

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 58 (2000)
Heft: 297

Artikel: Eine astronomische Revolution vor 500 Jahren?
Autor: Verdun, Andreas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898564>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Eine astronomische Revolution vor 500 Jahren?

ANDREAS VERDUN

Vor etwa 500 Jahren erfolgte eine «Umwälzung» in der Astronomie, die als die *Copernicanische Revolution* in die Wissenschafts- und Kulturgeschichte einging. War dies wirklich «ein grosser Schritt für die Menschheit», oder etwa nur «ein kleiner Schritt eines Menschen» auf dem langwierigen und mühsamen Weg zur mathematischen Beschreibung der Natur?

Die «Geburt» der Copernicanischen Welt

Im Jahre 1486 veröffentlichten zwei dominikanische Inquisitoren ein Buch, das bis 1520 in nicht weniger als 14 Auflagen erschien: den *Malleus Maleficarum*, den «Hexenhammer», die geistige Grundlage und Legitimierung der Hexenverfolgungen und -verbrennungen. Die soziale Bedeutung und grausame Auswirkung dieses Buches reichte bis weit ins 18. Jahrhundert hinein. Etwa zur gleichen Zeit entstand ein Weltbild, das sich auf das wissenschaftliche, kulturelle, geistige und soziale Leben sogar bis auf unsere Zeit nachhaltig auswirken sollte. Im selben Jahr, in dem ANDREAS VESALIUS die Einsichten zum Aufbau des menschlichen Körpers in seinem Buch *De Humani corporis fabrica* publizierte (Fig. 1), erschien 1543 das Buch mit dem buchstäblich «revolutionären» Titel *De revolutionibus orbium coelestium*, «Über die Umschwünge der himmlischen Kugelschalen» von NICOLAUS COPERNICUS. Darin werden die astronomischen Grundlagen zum heliozentrischen Weltsystem gelegt. Die «geistige Geburt» dieser Weltsicht «mit dem Messer des Verstandes» vollzog sich aber bereits um das Jahr 1500. In diesem Jahr gelang dem Schweizer Arzt JAKOB NUFFER der erste belegbare Kaiserschnitt an einer lebenden Frau. Diese Frau war übrigens seine Gattin, und sie überlebte diese «Geburt mit dem Messer des Chirurgen».

Fig. 1: Titelbild der ersten Ausgabe von ANDREAS VESALIUS *De Humani corporis fabrica* 1543, in welchem der Aufbau des menschlichen Körpers beschrieben wird. Im gleichen Jahr erschien das Hauptwerk von COPERNICUS, in dem der Aufbau des Makrokosmos neu interpretiert wird. Man beachte den symbolischen Gehalt dieses Bildes. Umringt nur von Männern liegt im Zentrum die Leiche einer Frau, die auf dem «Seziertisch der Erkenntnis» Einsicht in den Aufbau des Mikrokosmos «Mensch» liefern soll.

Mag das zeitliche Zusammenfallen dieser Ereignisse Zufall sein, ihre Folgen für Medizin und Astronomie waren dramatisch. Während die Ansichten und tragischen Folgen des Hexenhammers heutzutage überstanden zu sein scheinen, sind die Nachwirkungen und

die Tragweite des Buches von COPERNICUS noch heute spürbar. Die Copernicanischen Ideen fanden schon frühzeitig durch Abschriften seines Manuskriptes schnelle Verbreitung, wurden heftig diskutiert und setzten sich in der Folge auch durch, obwohl eigentliche «Beweise» für das heliozentrische System erst im 19. Jahrhundert erbracht werden konnten. Eigentlich wollte COPERNICUS die auf die Antike zurückgehende Theorie der Planetenbewegung «nur» verbessern. Mit seiner «Tat» begann jedoch die Zertrümmerung des antiken Weltbildes. Es stellt sich die Frage, wie und warum vor ziemlich genau 500 Jahren ein neues Weltbild entstehen konnte und wie «revolutionär» es tatsächlich war. War es das Werk eines genialen Astronomen und bekannten Mediziners namens NICOLAUS COPERNICUS



cus, der aufgrund beobachteter Unstimmigkeiten der Planetenpositionen mit klarem Denken den wahren Aufbau unseres Sonnensystems erkannte und damit eine «Revolution» auslöste? Oder bedeuteten seine «Korrekturen» nur ein weiterer, winziger Schritt in der langwierigen und «schmerzhaften Geburt» der mathematischen Naturbeschreibung?

Antikes Erbe: Die Rettung der Phänomene

Vor beinahe 2000 Jahren entstand eines der bedeutendsten und das für 1500 Jahre wichtigste «Handbuch der Astronomie»: das *Megale Syntaxis*, auch *Megiste Syntaxis* genannte Buch von CLAUDIUS PTOLEMÄUS (ca. 100-165 n.Chr.). Es wurde vor etwa 1000 Jahren durch muslimische Gelehrte aus dem Griechischen ins Arabische übertragen; aus der *Megiste Syntaxis* (d.h. grösste Zusammenstellung) wurde der *al-Magasti*. Im 12. Jahrhundert übersetzte GERHARD VON CREMONA (1114-1487) das Buch aus dem Arabischen ins Lateinische: aus dem *al-Magasti* wurde der *Almagest*. Vom 13. bis 15. Jahrhundert entstanden verschiedene Auszüge und Kommentare. Die eigentliche «Wiederentdeckung», das Studium und die (professionelle) Bearbeitung des *Almagest* erfolgte erst im 15. Jahrhundert. Die erste vollständige, gedruckte Ausgabe entstand vor etwa 500 Jahren im Jahre 1515.

Im *Almagest* wird der Aufbau des damals bekannten Kosmos sowie die Bewegung der Himmelskörper beschrieben: Die Erde befindet sich im Zentrum des Kosmos (geozentrisches System), um sie bewegen sich in Kreislagen Sonne, Mond, Planeten und Sterne, hierarchisch angeordnet in kristallinen Sphären (Fig. 2). Der *Almagest* entstand in der Tradition der altgriechischen Weltanschauung, in der die Vollkommenheit von Kreis und Kugel als Ausdruck kosmischer (Sphären-) Harmonie galt. Er gründet auf PLATO (427-347 v. Chr.), der die Gleich- und Kreisförmigkeit der Bewegung der Himmelskörper forderte, und auf ARISTOTELES (384-322 v. Chr.), der für eine strikte Trennung zwischen der irdischen (sublunaren) und der himmlischen (supralunaren) Physik eintrat und ein ganzheitliches, in sich geschlossenes System der irdischen Physik für die im Zentrum des Kosmos ruhende Erde entwarf.

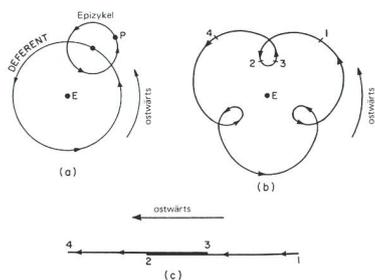
Im *Almagest* wird u.a. die Theorie der Planetenbewegung behandelt, mit der die Positionen der Himmelskörper für einen beliebigen Zeitpunkt vorausberechnet werden können. Dabei mussten im wesentlichen zwei Probleme gelöst werden: 1. Die Planeten bewegen sich auf ihren Bahnen nicht gleichförmig (sog. 1. Ungleichheit), und 2. die Planeten vollführen sog. Schleifenbewegungen, ein Vor- und Rückwärtsschreiten auf ihrer Bahn (sog. 2. Ungleich-

heit). Um diese komplizierten Bewegungen darstellen zu können, griff PTOLEMÄUS auf die Epizykeltheorie des APOLLONIUS VON PERGA (262-190 v. Chr.) und auf die Exzentertheorie des HIPPARCOS VON NICAEA (190-120 v. Chr.) zurück. Die Himmelskörper bewegen sich auf sog. Epizykeln (Berücksichtigung der 2. Ungleichheit), die ihrerseits auf den sog. Deferenten herumgeführt werden, deren Zentren nicht mit der Erde zusammenfallen und daher auch Exzenter genannt werden (Berücksichtigung der 1. Ungleichheit). Zusätzlich führte PTOLEMÄUS den sog. Ausgleichspunkt ein: nur von diesem aus gesehen erfolgt die Bewegung eines Epizykels auf seinem Deferenten gleichförmig. Mit diesen Elementen war Ptolemäus in der Lage, die Bewegung eines Planeten zu beschreiben. Das Hauptproblem bestand darin, die richtigen Grössenverhältnisse zwischen dem Deferenten und den Epizykeln sowie der Position von Exzenter und Ausgleichspunkt für jeden Himmelskörper zu bestimmen. PTOLEMÄUS stützte sich dabei auf die numerischen Werte von HIPPARCH und den Babyloniern. Dieses komplizierte System mit seinen meisterhaft aufeinander abgestimmten Grössenverhältnissen beherrschte die Planetentheorien für beinahe 1500 Jahre.

Dass das ptolemäische System gewissen als fundamental erachteten Prinzipien widersprach, konnte nicht lange verborgen bleiben: die geforderten kreisförmigen Planetenbewegungen erfolgten um mathematisch definierte Zentren, die nicht im Erd(Welt-)Zentrum lagen, und die verlangten gleichförmigen Planetenbewegungen erfolgten ebenfalls um mathematisch definierte Ausgleichspunkte, die nicht mit dem Erd(Welt-)Zentrum zusammenfielen. Dies wurde jedoch in Kauf genommen, um die Theorie mit den beobachteten Phänomenen in Einklang zu bringen. Diese Anpassung der Theorie an die Wirklichkeit wird oft als die «Rettung der Phänomene» bezeichnet, ein Problem, welches das gesamte astronomische, philosophische und theologische Denken des Mittelalters beherrschte.

Während der *Almagest* im ausklingenden Mittelalter nur durch z.T. schlechte Abschriften und Auszüge bekannt war, prägte ein anderes Lehrbuch das astronomische Wissen über etliche Jahrhunderte: der *Tractatus de sphaera* von JOHANNES DE SACROBOSCO (1190-1236). Es wurde das meistgebrauchte elementare Lehrbuch der sphärischen Astronomie, das bis ins 17. Jahrhundert in unzähligen Auflagen und Neubearbeitungen erschien.

Die antiken Elemente zur Beschreibung der Planetenbewegungen



Die scheinbar komplizierten Bewegungen der Planeten am Himmel (die sog. Phänomene) bestehen aus den ungleichförmigen Geschwindigkeiten in ihren Bahnen (sog. 1. Ungleichheit) sowie den Schleifenbewegungen (sog. 2. Ungleichheit). PTOLEMÄUS beschrieb diese Phänomene durch folgende Elemente:

Bild (a) zeigt in der Weltmitte die ruhende Erde E. Ein Planet P bewegt sich im Gegenurzeigersinn auf einem Epizykel, der seinerseits ebenfalls im Gegenurzeigersinn auf einem Deferenten herumgeführt wird, dessen Zentrum mit der Erde zusammenfällt. (b) zeigt die resultierende Schleifenbewegung. (c) zeigt die Bewegung von Punkt 1 nach 4 in (b), wie sie von E aus am Himmel gesehen wird. Die ostwärts gerichtete Bewegung erscheint von 2 nach 3 rückläufig. Damit wird die 2. Ungleichheit beschrieben.

Die 1. Ungleichheit erklärt PTOLEMÄUS, indem er das Zentrum des Deferenten nicht mit dem Erdzentrum E zusammenfallen lässt (der Deferent ist dann ein sog. Exzenter). Das Zentrum des Epizykels lässt er derart auf dem Deferenten laufen, dass dessen Bewegung (Winkelgeschwindigkeit) nur von einem bestimmten Punkt aus gesehen als gleichförmig erscheint. Dies ist der sog. Ausgleichspunkt oder punctum aequans, der nicht mit dem Weltzentrum E oder mit dem Zentrum des Deferenten identisch ist.

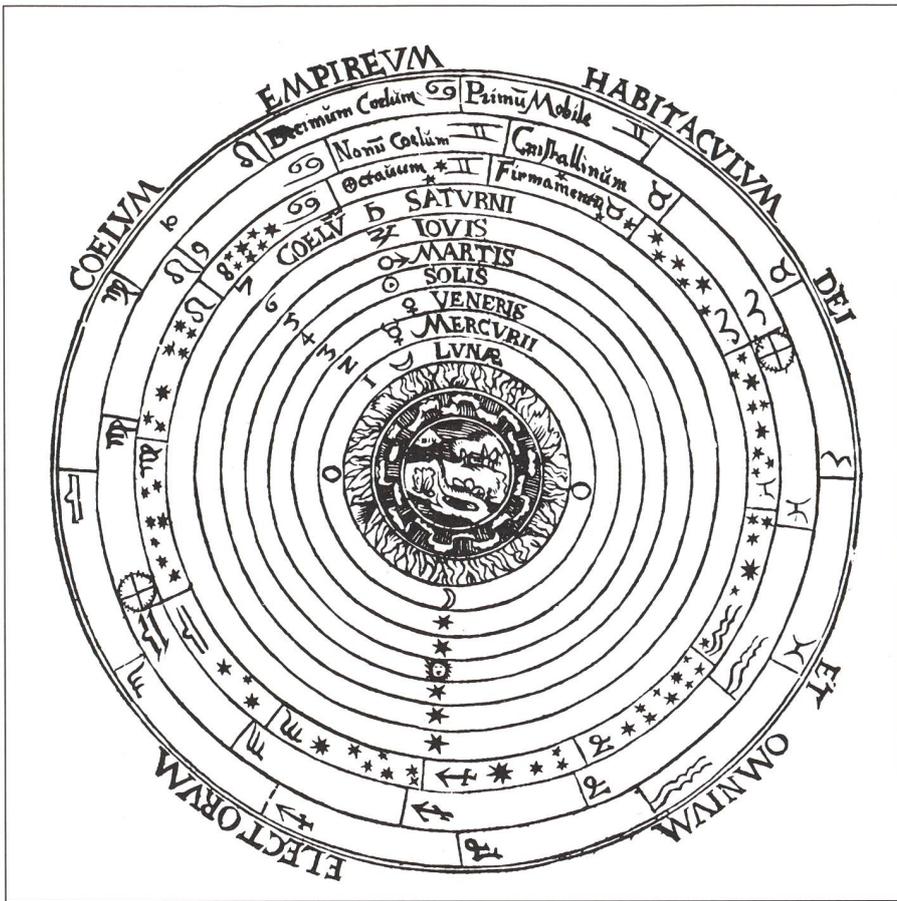


Fig. 2: Das antike geozentrische Weltsystem nach ARISTOTELES und PTOLEMÄUS. Im Zentrum ruht die Erde. Um sie kreisen in kristallinen Sphären Sonne, Mond, Planeten und Sterne. Man beachte die Reihenfolge: Erde, Wasser, Luft, Feuer, Mond, Merkur, Venus, Sonne...

Die spätmittelalterliche Scholastik befand sich im Spannungsfeld zwischen der Bewahrung antiker Traditionen und philosophischen Spekulationen, die den aristotelisch-ptolemäischen Ansichten widersprachen. So versuchte JOHANNES BURIDANUS (1290-1360), irdische und himmlische Bewegungen mit seiner Impetus-Theorie zu erklären und warf die Frage auf, ob nicht die Tagesdrehung des Fixsternhimmels als Achsendrehung der Erde beschrieben werden könne. Er argumentierte dabei mit der Analogie der Relativbewegung eines Schiffes (Erde) und dem Land (Himmel). NICOLAS ORESME (1320-1382), ein Schüler BURIDANS, entwickelte eine Methode zur graphischen Lösung kinematischer Probleme und konnte damit gewisse aristotelische Anschauungen widerlegen. Er diskutierte mit religiösen Argumenten eine mögliche Zentralstellung der Sonne. HEINRICH VON LANGENSTEIN (1325-1397) nahm die Gedanken von JOHANNES PHILOPONOS aus dem 6. Jh. über die einheitliche physikalische Beschreibung der irdischen und himmlischen Bewegungen wieder auf und integrierte die antiaristotelischen Konzepte, ähnlich wie WILHELM OCKHAM (1300-1350), in seine Naturerklärung. Nach der Ansicht des Neoplatonikers NICOLAUS CUSANUS (1401-1464) war das Weltall unendlich gross und hatte weder eine Mitte noch eine

umhüllende Begrenzung. Nach ihm existierte keine Rangfolge der Weltbereiche und der Elemente, weshalb Irdisches und Himmlisches nicht grundsätzlich voneinander verschieden sein könnten. Er ging sogar von der Drehung der Erde um ihre Achse aus, nicht jedoch von ihrer jährlichen Bewegung.

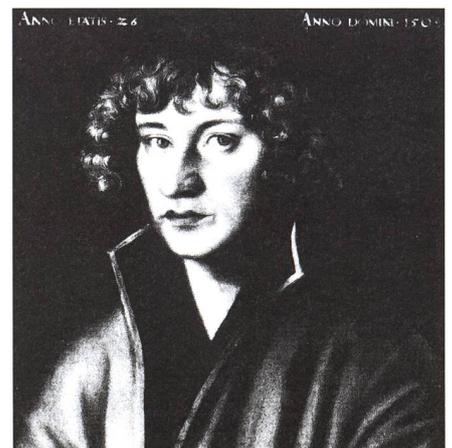
Ebenfalls neue und bedeutende Impulse kamen von der sog. Wiener Schule. JOHANNES VON GMUNDEN (1384-1442), ein Schüler HEINRICH VON LANGENSTEIN, entwickelte zahlreiche, z.T. neuartige astronomische Instrumente und trug auf diese Weise erheblich zur Förderung der Beobachtungstätigkeit und somit zur «Instrumentalisierung» der Astronomie bei. Sein Schüler, GEORG PEURBACH (1423-1461) konstruierte ebenfalls astronomische Instrumente und schrieb ein Lehrbuch, das weit über die *Sphaera* des SACROBOSCO hinausging: die *Theoricae novae planetarum*. Er begann, den nach griechischen Handschriften konzipierten Auszug aus dem *Almagest* zu verfassen. Sein Schüler, JOHANNES MÜLLER (1436-1476), genannt REGIOMONTANUS, setzte seine Bearbeitung fort, stiess dabei auf viele Fehler und Entstellungen und veröffentlichte schliesslich den *Epitome in Almagestum* in Venedig 1496. Er kam zur Überzeugung, dass eine Erneuerung der Astronomie dringend erforderlich sei und auf zwei Säulen

ben begründet werden müsse – auf bereinigten Ausgaben der alten Schriften (insbesondere des *Almagest*) und auf neuen, systematischen Beobachtungen. Er dachte bereits an die Möglichkeit eines heliozentrischen Systems. Schliesslich setzte REGIOMONTANS Schüler BERNHARD WALTHER (1430-1504) die gemeinsam begonnenen Beobachtungsreihen fort und schuf damit eine hervorragende Grundlage für weitere Forschungen.

Der Domherr von Frauenburg

Im Jahre 1491 immatrikulierte sich ein 18-jähriger junger Mann für das Wintersemester 1491/92 an der Universität Krakau: NICOLAUS COPERNICUS (1473-1543) aus dem polnischen Thorn (Fig. 3). Bis zum Sommersemester 1493 hörte er, neben den Künsten, vermutlich die allgemeinen Grundlagen der Astronomie (nach Sacrobosco), die Planeten- und Finsternistheorie (nach Peurbach) sowie die Berechnung der Himmelsercheinungen mit Hilfe von Planetentafeln (die *Tabulae resolutae* des PETER VON REYNE), die damals als Grundlage der medizinischen Astrologie und für jede Horoskopberechnung dienten. Er studierte vermutlich auch die Grundlagen der Kalender- und Zeitrechnung (nach dem 1474 erstmals erschienenen Kalender REGIOMONTANS), die Berechnung einer Sonnenuhr (mit Hilfe der

Fig. 3: Ein im Jahre 1509 entstandenes Porträt, das NICOLAUS COPERNICUS im Alter von 26 Jahren zeigt. Dem Maler diente ein Selbstbildnis von COPERNICUS aus dem Jahre 1498 als Vorlage.



Schriften von SACROBOSCO und REGIOMONTAN) und schliesslich die Grundlagen der Astrologie nach der *Tetrabiblos* des PTOLEMÄUS. Noch während seiner Studienzeit erfuhr er von der Entdeckungsreise des CHRISTOPH COLUMBUS. Ohne die Artistenfakultät in Krakau abzuschliessen, ging COPERNICUS gegen Ende 1494 wieder in seine Heimat zurück und erhielt am 26. August 1495 ein Numerarkanonikat, womit er «Canonicus» (Domherr) wurde und seine finanzielle Stellung auf Lebenszeit gesichert war. Im Sommer 1496 trat COPERNICUS eine Reise nach Italien an, wo er sich an der juristischen Fakultät der Universität der Bologna am 6. Januar 1497 registrieren liess. Neben seinen eigentlichen Fachstudien schloss er sich dem dortigen Lehrstuhlinhaber für Astronomie, DOMINICUS MARIA DE NOVARA (1454-1504), an, einem hervorragenden Lehrer und führenden Vertreter des Platonismus. In Bologna, damals eines der Zentren der Lehren BURIDANS, lernte COPERNICUS nicht nur reine Astronomie kennen, sondern konnte intensiven philosophischen Diskussionen beiwohnen, die vermutlich die von BURIDAN und dessen Schüler ORESME behandelte Erdbewegung einschlossen. Als COPERNICUS seine Reise nach Italien antrat, erschien in Venedig ein Buch, das nicht nur für die Arbeit von COPERNICUS, sondern für die Astronomie überhaupt von grosser Bedeutung war, der bereits erwähnte *Epytoma Joannis de monte regio In almagestum ptolomei*, ein von PEURBACH und REGIOMONTAN bearbeiteter Auszug und eine Einführung in den *Almagest*. Weil DOMINICUS sich als Schüler des REGIOMONTANUS fühlte, ist es sehr wahrscheinlich, dass auch COPERNICUS dieses Werk, welches das gesamte astronomische Wissen der Antike zusammenfasste, kennenlernte. Spätestens durch DOMINICUS wurde COPERNICUS in den Gebrauch astronomischer Instrumente und in die Kunst des Beobachtens eingeführt. Eine der ersten von COPERNICUS selbst gemachten Beobachtungen stammt vom 6. März 1497, als er zusammen mit DOMINICUS die Bedeckung des Sterns Aldebaran im Sternbild Stier durch den Mond beobachtete. COPERNICUS' Studium in Bologna dauerte mindestens bis zum 4. März 1500, denn an diesem Tag beobachtete er noch eine Konjunktion von Mond und Saturn, die er in

sein Exemplar der Alfonsinischen Tafeln eintrug. Bald darauf ging er nach Rom, das um das Jahr 1500 von Skrupellosigkeit, Machtgier und Unmoral ebenso geprägt sein durfte wie von grossartigem Kunstempfinden oder anregendem Gedankenaustausch. Diese Gegensätze müssen auf einen jungen Domherrn und Wissenschaftler nachhaltig gewirkt haben. Der «Bildungsurlaub» dauerte nur etwa ein Jahr. COPERNICUS nahm das Leben und Treiben der Stadt in sich auf und erlebte die Grösse der katholischen Macht aber auch die moralische Fragwürdigkeit vieler ihrer Würdenträger: der Inhaber des Stuhls Petri war ein skrupelloser Renaissancepolitiker, der mit allen Mitteln seine Macht festigte und seinen Reichtum mehrte. COPERNICUS verkehrte in intellektuellen Kreisen, in denen auch über astronomische Fragen diskutiert wurde, u.a. über die auch von ihm beobachtete Mondfinsternis vom 6. November 1500. Im Sommer 1501 kehrte COPERNICUS nach Frauen-

burg zurück, um sogleich wieder nach Italien zurückzugehen, wo er in Padua das Studium der Medizin begann. Einen akademischen Grad in der Medizin scheint er nicht erlangt und nicht erstrebt zu haben. Am 31. Mai 1503 empfing er in Ferrara die Promotionsinsignien als Doktor des kanonischen Rechts (Doctor decretorum). Er mag diesen Ort der Promotion gewählt haben, weil in Ferrara die Prüfungsverfahren einfacher waren.

Noch im selben Jahr ging sein vom Frauenburger Domkapitel gewährter und finanzierter Studienurlaub zu Ende. Im Spätherbst 1503 kehrte er nach einer sechs bis acht Wochen dauernden Reise ins Ernland zurück, wo die Kirche seine Dienste in Anspruch nahm. Er übersiedelte nach Heilsberg an die fürstbischöfliche Residenz, wurde Sekretär des Bischofs, übernahm Staatsgeschäfte sowie Verwaltungsaufgaben und wurde als Mediziner sogar über das Ernland hinaus bekannt. Neben dieser viel-

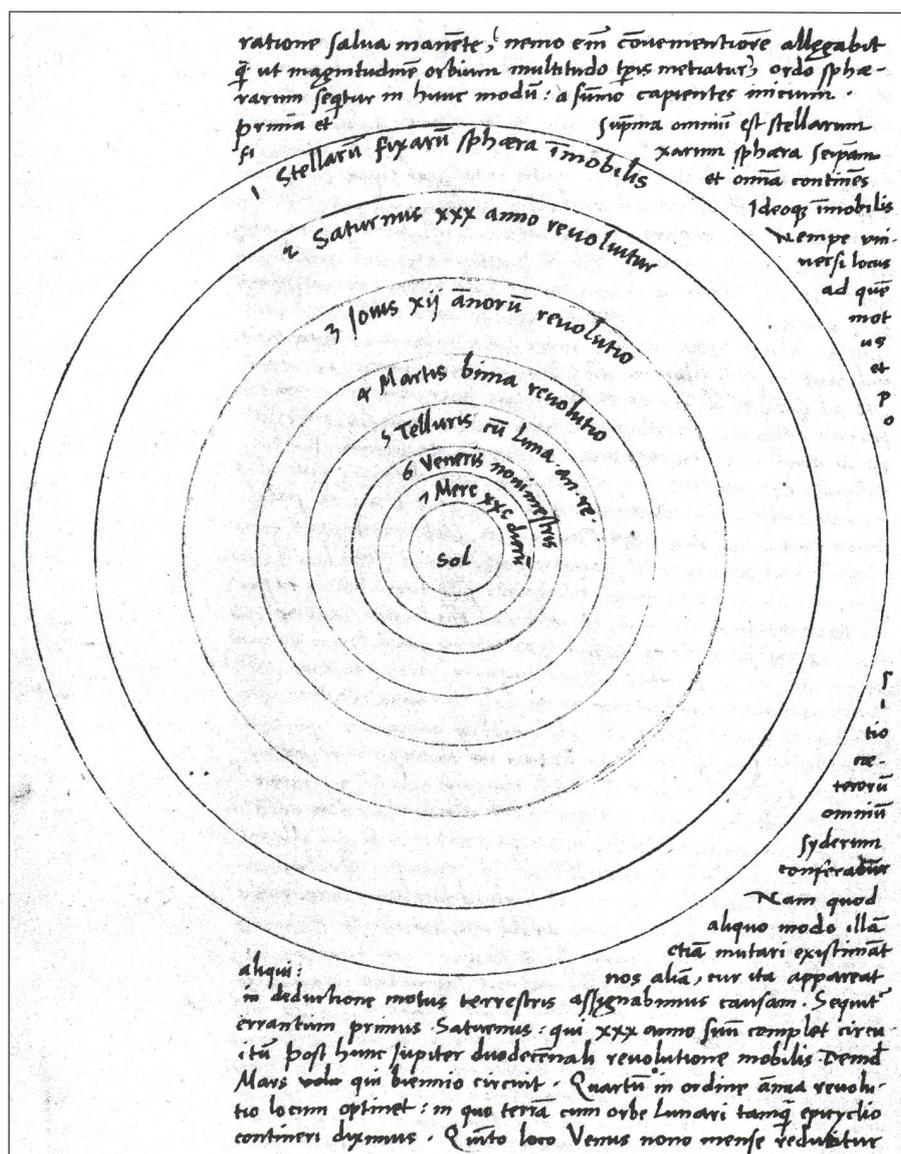


Fig. 4: Manuskriptseite des Hauptwerkes von COPERNICUS, in dem er das heliozentrische System darlegt. Im Zentrum steht die Sonne, um die sich die Sphären der Planeten bewegen. Man beachte die Anzahl der Kreise! Sie stellen nicht die Planetenbahnen dar.

seitigen und ausgedehnten Tätigkeit fand er die Muse für private humanistische und astronomische Studien. Die Heilsberger Zeit währte fast sieben Jahre, bis etwa in die zweite Hälfte des Jahres 1510. Dann wurde er vom Frauenburger Domkapitel bestellt und beauftragt, verantwortungsvolle Aufgaben der Kapitelverwaltung zu übernehmen und die Dienste als Domherr zu erfüllen. Es war vermutlich in dieser Heilsberger Zeit, als COPERNICUS eine kleine Arbeit verfasste, die später den Titel *Nicolai Copernici de hypothesibus motuum caelestium a se constitutis commentariolus* oder kurz *Commentariolus* erhielt. Es ist die Frucht eines universal gebildeten Gelehrten, der so scheinbar gegensätzliches Wissen wie Astronomie, Astrologie, Theologie, Medizin, Jurisprudenz und Politik in sich vereinigte: *Conjunctio oppositorum*.

Innovation und Tradition

Diese «Vereinigung der Gegensätze» kommt im Werk des COPERNICUS besonders deutlich zum Ausdruck. Noch eingebettet in der antiken Denktradition versuchte er, erneuernde mit erhaltenen Elementen zu verbinden. Er stand noch ganz im traditionellen Stil der griechischen Astronomie mit ihrer Art, Probleme zu stellen und mit ihren Methoden, sie zu lösen. In seinen «neuen» Anschauungen fällt daher das Alte vielmehr auf als das Neue. Auch er konnte nicht mit den Begriffen und Methoden aufräumen, deren sich die Astronomie durch die Jahrhunderte hindurch bedient hatte, auch er konnte sich nicht unbefangen den astronomischen Theorien gegenüberstellen, als ob er der erste gewesen wäre, der über die Planetenbewegungen nachdachte. Seine «Neuerungen» können daher nur schlecht mit dem Ausdruck «Umwälzung» oder gar «Revolution» umschrieben werden. Dafür gibt es triftige Gründe. COPERNICUS brachte im ptolemäischen System zwei prinzipielle Änderungen an, die eigentlich beide eine Rückkehr zu älteren griechischen Vorstellungen bedeuten: er nahm an, dass die Erde sich bewegt, und er folgte der platonischen Vorschrift, dass die Planetenbewegungen ausschließlich durch gleichförmige Kreisbewegungen dargestellt werden müssen. Pro-

LEMÄUS hatte die Bewegung der Erde aus physikalischen Gründen verworfen, obwohl er die astronomische Brauchbarkeit einsah. Trotz physikalischer Einwände führte er Ausgleichspunkte ein, um die Phänomene zu retten. COPERNICUS dagegen passte sein physikalisches Denken der Lehre einer sich bewegenden Erde an, fühlte sich aber zugleich der antiken Tradition verpflichtet, jegliche ungleichförmige Bewegung abzulehnen. Aus heutiger Sicht erscheint die erste Änderung wesentlich bedeutungsvoller als die zweite: man erkennt darin eine Innovation, die sprichwörtlich durch jede radikale Standpunktänderung ermöglicht werden kann. Die zweite Änderung kann man heute als bedeutungsloses technisches Detail betrachten, mit dem eine schon längst aufgegebene Anschauung «gerettet» werden sollte. COPERNICUS selbst dachte ganz anders darüber: als grössten Beitrag zur Astronomie betrachtete er nicht die veränderte Stellung der Sonne und die daraus entstehende einfachere Beschreibung der Phänomene, sondern die Abschaffung des *punctum aequans*. In seinen Augen vollbrachte er eine notwendige Synthese, nämlich die Verschmelzung eines antiken Bewegungsprinzips (Gleichförmigkeit) mit der vereinfachenden Erklärung der Phänomene in einem heliozentrischen System. Wann genau COPERNICUS erste Ideen dazu entwickelte, ist unklar. Offensichtlich hatte er aber bereits um 1510 eine klare, wenn auch noch unausgereifte Vorstellung von seinem «neuen» Weltsystem.

Geniale Synthese: Die Geburt des *Commentariolus*

Der *Commentariolus* darf als erste systematische, thesenhafte Darstellung des heliozentrischen Weltsystems der Neuzeit betrachtet werden. Es ist anzunehmen, dass COPERNICUS seine Ansichten mit einigen Zeitgenossen teilte. Aus den uns erhaltenen Dokumenten muss aber geschlossen werden, dass es seine eigenständige Leistung war, die astronomischen Fakten und philosophischen Ansichten zu einer genialen Synthese zu verschmelzen. Die zentralen Ideen fasste Copernicus in sieben Sätze zusammen:

1. Für alle Himmelskreise oder Sphären gibt es nicht nur einen Mittelpunkt.
2. Der Erdmittelpunkt ist nicht der Mittelpunkt der Welt, sondern nur der der Schwere und des Mondbahnkreises.
3. Alle Bahnkreise umgeben die Sonne, als stünde sie in aller Mitte, und daher liegt der Mittelpunkt der Welt in Sonnennähe.
4. 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.
5. Alles, was an Bewegung am Fixsternhimmel sichtbar wird, ist nicht von sich aus so, sondern von der Erde aus gesehen. Die Erde also dreht sich mit den ihr anliegenden Elementen in täglicher Bewegung einmal ganz um ihre unveränderli-

Fig. 5: Der Mensch durchbricht die Himmelssphären. FLAMMARIONS Holzschnitt aus dem Jahre 1888 stellt den Mythos von der Zertrümmerung des antiken Weltbildes durch die «Copernicanische Revolution» und dem darauffolgenden Verlust der zentralen Stellung des Menschen im Kosmos symbolisch dar.



chen Pole. Dabei bleibt der Fixsternhimmel unbeweglich als äusserster Himmel.

6. 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.
7. 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.

Es folgen Erläuterungen über die Anordnung der Bahnkreise, über die scheinbaren Bewegungen, über die Gleichförmigkeit der Bewegungen, die sich nicht auf die Äquinoktien, sondern auf die Fixsterne beziehen und schliesslich Ausführungen über die Bewegungen des Mondes und der Planeten. COPERNICUS bemüht sich zwar, aus seiner neuen Theorie konkrete numerische Daten für die Planetenbewegung abzuleiten, er kommt jedoch über eine im wesentlichen qualitative Beschreibung nicht hinaus. Für die Ausarbeitung seiner Theorie benötigte er über 30 Jahre. Nach der Überlieferung sollen ihm die ersten gedruckten Seiten seines Hauptwerkes auf dem Sterbebett übergeben worden sein. Er erlebte die «Nachwehen» und die Emanzipation seiner Welt nicht mehr.

Nachwehen und Emanzipation

Das heliozentrische System wurde zuerst durch Abschriften des *Commentariolus*, dann durch das Buch *De revolutionibus* verbreitet. Die Folgen insbe-

sondere für die Astronomie, dann auch für die allgemeine Naturwissenschaft und schliesslich für das ganze menschliche Denken waren weitreichend. Dies ist um so erstaunlicher Anbetracht der scheinbar «marginalen Innovation», die COPERNICUS' Theorie auszeichnet. Man begeht eine grosse Ungerechtigkeit, wenn man die scheinbar harmonische Schlichtheit des von COPERNICUS suggerierten einfachen Weltbildes (man zähle die wenigen Kreisbahnen in Fig. 4) der vollen Komplexität des ptolemäischen Systems gegenüberstellt. Daran macht sich auch COPERNICUS mitschuldig, wenn er über die fast unendliche Vielheit der im *Almagest* benötigten Kreise redet. Mit der Einführung der Erdbewegung um die Sonne konnte COPERNICUS tatsächlich nicht mehr als fünf Epizykel einsparen, für die Beschreibung der Planetenbahnen benötigte er immerhin noch 38 Deferenten und Epizykel (man beachte die in Fig. 4 dargestellten Kreise, welche in Wirklichkeit die Begrenzung der Planetensphären darstellen, innerhalb derer sich die jeweiligen Epizykelbewegungen der Planeten abspielen). Das copernicanische System stand somit trotz der vereinfachenden Erklärung der 2. Ungleichheit dem ptolemäischen an Komplexität kaum nach. Die Einführung des heliozentrischen Systems an sich konnte deshalb auch nicht zu einer viel grösseren Genauigkeit der Planetentafeln führen. Dazu waren nicht nur genauere Beobachtungen nötig, die in der Folge von TYCHO BRAHE (1546-1601) mit bis damals unerreichter Messgenauigkeit auch erstellt wurden, sondern es bedurfte eines weiteren fundamentalen Schrittes auf dem Weg zur mathematischen Beschreibung der Natur: des Verzichtes auf das Ideal der Kreisbewegung. Diesen vermeintlich undenkbareren Schritt vollzog erst JOHANNES

KEPLER (1571-1630) in seiner *Astronomia nova* von 1609. Nach einer qualvollen und bis beinahe zur Verzweiflung führenden, immensen Rechenarbeit erkannte er die Ellipsenform der Planetenbahnen. Erst mit diesem Durchbruch war die Geburt der Copernicanischen Welt vollendet und der Weg zur weiteren mathematischen Begründung der Phänomene geebnet (Fig. 5).

Verdankung

Dank schuldet der Autor den Herren Prof. DR. PAUL WILD und Prof. DR. GERHARD BEUTLER für das Lesen des Manuskriptes, Herrn Prof. DR. GERD GRASSHOFF für die fachliche Beratung.

Eine gekürzte Version dieses Artikels erscheint im UNIPRESS Nr. 104, April 2000, der Universität Bern unter dem Titel *Astronomie vor 500 Jahren – Die Geburt der Copernicanischen Welt*.

DR. ANDREAS VERDUN

Astronomisches Institut Universität Bern
Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern

Bibliographie

- DIJKSTERHUIS, E. J.: *Die Mechanisierung des Weltbildes*. Berlin, Springer ²1983.
GINGERICH, O.: *The Eye of Heaven – Ptolemy, Copernicus, Kepler*. New York, AIP 1993.
HAMEL, J.: *Nicolaus Copernicus – Leben, Werk und Wirkung*. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag 1994.
KUHN, TH. S.: *Die kopernikanische Revolution*. Braunschweig, Vieweg 1981.
MEYER-STEINIG, TH. / SUDHOFF, K.: *Illustrierte Geschichte der Medizin*. Stuttgart, Fischer ⁵1965.
MITTELSTRASS, J.: *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips*. Berlin, de Gruyter 1962.
ROSSMANN, F. (Hrsg.): *Nikolaus Kopernikus – Erster Entwurf seines Weltsystems*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1974.
ZINNER, E.: *Entstehung und Ausbreitung der copernicanischen Lehre*. München, Beck ²1988.

Astrologie – Astronomie

Diagnostic sociologique et attitudes scientifiques

DIDIER RABOUD

Astronomie: Belle science. – N'est utile que pour la marine.

Et à ce propos rire de l'Astrologie.

FLAUBERT, Dictionnaire des Idées Reçues

Introduction

On peut aborder scientifiquement l'astrologie de multiples façons. Il est ainsi possible de l'analyser avec les outils mêmes de la science. Cette ap-

proche débouche généralement sur un procès particulièrement défavorable à l'astrologie. On peut aussi l'envisager d'un point de vue sociologique, essayant ainsi de mettre en lumière les paramètres sociaux qui favorisent une adhésion aux thèses astrologiques. On peut encore adopter une démarche de type psychologique qui révélerait les motivations individuelles d'une croyance à l'astrologie.

Dans cet article, j'ai délibérément choisi de ne pas faire le procès de l'astrologie par l'astronomie, et c'est pour quoi je ne tente pas d'y démontrer scientifiquement le non – fondé de ce qui est considéré par les astronomes comme une simple manie. J'essaie plutôt de caractériser le phénomène astrologique au travers de diverses études sociologiques et je tente d'analyser les attitudes qu'adoptent les scientifiques face à cette pseudo – science. Cette approche nous conduira à constater l'échec de toutes les tentatives scientifiques visant à réfuter efficacement l'astrologie. Je tâcherai alors finalement d'esquisser une proposition pour dépasser les attitudes de réfutation couramment adoptées par les scientifiques.