusstsein diffundierte Bild unserer leuchtenden Erde vor dem Hintergrund der Dunkelheit und Kälte des Weltalls. Die durch die Raumfahrt ermöglichte Umkehrung der Perspektive hat neben der Sehnsucht aus dem Staub hinauf zu den Sternen auch die umgekehrte Bewegung von der teilnahmslosen Kälte und Einförmigkeit des Alls hin zur bunten Vielfalt des Lebens auf unserem Planeten etabliert. Dem Blick zum Himmel korrespondiert deshalb heute der Blick vom Himmel auf die Erde, auf den Bereich des Kosmos, der unsere Heimat und der uns anvertraut ist. Und hier, im Zwischenreich zwischen eherner Gesetzlichkeit und zerstörerischer Chaotizität sind wir als Geschöpfe angesiedelt, ist ein kostbarer Teil der Schöpfung in unsere Hände gelegt.

Die Überwindung der Trennung von himmlischer und irdischer Physik hat uns deutlich werden lassen, dass unser Kosmos nicht Ausdruck ewiger Gesetze und einer ehernen Ordnung ist, in die dann der Mensch als Geschöpf hineingesetzt ist. Eher zeigt der Blick zum Himmel heute dem Verständigen, dass wir Menschen auf höchst differenzierte Weise »Kinder des Weltalls«⁷³ und damit eingebunden sind in ein dynamisches, geschichtliches und schöp-

72 Vgl. als ausgewogene und leicht verständliche Darstellung aus einer Fülle von Publikationen: H. Lesch / J. Müller, *Big Bang zweiter Akt*, München 2003.

73 Vgl. H. v. Dittfurth, *Kinder des Weltalls. Der Roman unserer Existenz*, Hamburg 1993.

ferisches Werden, das sich aus dem Wechselspiel von Chaos und Ordnung speist. Der Himmel ist weder der Prospekt der Gottheit noch die starre Bühne, vor der sich das kontingente Geschehen des Lebens und der Geschichte des Menschen abspielt.

Und so mag auch heute auf neue Weise die Rede von Himmel und Erde als dem grundlegenden Dual der Schöpfung gleichnisfähig sein, um die Gottbezogenheit der Schöpfung und den göttlichen Horizont unseres Lebens als Geschöpfe zum Ausdruck zu bringen. Wenn die biblischen Texte unsere Welt mit dem Wortpaar »Himmel und Erde« zusammenfassen, so machen sie deutlich, dass unser Lebensraum eingebettet ist in eine Schöpfung, die zu einem großen Teil unserer Zugänglichkeit und unserem imperialistischen Unterwerfungsdrang entzogen ist und deren Dynamik wir uns doch zugleich verdanken. Der Himmel ist das Symbol für eine uns unverfügbare Wirklichkeit, auf die wir zugleich angewiesen sind und bleiben. Und wenn der jüdisch-christliche Glaube Gott im Himmel, ja in den Himmeln anruft, so ist damit keine räumliche Lokalisierung gemeint, gilt doch andererseits, dass auch der »Himmel der Himmel« (1Kön 8,27) Gott nicht zu fassen vermag. Es geht vielmehr darum, die wirksame Anwesenheit Gottes in seiner Schöpfung und gleichzeitig seine fundamentale Entzogenheit zum Ausdruck zu bringen. Es handelt sich nicht um einen topographischen Verweis auf die Stratosphäre oder die Fixsterne, denn es ist nach Luther Ausdruck eines schwärmerischen Geistes, einer Einstellung, die Gott ins Fassbare zwingen will, wenn der Mensch im göttlichen Himmel nicht mehr sieht »denn das er mit fingern vnd augen vber sich zeigen mag / da die sonn vnd mond stehen«⁷⁴. Und doch ist und bleibt der kosmische Himmel über unserer Erde ein Gleichnis, um das zum Ausdruck zu bringen, was sich Fingerzeig und Augenschein entzieht. Der Verweis empor zum offenen Himmel und in die Weite des Alls ist der gleichnishafte Verweis auf den unsichtbaren Schöpfer, dem wir uns verdanken und auf den wir zugehen, und kann als recht verstandene analogia fidei in seiner anschaulichen und lebensweltlich orientierenden Prägnanz durch abstrakte Theoriebildungen wohl kaum ersetzt oder gar überboten werden.

74 M. Luther, *Vom Abendmahl Christi. Bekenntnis*. 1528, in: *ders.*, Studienausgabe, Bd. IV, hg. von H.-U. Delius, Leipzig 1986, 25–258, 108 (= WA 26, 346f.).