

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG

1974

MÜNCHEN 1975

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C.H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Die Copernicanische Wende

Vortrag in der Plenarsitzung der Bayerischen Akademie
der Wissenschaften München
am 15. Februar 1974

Von Walther Gerlach

Der Vortrag, der die Wogen der vorangegangenen Wahlen etwas glätten soll, will keine neuen Forschungsergebnisse bringen. Er soll mit einigen Hinweisen auf weniger beachtete Zusammenhänge in der geisteswissenschaftlichen Klasse eine für unsere Kultur entscheidende Episode der Naturwissenschaft, in der naturwissenschaftlichen Klasse die Erinnerung an deren geistesgeschichtliche Faktoren lebendig werden lassen.

Drei Gedenkjahre, international begangen mit Kongressen, Ausstellungen und Briefmarken, liegen hinter uns: 1963 und 1971 die vierhundertjährigen Geburtstage von Galileo Galilei und Johannes Kepler, 1973 der fünfhundertste von Nicolaus Copernicus – ein Süd-, ein Mittel- und ein Osteuropäer, Galilei Physiker, Kepler Astronom, Mathematiker und Theologe, Copernicus Jurist, Mediziner, Diplomat, Reformator des Münzwesens und Astronom.

Mit ihrem Namen verbunden sind bis heute die Galileischen Fall- und Pendelgesetze, die Keplerschen Planetengesetze und die Himmelsdynamik, das Copernicanische heliozentrische Planetensystem und die Copernicanische Wende.

Das sind zunächst Begriffe aus einem begrenzten Bezirk unserer Naturwissenschaft und auch die Copernicanische Wende bezeichnet sachlich nur eine Episode in der Entwicklungsgeschichte der Astronomie, den durch das Werk des Copernicus virulent gewordenen Übergang von der geozentrischen zur heliozentrischen Deutung der unseren Sinnen unmittelbar zugänglichen Struktur des Kosmos, der Weltordnung.

Heute verstehen wir unter Copernicanischer Wende eines der folgereichsten Ereignisse der Geistesgeschichte – so wie auch die

geistesgeschichtliche Bedeutung von Galilei und Kepler nicht darauf beruht, was sie geschaffen, sondern wie ihr Schaffen das Denken in neue Bahnen lenkte.

Goethe schrieb dazu im wertvollsten, dem „Historischen Teil“ seiner Farbenlehre in einer Zwischenbemerkung „zur Scheidung der älteren und neueren Zeit“, da zwar „ein gewisser Bezug aufs Altertum noch mächtig“ fortwirkt, aber nun sich „Menschen finden, die sich auf ihre eigenen Kräfte verlassen“: „Doch unter allen Entdeckungen und Überzeugungen möchte nichts eine größere Wirkung auf den menschlichen Geist hervorgebracht haben, als die Lehre des Copernicus . . . Vielleicht ist noch nie eine größere Forderung an die Menschheit geschehen. Denn was ging nicht alles . . . in Dunst und Rauch auf: ein zweites Paradies, eine Welt der Unschuld, Dichtkunst und Frömmigkeit, das Zeugnis der Sinne, die Überzeugung eines poetisch-religiösen Glaubens; kein Wunder, daß man . . . sich auf alle Weise einer solchen Lehre widersetzte, die . . . zu einer bisher unbekanntenen, ja ungeahnten Denkfreiheit und Großheit der Gesinnungen berechtigte und auf-forderte“.

Wesentlich ist, daß diese Denkfreiheit – wie Goethe es tut – als Folge einer neuen Einsicht in die Natur erkannt wird. Voraussetzung ist aber der gültige Beweis für ihre Richtigkeit. Alles das bedeutet für uns die Copernicanische Wende.

Man hat deshalb neuerdings auch von der Copernicanischen Revolution gesprochen, aber hierzu fehlen wohl alle Attribute: die Plötzlichkeit, die Gewaltsamkeit und die Unmittelbarkeit der Veränderung. Die Verführung zu dieser Bezeichnung gab der Titel des Copernicanischen Werkes „De Revolutionibus Orbium Coelestium“. Revolutiones heißt Umwälzungen, etwa in der Bedeutung unseres technischen Begriffes „Wälzlager“, und drückt die mechanischen Vorstellungen über die beobachteten Bewegungen am Himmel aus.

Damit kommen wir zur Astronomie.

Die naive Vorstellung ist, daß Mond, Sonne, Planeten und Fixsterne uns, d. h. die Erde, auf Kreisbahnen umlaufen. Aber es fallen mehrere Unterschiede auf. So bleibt die Lage der Fixsterne zueinander unverändert, während z. B. die der Planeten

untereinander und zu den Fixsternen sich dauernd ändert, eine Unterscheidung, welche nach Kepler nicht die Gelehrten, sondern die abergläubischen Chaldäer entdeckt haben, nicht die Astronomen, sondern die Astrologen.

Das unserer Sinnenerfahrung entsprechende Weltbild der zentralen ruhenden Erde und der sie umkreisenden himmlischen Körper war seit Aristoteles physikalisch und philosophisch begründet: weil freie Körper auf die Erde fallen, muß diese der Weltmittelpunkt sein. Weil der mit konstanter Geschwindigkeit durchlaufene Kreis die vollkommenste Form der Bewegung ist, muß er auch die „natürliche Bewegung“ der himmlischen Körper sein. Dazu kamen mancherlei weitere Thesen: die ewige Unveränderlichkeit und Unerforschbarkeit der translunaren Region – Kometen waren irdisch-atmosphärische Dünste –, die ätherische Natur der Himmelskörper, schließlich Zeugnisse des alten und neuen Testaments.

Aber eine sorgfältigere Beobachtung hatte schon früh gelehrt, daß der Lauf der Planeten relativ zu den Fixsternen gar nicht gleichförmig ist: sie laufen ihnen abwechselnd voraus oder ihnen entgegen, zeigen also gar nicht die „natürliche Bewegung“. Ptolemäus von Alexandria gelang es im zweiten Jahrhundert, die kategorische philosophische Forderung $\sigma\omega\zeta\epsilon\upsilon\tau\alpha\ \phi\alpha\iota\nu\acute{o}\mu\epsilon\nu\alpha$ auf großartige Weise zu erfüllen: Die beobachtete Bewegung der Planeten läßt sich mathematisch als Überlagerung von kleinen Kreisen, von Epicyclen, über die Hauptkreise, die Cyclen, um die Erde darstellen.

Das Ptolemäische System bewährte sich auch in der Praxis: es gestattete den Lauf von Sonne und Mond, die Finsternisse, die Sichtbarkeit der Planeten und ihre Stellung am Himmel zu jeder Zeit tabellarisch in den sogenannten Ephemeriden festzulegen. Es blieb philosophisch und kirchlich sanktioniert bis zum 16. Jahrhundert; und noch heute genieren sich selbst Astronomen nicht, vom Auf- und Untergang von Sonne und Mond und von rück- und rechtläufiger Bewegung der Planeten zu sprechen – so mächtig wirkt das Altertum nach, würde Goethe sagen.

Aber in diesem hatte man auch ganz andere naturphilosophische Gedanken entwickelt. Anaxagoras postulierte die Sonne als

heißes irdisches Gestein, was ihm bekanntlich schlecht bekam. Und andere, besonders Aristarch von Samos, hielten die Sonne für das Zentralgestirn, um welches sich die anderen Weltkörper einschließlich der Erde bewegen.

Das alles war im frühen christlichen Mittelalter des Abendlandes weithin unbekannt, bis es von den Arabern importiert wurde – mit so manchen anderen Grundlagen unserer Kultur wie Algebra und Alkali auch der *Almagest*, eine Verstümmelung des Titels der Astronomie des Ptolemäus von Alexandria ἡ μεγέστη σύνταξις τοῦ οὐρανοῦ.

Mit der Erschließung der Geisteswissenschaften des Altertums beginnt um das XII./XIII. Jahrhundert auch die Beschäftigung mit den naturwissenschaftlichen Problemen. Ich neige zu der Annahme, daß das Forschen nach den geschriebenen Quellen der Geisteskultur auch zum Suchen nach den Quellen der Naturphilosophie führte, also zur Beobachtung der Natur, wie es Aristoteles gelehrt hatte, zum „Lesen des Buchs der Natur“, wie Kepler es formulierte. So wäre das oft bemerkte auffällige gleichzeitige Auftreten gleichartiger Bestrebungen von Spanien bis England einfach mit dem Bekanntwerden der Astronomie des Altertums und ihrer Fortentwicklung durch die Araber verstehbar, für welch letztere nur auf die noch heute gebräuchlichen arabischen Namen für astronomische Instrumente und viele Sterne hingewiesen sei.

Wohl noch entscheidender für die bevorzugte Beschäftigung mit der Astronomie waren zwei Gründe ganz anderer Art. Eine bessere Kenntnis der Vorgänge am Himmel sollte einmal der Sicherung astrologischer Prognosen, die besonders in der Politik eine besondere Rolle spielten, dienen. Sodann hing der Erfolg der von der Römischen Kirche geforderten und schon eingeleiteten Kalenderreform von zuverlässigen astronomischen Unterlagen ab. Von ihrem großen Interesse an der neuen Astronomie des Copernicus wird noch die Rede sein.

Die erste uns bekannte Bearbeitung des *Almagest* hatte zu Beginn des XV. Jahrhunderts in Wien Purbach oder Peurbach aus dem gleichnamigen Ort im oberösterreichischen Innviertel begonnen und Regiomontanus aus Königsberg in Franken, zuerst in Wien, dann in Nürnberg vollendet. Sie erschien im

Druck lang nach dessen Tod 1496. Einer lateinischen Übersetzung folgte die erste noch recht fehlerhafte Ausgabe des griechischen Originals erst 1532 durch Grynaeus – Grüner – aus Nürnberg.

Zu dieser Zeit – von 1491 bis 1503 – studierte Copernicus zunächst Mathematik und Astronomie in Krakau, das bald darauf ein Zentrum astronomischer Forschung wurde, Jura in Bologna, wo der Astronom Novara wirkte, Medizin in Padua und promovierte in Ferrara zum Doctor juris. Zwischendurch war er als Mathematiker vorübergehend in Rom tätig. Ab 1504 übernahm er eine Domherrnstelle in Frauenburg, die er mit mannigfachen Aufgaben bis zum Tod 1543 bekleidete.

Über seine astronomischen Studien ist bis jetzt wenig mehr bekannt als daß er Beobachtungen vieler Art anstellte. Er kannte den Ptolemäus und auch Aristarch von Samos, den Plutarch und Hipparch: aber der längere auf diese sich beziehende Absatz ist in dem Originalmanuskript gestrichen; im gedruckten Werk kommt der Name Aristarch nicht vor.

Von jenem sei nun zunächst die Rede.

Die *erste* Grundidee des Copernicus ist, daß die Erde als Kugel eine Rotation um ihre Polachse macht, einmal pro Tag. Bei ruhender Sonne entstehen so Tag und Nacht.

Die *zweite* Grundannahme ist, daß die Sphäre der Fixsterne ruht. Der Lauf der Sterne von Ost nach West ist vorgetäuscht durch die Rotation der Erde von West nach Ost.

Die *dritte* Grundidee ist die ruhende Sonne und der jährliche Umlauf der Erde um die Sonne als Mittelpunkt und zugleich als Mittelpunkt der Planetenkreise.

Die erwähnte komplizierte Bewegung der Planeten ist vorgetäuscht: „In der Rück- und Rechtläufigkeit tritt nicht deren Eigenbewegung, sondern die Bewegung der Erde in Erscheinung“ – so formuliert Copernicus. Er führt das mathematisch durch: die Korrektur der beobachteten komplizierten Bewegungen der Planeten auf Grund der Annahme einer jährlichen Sonnenumkreisung des irdischen Beobachters ergibt einfache Kreise der Planeten um die Sonne.

Erkauft war das neue Weltbild mit der noch über ein Jahrhundert als eine Zumutung empfundenen Forderung, Sinnerfahrungen als Täuschungen zu erkennen. Der dem „gesunden Menschenverstand“ entsprechenden, von den Sinnen übermittelten „Erfahrungswahrheit“ setzt Copernicus die höhere rational ermittelte „Wahrheit der Natur“ entgegen. Dieser noch lange bekämpfte, im Galilei-Prozeß „absurd“ genannte Standpunkt sollte sich viel später als der ebenso naturwissenschaftlich wie geistesgeschichtlich bedeutsamste und auf Copernicus direkt zurückgehende Faktor der Copernicanischen Wende erweisen.

Copernicus wollte das Dogma der „natürlichen“ Kreisbewegung der Himmlischen Körper endgültig sicherstellen. Was an astronomischen Daten für diese mathematische Berechnung alles zu berücksichtigen war, muß hier außer acht bleiben. Er nannte sein heliozentrisches System einfacher und damit schöner als das des Ptolemäus und deshalb für die Mathematiker „klarer als die Sonne“.

Um 1510 wurden einige Abschriften der Grundgedanken angefertigt, der „Commentariolus“, von welchem in jüngerer Zeit zwei Exemplare gefunden wurden. Das Hauptwerk dürfte um 1530 im wesentlichen vollendet gewesen sein. 1533 ließ Papst Clemens VII. im Vatikan einen Vortrag darüber halten. Am 1. November 1536 schrieb Kardinal Schonberg an Copernicus die dringende aber erfolglose Bitte, die „neue Weltauffassung“ zu veröffentlichen. 1540 erschien als „Narratio Prima“, eine Darstellung des Wittenberger Professors Georg Joachim von Lauchen, nach seiner Vorarlberger Heimat Rheticus genannt. Das neue System war also in weiteren Kreisen bekannt.

Rheticus und des Copernicus engster Vertrauter, der Kulmer Bischof Tiedemann Giese erreichten mit vieler Mühe schließlich die Einwilligung zum Druck.

Als Druckvorlage diente nicht das Manuskript des Copernicus, sondern eine leicht abgeänderte Abschrift von Rheticus. Die Drucküberwachung bei Petrejus in Nürnberg übernahm der Nürnberger Theologe und Mathematiker Andreas Osiander. Die Korrekturfahnen hat der schwer erkrankte Copernicus gesehen, das fertige Werk soll er am 24. Mai 1543 sterbend noch mit Händen berührt haben.

Neben einer inhaltsreichen Widmung an Papst Paul III. hatte Copernicus jenen Brief des Kardinals Schonberg vorangesetzt. Ein anonymes, ohne Zweifel dem Osiander zuzuschreibendes Vorwort will die Gelehrten beruhigen, welche sich durch die „schon allgemein verbreitete Neuheit“ der Gedanken des Copernicus heftig angegriffen fühlen: es handele sich nur um neue, im Vergleich zu den alten „keineswegs wahrscheinlichere Hypothesen“. Das gerade steht in klarem Widerspruch zu eindeutigen Formulierungen im Text.

Eine weitere Sonderbarkeit ist, daß der Titel *De Revolutionibus Orbium Coelestium* nicht von Copernicus stammt. Er hieß nur *De Revolutionibus*, vielleicht mit dem Zusatz *mundi*. In dem *Orbium Coelestium* scheint mir das Problem der alten Himmelsmechanik angedeutet, wie Planeten und Fixsterne auf ihren Bahnen gehalten werden. Man stellte sich durchsichtige, die Planeten tragende „kristallene“ Sphären vor; die äußerste achte, undurchsichtige Sphäre trug die Fixsterne – vielleicht auch nur Löcher, durch welche der Mensch das ewige Licht des Himmels sieht. Alle Sphären revolutionieren als Ganzes um die feste Erde.

Orbis heißt generell wohl nur Rundung; und ein späterer deutscher Kommentar unterscheidet die „Runde“ der Erde (um die Sonne) und ihre Drehung um die Polachse. Copernicus hat sich zu der Frage der festen Sphären nicht geäußert, sie aber zweifellos angenommen. Wir kommen auf sie noch zurück.

Warum hatte sich Copernicus so sehr gegen die Veröffentlichung gesträubt? Man kann nur Vermutungen hegen – daß er an sich ein Cunctator war, zeigt wohl sein politisches Handeln.

Quantitative Mängel waren ihm bewußt: Wegen der noch zu ungenauen Daten hatte er die Einladung zur päpstlichen Kalenderreform-Kommission abgelehnt! Aber auch qualitativ entsprach das Erreichte nicht voll dem gesteckten Ziel. Z. B. war die Sonne nicht genau der Mittelpunkt der Welt. Der Mittelpunkt der Erdbahn lief im Lauf des Jahres etwas hin und her, und bei den äußeren Planeten blieben kleine Epicyklen übrig. Ob das der Grund für das Zögern war?

Das Erscheinen des Werkes war alles andere als eine „Sensation“. Die Gelehrten stürzten sich darauf (heißt es in einem

Brief), weil sie Klarheit über die verbreiteten Gerüchte haben wollten. Schon 1556 erschien in Basel ein Neudruck.

Daß man sich dem Aufgeben allgemein anerkannter Prinzipien widersetze, ist wohl verständlich. Die Astronomen fanden manchen Anlaß zur speziellen Kritik, u. a. Benutzung fehlerhafter Werte, Fehler in den Jahreslängen, falsche Folgerungen für den Lauf des Mondes und vor allem die fehlende Parallaxe der Fixsterne. Wenn die Erdbahn sich in der scheinbaren Bewegung der Planeten abzeichnet, so hätte sie sich auch in periodisch wechselnder Lagebestimmung der Fixsterne zeigen müssen.

Copernicus hatte die fehlende Parallaxe mit einer erst Jahrhunderte später als richtig erkannten, damals aber unvorstellbar weiten Entfernung der Fixsterne zu erklären versucht. Ein gewichtiger Einwand war auch, daß die nach dem Copernicischen System berechneten Ephemeriden, die „Prutenischen Tafeln“, den alten Ptolemäischen „Alphonsinischen Tafeln“ und auch den neuen Braheschen Tafeln von 1568 nicht überlegen waren.

Am schwersten wog für die damalige Zeit die Unvereinbarkeit der bewegten Erde mit der Physik des Aristoteles und auch mit Worten des Alten und Neuen Testaments.

Melanchthon hatte schon 1541 und wieder nach 1543 – wie offenbar auch Luther selbst – gegen „die verrückte Sache des prussischen Astronomen“ – ohne den Namen Copernicus zu nennen –, philosophische und religiöse Einwände erhoben. Milderte er auch in späteren Jahren die Form, so blieb er in der Sache ablehnend; und noch im protestantischen Bibelkommentar des Württembergers David Förster von 1650 und 1665 sind die „Sternkündiger“ der bewegten Erde „nicht bei Sinnen“.

Die Römische Kirche zeigte sich ziemlich uninteressiert. Copernicus hatte schon mit kirchlichen Einsprüchen gerechnet; in der Widmung an Papst Paul III. warnt er mit scharfen Worten vor den *ματαιολόγοι*, den Irrlehrern, welche ohne eine Ahnung von Mathematik zu haben unter übler Verdrehung einer Bibelstelle es wagen sollten, seine Einsichten anzugreifen.

1609 gibt Kepler ein wohl objektives Bild der Lage: So höre er darüber alle Päpste seit 1542: sie haben die Schrift so ausgelegt, daß sie Copernicum . . . noch nie eines Irrtums oder der Ketzerei

beschuldigt hätten. Er höre darüber auch einige Theologen der anderen Partei so man Protestanten nennt: sie verbieten nicht, das zu glauben . . . Allerdings der große Haufen von Theologen und Mathematikern will nicht zugeben, daß die Erde umlaufe“.

Die eigentliche Copernicanische Wende beginnt rund 30 Jahre nach Copernicus mit dem dänischen Astronomen Tycho Brahe – gleich in dreifacher Beziehung.

1. Zeitlebens ein Gegner des Copernicus erkannte er die Notwendigkeit genauester langjähriger Messungen der Planetenbewegungen als Grundlage für ein gültiges Planetensystem und machte diese zum Werk seines Lebens. Sie gaben die Grundlagen für die Erneuerung der Astronomie durch Kepler.

2. Brahe stellte durch Messung fest, daß die Bahn des großen Kometen von 1577 quer durch die Sphäre der Venus geht. Es kann also keine festen Sphären geben: der Komet hätte sie zertrümmern müssen!

3. Die Kometen als nur gelegentlich auftretende und wieder verschwindende interplanetare Körper zeigten, daß der himmlische Bereich nicht ewig unveränderlich ist – die Astronomie wird von solchen ideologischen Fesseln befreit.

Das zeitlich folgende Wirken von Giordano Bruno für die Verbreitung der Copernicanischen Lehre in Verbindung mit der Pluralität der Welten des Nicolaus von Cues hat kaum eine Bedeutung für die Copernicanische Wende – „Denkfreiheit und Großheit der Gesinnung“ allein genügen in der Naturwissenschaft nicht!

1601 wurde der junge Magister Johannes Kepler, von der Gegenreformation aus seinem Grazer Amt vertrieben, von Tycho in Prag aufgenommen, wo dieser, selbst aus Dänemark vertrieben, bei Rudolph II. Unterkunft gefunden hatte – die, man möchte fast sagen, entscheidendsten Momente der Copernicanischen Wende!

Kepler – noch stark platonisch beeinflusst – hatte 1597 geglaubt, in der Euklidischen Geometrie das „Mysterium Cosmographicum“ zu sehen: den Grund für das Copernicanische Planetensystem.

Tycho lehnte nicht nur dieses, sondern generell jede „Astronomia a priori“ ab, hatte aber den Scharfsinn, die wissenschaftliche Phantasie und Originalität und die mathematischen Fähigkeiten Keplers aus diesem Erstlingswerk erkannt.

In Prag leitete Kepler nun aus Tychos Messungen für den Mars, später auch für die anderen Planeten, die bekannten Gesetze ab. In der „Astronomia Nova“ von 1609 entwickelt er mit äußerster Kritik die elliptischen Bahnen der Planeten um die Sonne in einem Brennpunkt, ihre größere Geschwindigkeit in Sonnennähe – bei uns im Winter –, ihre kleinere in Sonnenferne – in unserem Sommer.

Damit war das Dogma der natürlichen, mit konstanter Geschwindigkeit durchlaufenen Kreise aus der Beobachtung der Natur widerlegt: „die Erneuerung der ganzen Astronomie“ sagt Kepler mit Stolz und Recht.

1619 folgte in der „Harmonice Mundi“ das dritte Gesetz, welches für Umlaufzeit und mittleren Sonnenabstand für alle Planeten und für unsere Erde die gleiche zahlenmäßige Beziehung enthält. Es ist bis dahin der einzige sichere, wenn auch noch indirekte Beweis für die Copernicanische bewegte Erde. Mehr ist vom Copernicanischen Sonnensystem nicht übriggeblieben. Alle Überlegungen über feste sich umwälzende Sphären wurden gegenstandslos.

Kepler postuliert die freien Bahnen der Planeten: sie sind mit immateriellen Kraftstrahlen – vergleichbar den Lichtstrahlen – an die Sonne gekoppelt. Solche Kraftstrahlen verbinden in wechselseitiger Wirkung Erde und Mond, sie erzeugen Ebbe und Flut der Meere. Sie verbinden alle körperliche Materie und erzeugen so auch den freien Fall: ein Apfel – so sagt er – fällt nicht auf die Erde, sondern Erde und Apfel ziehen sich gegenseitig an; nur ist die Bewegung der Erde auf den Apfel zu wegen ihrer ungeheuren Masse verschwindend klein.

Auf dieser „gravitas“ beruht alle freie Bewegung der Körper auf der Erde und im Himmel – in beiden bestimmt die gleiche Physik das Geschehen. „Physica Coelestis“ lautet der Untertitel seiner Astronomia Nova; sie begründet die Astrophysik. „Die Welt ist kein göttliches Lebewesen; sie läuft wie das Räderwerk

einer Uhr, getrieben von einer Kraft“ – „eine Waage bedarf keines Intellekts um richtig zu wiegen“. Es gelten Naturgesetze, welche der Schöpfer im „Buch der Natur“ dem Menschen vorgelegt hat.

Jetzt ist die Richtung der Copernicanischen Wende endgültig festgelegt.

Zugleich mit Keplers *Astronomia Nova* beginnt eine andere Phase der Copernicanischen Wende mit Galileis Fernrohrbeobachtungen des Himmels 1610: die himmlische Region wird erforschbar, „das Fernrohr durchdringt sie“.

Vergeblich ist der Widerspruch der Hauptphilosophen von Pisa, die sich weigern, durch das Fernrohr zu blicken, weil sie als Gelehrte nicht nach etwas schauen, von dem sie wissen, daß es das nicht gibt. Kepler erkennt sofort die Bedeutung und bekennt sich als erster öffentlich zu dieser grundsätzlichen Erweiterung der Astronomie. Auch wurden bald – nicht zuletzt von Jesuiten in Rom – Sternwarten errichtet, teils mit dem Spiegelreflektor des Zucchius, vor allem aber mit dem neuen „astronomischen“ Keplerschen Fernrohr, das die Leistung des Galileischen Instrumentes weit übertraf, die Frucht seiner ausgedehnten optischen Studien.

Die Deutung der Galileischen Entdeckungen als Beweise für Copernicus ist allerdings nicht haltbar. So zeigen die Phasen der Venus, daß diese entgegen Ptolemäus die Sonne umläuft. Aber diese Folgerung war schon in Tychos anticopernicanischem System enthalten, das übrigens die römischen Jesuiten übernommen hatten. Ptolemäus war von ihnen schon aufgegeben! Über eine Bewegung der Erde um die Sonne konnte Galilei nicht mehr aussagen als Copernicus. Was er dafür anführte – Ebbe und Flut – war ein Denkfehler.

Nicht ohne Schuld des Galilei – wie Kepler betont – kam es 1616 zum Verbot des Copernicus „*Donec corrigatur*“ durch die Inquisition, weil die bewegte Erde dem gesunden Menschenverstand und der Bibel widerspreche. Sofort erschien in Amsterdam ein Neudruck; die 1620 erledigte römische Korrektur wurde nie gedruckt.

Als 1618 auch der erste Band von Keplers „*Epitome Astronomiae Copernicanae*“ auf den Index kam, verschickte er eine „*Admonitio ad Bibliopolas*“: „Die kirchlichen Stellen mögen sich überlegen, ob man die Kenntnis der herrlichen Werke Gottes im Volk verbreiten oder mit der Zensur verhindern soll.“

„Die Bibel ist kein Lehrbuch der Optik und der Astronomie: widersetzt Euch diesem Mißbrauch, Ihr Theologen!“ Das war der nächste Schritt in der Copernicanischen Wende: die Proklamation der Autonomie der Naturwissenschaft.

Die neue Lehre setzte sich langsam stetig durch, Borelli, Guericke, Hooke, Huygens sind Copernicaner. Der groß angelegte Versuch des G. B. Riccioli einer Umleitung der astronomischen Copernicanischen Wende in die Tychonische Richtung – ruhende Erde, aber um die Sonne kreisende Planeten – in seinem „*Almagestum Novum*“ 1651 blieb eine Episode.

Der Copernicanischen Überordnung der naturwissenschaftlichen – d. h. auf rationale Analyse beschränkten – über die natürliche – d. h. auf Sinneswahrnehmung beruhende – Erfahrung (von Goethe übrigens abgelehnt!) setzte Gassend die dogmatische Überordnung der übernatürlichen – d. h. geoffenbarten – Wahrheit über die natürliche – das bedeutet jetzt naturwissenschaftliche – Wahrheit entgegen, ein letzter Versuch, die geistesgeschichtliche Copernicanische Wende zu blockieren.

1687 entwickelte Isaac Newton aus Keplers drittem Gesetz die Keplersche *gravitas*-Vorstellung zum quantitativen Gravitationsgesetz und leitet daraus mit seinen *Philosophiae Naturalis Principiis* die Keplerschen Ellipsengesetze ab.

Das XVIII. Jahrhundert ist endgültig Copernicanisch – Keplerisch – Galileisch – Newtonisch –, aber noch immer fehlen die direkten Beweise!

1798 zeigt Josef Cavendish im Laboratoriumsversuch die Richtigkeit des Gravitationsgesetzes. Den großartigen Beweis für seine Gültigkeit im Planetenraum erbrachte 1846 die Entdeckung des Planeten Neptun. Der von Herschel 1781 entdeckte 7. Planet Uranus – übrigens die erste Erweiterung des Planetensystems seit den ältesten Zeiten und vom englischen König hoch honoriert! –

zeigte periodische Abweichungen von der Kepler-Ellipse. Mit der Hypothese, daß ein noch unbekannter, außerhalb der Bahn des Uranus langsamer als dieser laufende Planet bei gegenseitiger Annäherung die Uranusbahn „stört“, berechnete Leverrier unter Zugrundelegung des Gravitationsgesetzes für die Größe der Störung dessen Bahn. An der für einen bestimmten Tag errechneten Stelle entdeckte Galle als lichtschwaches Scheibchen den 8. Planeten Neptun.

1838 gelang es endlich F. W. Bessel in Königsberg mit Fraunhofers Heliometer und Wilhelm Struve in Dorpat mit Fraunhofers neunzölligem „Dorpater Refraktor“ und dessen Okularfaden-Mikrometer auch die Parallaxe von Fixsternen nachzuweisen, der 300 Jahre gesuchte erste und endgültige direkte Beweis für die Revolution der Erde um die Sonne, — — — womit zugleich die Verbindung dieses Vortrags mit unserer Akademie gegeben ist. Denn Josef Fraunhofer wurde vor gerade 150 Jahren zwar nicht zu ihrem ordentlichen, sondern nur zum „außerordentlichen besuchenden“ Mitglied der Akademie gewählt, weil er ja keine gelehrte Bildung genossen hatte!

Als dann 1851 Léon Foucault in Paris mit dem Pendel-Versuch auch die Rotation der Erde demonstrierte, war die Copernicanische Wende abgeschlossen.

Keplers prophetisches Wort hatte sich erfüllt:

Die Namen Aristarch und Copernicus werden noch lebendig sein, wenn die aller kittelnden Gegner lange vergessen sind.