

Nuncius Hamburgensis
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften
Band 16

Gudrun Wolfschmidt (Hg.)

**Simon Marius,
der fränkische Galilei,
und die Entwicklung des
astronomischen Weltbildes**



Hamburg: tredition 2012

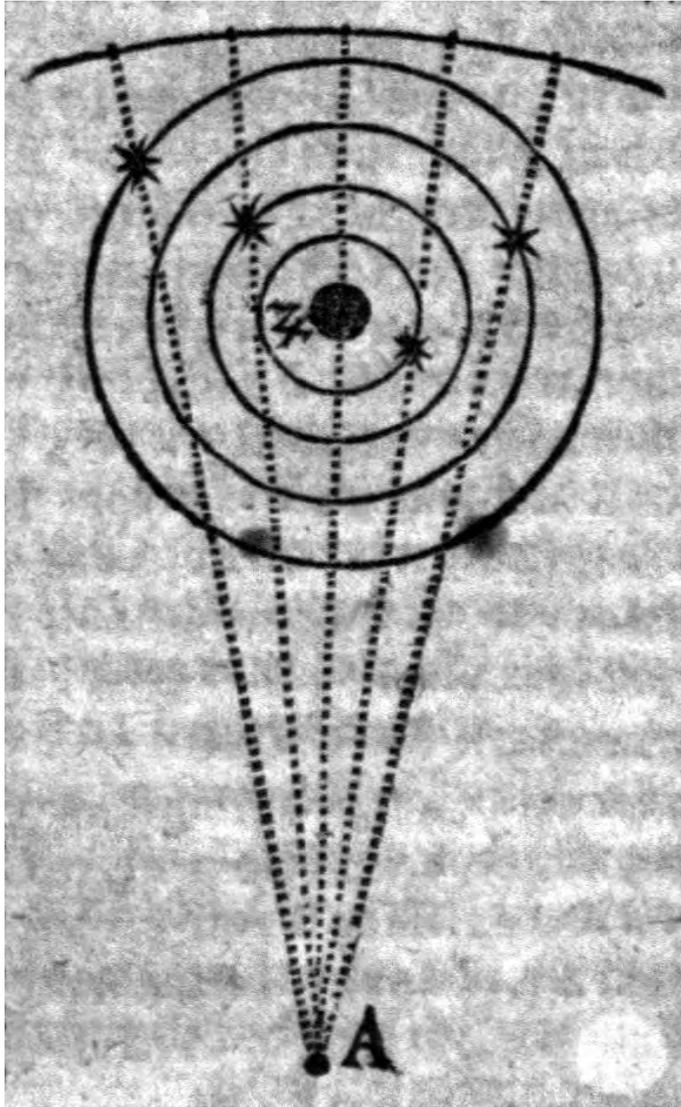


Abbildung 6.1:
Im *Prognosticon auf 1612* gibt Marius
seine erste Darstellung der Jupitermonde
Staatsarchiv Nürnberg, C3r

Die Copernicanische Wende bei Galilei und Kepler und welche Rolle Simon Marius dazu einnimmt

Pierre Leich (Nürnberg)

Als der Königsberger Philosoph Immanuel Kant in der *Kritik der reinen Vernunft* seine erkenntniskritische Wende „mit den ersten Gedanken des Copernicus“ verglich, „der, nachdem es mit der Erklärung der Himmelsbewegungen nicht gut fort wollte, wenn er annahm, das ganze Sternenheer drehe sich um den Zuschauer, versuchte, ob es nicht besser gelingen möchte, wenn er den Zuschauer sich drehen, und dagegen die Sterne in Ruhe ließ“¹, war die ‘Copernicanische Wende’ längst zur Metapher geworden für einen revolutionären Umbruch im Weltbild schlechthin.

Knapp zwei Jahrhunderte früher deutete noch wenig darauf hin, dass sich der Bezugspunkt des astronomischen Weltsystems von der Erde zur Sonne verschieben sollte. Ich möchte im Folgenden die Argumente für den Heliozentrismus, aber auch die sachlichen Einwände aus dem historischen Kontext sichtbar machen und dabei auf den Anteil von Galilei und Kepler fokussieren. Abschließend soll die Position von Simon Marius zu diesem Umbruch dargestellt werden.

Versammelt man die Argumente, die an der Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert für eine bewegte Erde sprachen, so kann man drei Gruppen auseinander halten: die Abschätzung von Aristarch, die Theorie von Copernicus und die Beobachtungen von Brahe.

1 Aufl. B XVI, Riga ²1787.

6.1 Aristarch von Samos: Eine geniale Abschätzung

Nicolaus Copernicus war bekannt, dass sich Aristarch von Samos für eine Bewegung der Erde ausgesprochen hat. Er erwähnt ihn im Autographen von *De Revolutionibus* gemeinsam mit Philolaos, Ekphantos, Herakleides von Pontos und Hiketas, den er irrtümlich Nicetus nennt. Vielleicht wegen der geringen Bekanntheit strich er Aristarch jedoch aus der Druckversion.

Auch die Antike wusste nicht viel von Aristarch zu berichten. Spärliche Informationen finden wir bei Archimedes, Plutarch, Vitruv und Aetius. Die einzig erhaltene Schrift *Über Größen und Entfernungen von Sonne und Mond* enthält keine heliozentrische These, dafür verschaffte sich Aristarch in genialer Weise Klarheit über die Größenverhältnisse in der näheren Erdumgebung. Unter Benutzung dreier einfacher Phänomene – Halbmond, Sonnenfinsternis und Mondfinsternis – gelang es ihm durch eine elementare geometrische Betrachtung zu zeigen, dass das Volumen der Sonne etwa 300 Mal größer ist als das der Erde.² Ist es da nicht plausibler – so mag er gedacht haben – anzunehmen, die kleine Erde dreht sich um die große Sonne und nicht umgekehrt?

In Plutarchs *Gesicht auf der Mondscheibe* erfahren wir weiterhin, dass Aristarch bereits eine Erdrotation annahm, was sich letztlich aber schon von alleine versteht, da jedes astronomische System neben dem kalendarischen Jahr auch den Tag reproduzieren muss.

In der Antike fand sein System allerdings kaum Anhänger. Die Gründe für die Ablehnung dürften weniger religiöser Natur gewesen sein, auch wenn schon Plutarch kolportiert, Kleantes sei der Meinung gewesen, Aristarch müsse der Gottlosigkeit angeklagt werden. Entscheidender dürfte schlicht der gesunde Menschenverstand gewesen sein: Wäre bei einer bewegten Erde nicht zu erwarten, dass die Wolken weggeblasen werden oder einen Schweif bilden wie bei den Kometen? Müssten fallende Körper nicht hinter der Erdbewegung zurückbleiben? Und müsste schließlich die Erde aufgrund der Rotation – die Erdgröße war seit Eratosthenes in etwa bekannt – nicht auseinanderbrechen? Auf all diese naheliegenden Fragen gab es noch keine Antwort und wir spüren eben nichts von einer Erdbewegung.

² Nach modernen Werten übersteigt das Sonnenvolumen freilich 1.291.468fach das Erdvolumen. Aristarchs Winkelmessung ist sehr vorsichtig, sein Ergebnis daher im Sinne einer Minimalforderung zu werten.

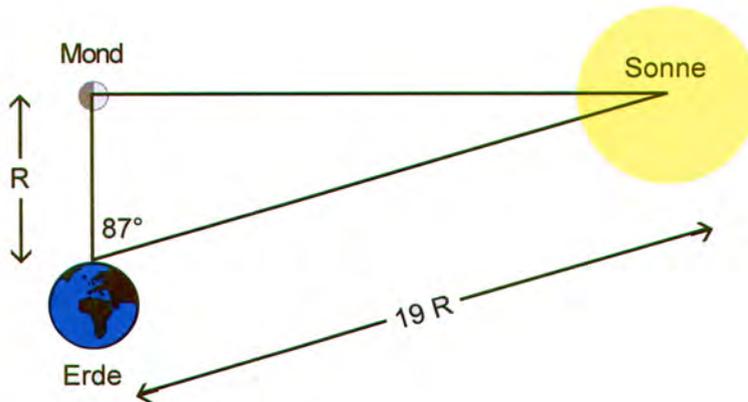


Abbildung 6.2:

In seiner Arbeit *Über Größen und Entfernungen von Sonne und Mond* entnimmt Aristarch der Messung am Halbmond die Abstandsproportion

6.2 Nicolaus Copernicus: Die mathematische Möglichkeit des Heliozentrismus

Diese Situation hat sich auch zur Zeit des Copernicus nicht verändert, doch dem gelingt der Beweis, dass ein heliozentrisches System vom mathematischen Standpunkt ebenso legitim wie ein geozentrisches ist. Darüber hinaus kann Copernicus einige Argumente beisteuern, die sein Modell plausibler erscheinen lassen.

Eine der größten Herausforderungen der antiken Astronomie war es, die scheinbaren Schleifen der Planeten zu erklären. Durchgesetzt hatte sich das Modell von Apollonius mit Deferent und Epizykel, und für praktische Berechnungen hatte es sich im Rahmen der verfügbaren Beobachtungsgenauigkeit bestens bewährt. Doch so recht glauben, dass die Planeten auf Umkreisen abrollen, wollte wohl niemand. Mit seinem Perspektivenwechsel kann Copernicus zeigen, dass sich die Planetenschleifen dadurch ergeben, dass wir deren Um-

kreisung von der bewegten Erde aus beobachten – die Schleifen damit nur perspektivische Effekte, aber keine realen Bewegungen sind. Damit wird sofort ebenfalls klar, warum Sonne und Mond keine Schleifenbewegung aufweisen, was in einem „sauber“ geozentrischen System ja zu erwarten wäre.

Auch die gebundene Bewegung der beiden inneren Planeten an die Sonne wird in der Draufsicht auf das Sonnensystem unmittelbar anschaulich wie die Abbildung 6.3, S. 165, zeigt. Merkur und Venus können sich von der Erde aus gesehen niemals weiter als um ihren Elongationswinkel vom Zentralgestirn entfernen. In einem rein geozentrischen System sollte die Sonne für die Position der Planeten keine Rolle spielen.

Einige andere Aspekte sind allerdings ambivalent. Dass sich der Mond als einziger Himmelskörper weiterhin um die Erde dreht, bleibt zunächst eine Anomalie, die erst durch die Entdeckung anderer Monde entschärft wird.

Gegen das heliozentrische Weltbild spricht die fehlende Fixsternparallaxe. Sollte sich die Erde um die Sonne drehen, so wäre doch zumindest bei nahen Sternen zu erwarten, dass sie in halbjährlichem Abstand unter leicht verschiedenem Winkel zu sehen sind (vgl. Abb. 6.4, S. 166). Zwar nannte schon Copernicus die außerordentliche Ferne der Sterne als Grund, warum dies nicht beobachtet wurde, doch musste es den Zeitgenossen so erscheinen, als ob hier eine Ungeheuerlichkeit durch eine andere erklärt wird.

Copernicus konnte schließlich auf den Vorteil verweisen, dass den Fixsternen nun nicht mehr zugemutet werden müsse, innerhalb eines Tages einen riesigen Umfang zu beschreiten, so dass – modern ausgedrückt – gewaltige Zentrifugalkräfte entfallen. Doch während die Sterne nach damaliger Anschauung dem materiellen Äther angehörten, lässt sich das Argument auch gegen Copernicus wenden und entschieden nachfragen, warum die rotierende Erde sich nicht wie eine Torte auf einer Zentrifuge verhält. Man kann es dem Copernicus nicht vorwerfen, aber um einen Beweis zu führen, hätte er gleich eine neue Physik dazuerfinden müssen.

6.3 Tycho Brahe: Irritationen am Himmel

Dies hat auch Tycho Brahe nicht getan, doch dieser deckte weitere Unstimmigkeiten im ptolemäisch-aristotelischen Weltbild auf: Im November 1572 beobachtete Brahe einen neuen Stern nordwestlich des Sternbilds Cassiopeia, der 18 Monate beobachtbar blieb und an dem er keine Parallaxe feststellen konnte.³

³ Brahe, Tycho: *De nova et nullius aevi memoria prius visa stella*. Hafniae [Kopenhagen]: Laurentius 1573.

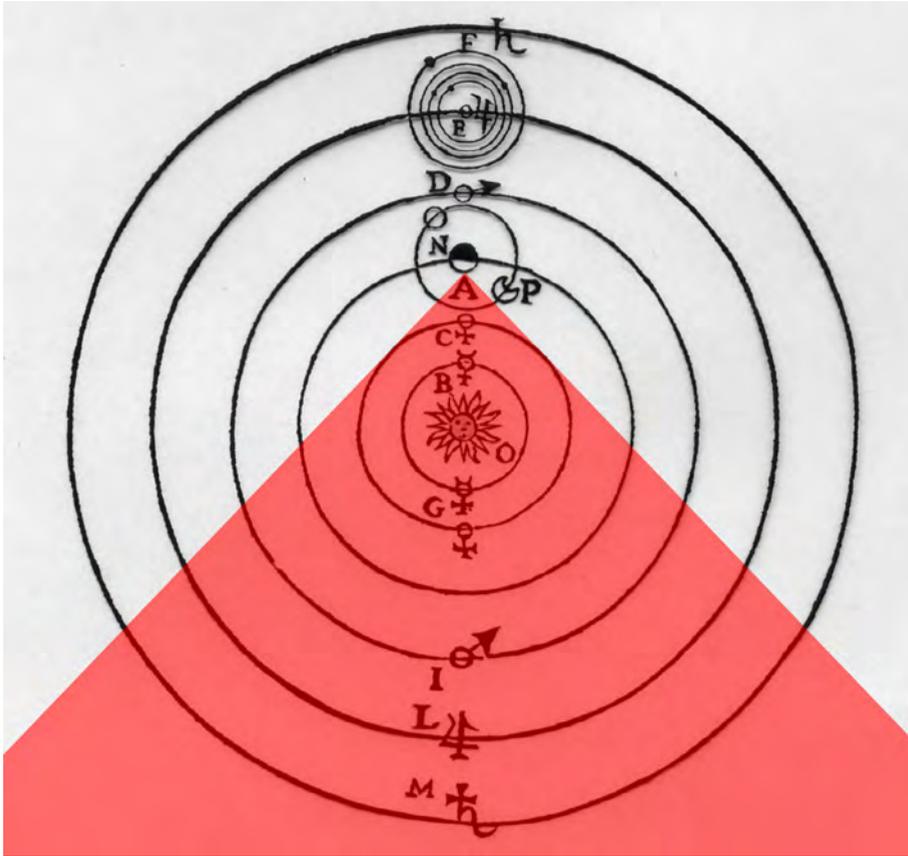


Abbildung 6.3:

Im heliozentrischen Weltmodell wird die an die Sonne gebundene Bewegung leicht einsichtig. Von der Erde aus gesehen muss die Venus innerhalb des roten Sektors bleiben.

Illustration mit einer Abb. aus: Galileo Galilei:

Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano.

Firenze: Batista Landini 1632.

(Staats- und Stadtbibliothek Augsburg)

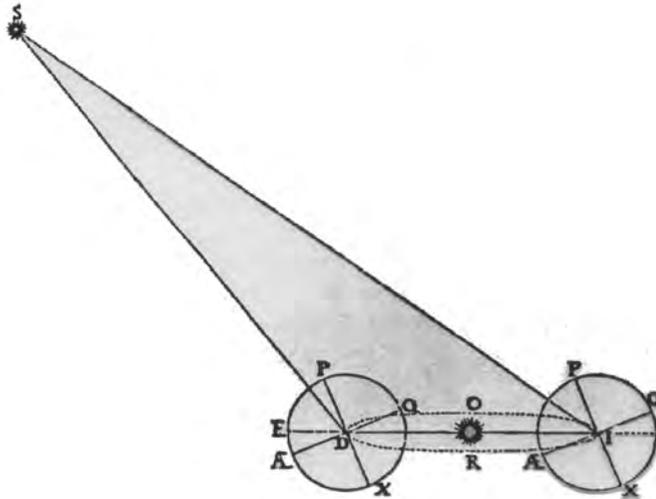


Abbildung 6.4:

1838 veröffentlichte Friedrich Wilhelm Bessel
 die erste Fixsternparallaxe an 61 Cygni im Sternbild Schwan.
 Illustration aus: Wallis, John: *Opera mathematica*, Bd. 3. Oxford 1699, S. 706.

Wir wissen inzwischen, dass es eine Supernova vom Typ Ia eines weißen Zwergsterns in etwa 10.500 Lichtjahren Entfernung war. Für das 16. Jahrhundert erschien es als große Irritation, dass in der unveränderlichen Sphäre plötzlich ein Stern auftaucht und wieder verschwindet. Noch problematischer war fünf Jahre später ein Komet, für den Tycho berechnen konnte, dass er mehrere Planetensphären kreuzte und damit mit dem antiken Konzept der konzentrischen Kristallsphären im wörtlichen Sinn kollidierte.

Dies waren sicherlich keine Beweise des Heliozentrismus, aber bei den Fachastronomen machte sich ein Gefühl breit, dass das überkommene System überarbeitungsbedürftig war. Da Brahe trotz beträchtlich gesteigener Beobachtungsgenauigkeit keine Fixsternparallaxe feststellen konnte, vertrat er jedoch ein zum Copernicanischen Planetenmodell kinematisch äquivalentes, das die

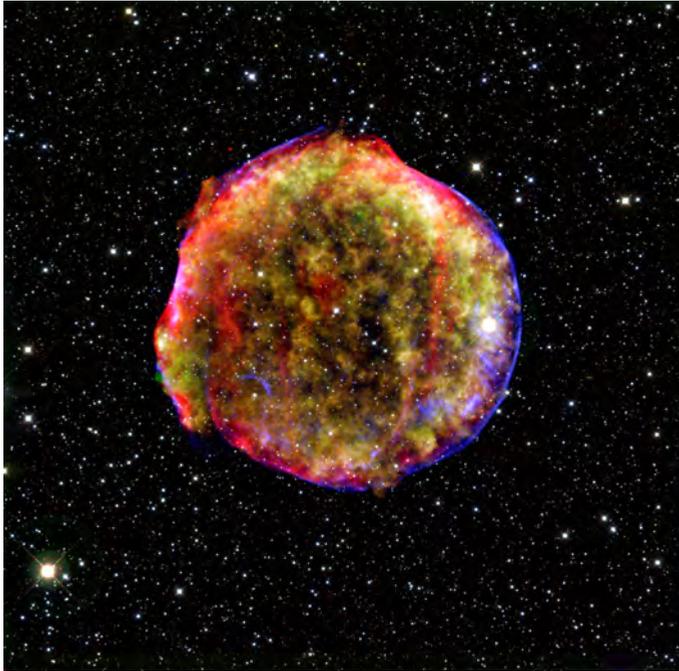


Abbildung 6.5:

Ein Lichtecho erlaubt noch nach vier Jahrhunderten Tychos Nova zu untersuchen, die hier im Infrarot- und Röntgen-Spektrum zu sehen ist
 Oliver Krause, Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg

Phänomene genauer liefert als das Ptolemäische, das die Erde aber im Mittelpunkt der Welt belässt.⁴

⁴ *De mundi aetheri recentioribus phaenomenis*. Uraniburgi/Hven 1588. Ähnliche Systeme vertraten auch Nicolaus Raimarus Ursus (*Fundamentum Astronomicum*, Straßburg 1588) und Paul Wittich. Im Gegensatz zu Brahe lässt Ursus statt der Fixsternsphäre die Erde rotieren und der Marsorbit schneidet den Sonnenorbit nicht, so dass sein System mit den kristallinen Schalen kompatibel ist. Beim System Wittichs, das nur durch eine Anmerkung von 1578 auf einem Exemplar von *De revolutionibus* erhalten ist, umkreisen Mars, Jupiter und Saturn die Erde. Wohl unter Kenntnis des „Ägyptischen Systems“ von Herakleides Pontikos äußerte bereits im neunten Jahrhundert Johannes Scotus Eriugena in seiner *De Divisione naturae* die Vermutung, dass nicht nur Merkur und Venus, sondern auch Mars und Jupiter um die Sonne kreisen.

Er wurde darin durch die Wahrnehmung des Auges bestätigt, dem auch Sterne als kleine Scheibchen erscheinen. Da er seine Beobachtungsgenauigkeit kannte, konnte Brahe auch abschätzen, dass die Sternsphäre mindestens 700-mal weiter entfernt sein müsste als die Distanz zwischen Sonne und Saturn, damit deren Fixsternparallaxe für ihn unbeobachtbar bleiben müsste. Die sich daraus ergebenden Sterngrößen hielt Brahe für absurd und sie machten ihm ein Akzeptieren des Heliozentrismus unmöglich.

6.4 Galileo Galilei: Das Teleskop wird erfunden

Im Oktober 1608 wurden in den Niederlanden von Hans Lippershey und kurz danach von Jacob Adriaansz, gen. Jacob Metius Patentanträge für das Teleskop gestellt. Dies wurde beiden verweigert, da die Erfindung schon bekannt geworden sei. Die Nachricht verbreitete sich im kommenden Jahr über ganz Europa und Astronomen setzten das zunächst schwache und fehlerbehaftete Instrument mit engem Sichtfeld für Forschungszwecke ein. Bereits Lippershey hatte von Sternen, die bislang verborgen geblieben waren, berichtet.

Anfang August 1609 begann Thomas Harriot in Oxford eine Reihe von Mondzeichnungen, die allerdings erst posthum veröffentlicht wurden. Sonnenflecken zeichnete er seit Dezember 1610 auf. Zu dieser Zeit nahm auch Johannes Fabricius in Ostfriesland dunkle Flecken auf der Sonne wahr und ermittelte ab März 1611 mit seinem Vater David Fabricius die Rotationsdauer der Sonne. Im gleichen Monat begannen Christoph Scheiner und sein Schüler Johann Baptist Cysat in Ingolstadt ihre Sonnenbeobachtungen und bemerkten, dass die Flecken nahe dem Äquator schneller rotieren als in höheren Breiten. Im Januar 1610 entdeckte Simon Marius die Jupitermonde, im Dezember 1612 sah er als erster Europäer den Andromedanebel.⁵

1610 dürften am Collegio Romano auch Odo Malcote und Giovanni Paolo Lembo (1570?–1618) teleskopische Beobachtungen geglückt sein. Diese waren auch an dem Gutachten beteiligt, das auf Nachfrage von Kardinal Roberto Bellarmin über die Wesenheit „der neuen astronomischen Entdeckungen eines vortrefflichen Mathematikers“ am 24. April 1611 Galilei – ohne seinen Namen zu nennen – die Wahrheit seiner astronomischen Entdeckungen attestierte.⁶

⁵ Die erste Beschreibung findet sich in einer Pergamenthandschrift des persischen Astronomen 'Abd al-Rahmân as-Sûfi über die Fixsterne von etwa 964.

⁶ Die Kommission bestand weiterhin aus den jesuitischen Professoren Christoph Clavius und Christoph Grienberger. Die Anfrage Bellarmins sowie das abgegebene Gutachten siehe: *Le Opere di Galileo Galilei*, Nuova Ristampa della Edizione Nazionale, Vol. XI (Carteggio 1611–1613). Firenze: Barbéra 1966, S. 87f. (Dokument 515) und S. 92f. (Dokument 519).

Galilei war weder der Erste noch der Einzige, der das Fernrohr auf den Himmel richtete. Er war aber der Lauteste und insbesondere der Früheste, der darüber publizierte. Im März 1610 und damit nicht einmal zwei Wochen nach den letzten dort beschriebenen Beobachtungen erschien seine Sternbotschaft *Sidereus Nuncius*. Wie kein anderer – Kepler ausgenommen – verstand er es, die Bedeutung der neuen Befunde als Argumente für die Copernicanische Lehre herauszustellen.

Schon die schiere Anzahl nie gesehener Sterne und die Auflösung der Milchstraße und der Nebel in Einzelsterne verdeutlichte, dass den Astronomen bislang viele Phänomene völlig unbekannt waren.

Der Mond offenbarte im Fernrohr, dass seine Oberfläche „*nicht glatt, regelmäßig und von vollkommener Rundung ist, wie es eine große Schar von Philosophen vom Mond selbst und von den übrigen Himmelskörpern geglaubt hat, sondern daß sie im Gegenteil uneben, rauh und ganz mit Höhlungen und Schwellungen bedeckt ist, nicht anders als das Antlitz der Erde selbst, das durch Bergrücken und Talsenken allenthalben unterschiedlich gestaltet ist.*“⁷

Indem Galilei die Ähnlichkeit betont, lässt er den Mond wie einen Materiebrocken erscheinen und macht gleichzeitig die Erde zum Gestirn wie die Planeten.

Mit der Bekanntgabe der Jupitermonde wird der Mathematiklehrer Galilei eine europäische Berühmtheit, die in einem Atemzug mit den Entdeckern neuer Welten wie Columbus oder da Gama genannt wird. Galilei ist allein schon die Existenz des Jupitersystems ein Beleg, dass sich dieses um die Sonne dreht. Zumindest wird unbezweifelbar, dass es einige Gestirne gibt, die sich nicht direkt um die Erde drehen: Die Satelliten des Jupiters umkreisen zunächst den Jupiter. Freilich muss der unvoreingenommene Betrachter zugeben, dass sich Jupiter mit seinen Monden ebenso um die Erde wie die Sonne drehen könnte, wenn nicht weitere Argumente den Ausschlag geben.

Die Jupitermonde deuten jedoch eine andere Struktur des Planetensystems an. Im Copernicanischen System war es eine Anomalie geblieben, dass für alle Gestirne die Sonne zum neuen Zentrum geworden war, allein der Mond weiterhin um die Erde kreiste. Die Jupitermonde zeigten nun, dass dies nicht länger

⁷ Galilei, Galileo: *Sidereus Nuncius. Nachricht von neuen Sternen*, S. 87f. Zitiert wird nach der deutschen Übersetzung der von Hans Blumenberg herausgegebenen Ausgabe, Frankfurt a. M. 1980. Erstmals erschienen als: *Sidereus nuncius magna, longeque admirabilia spectacula pandens, suspiciendaque proponens unicuique, praesertim vero philosophis atque astronomis . . .* Venedig: Thomas Baglionum 1610.

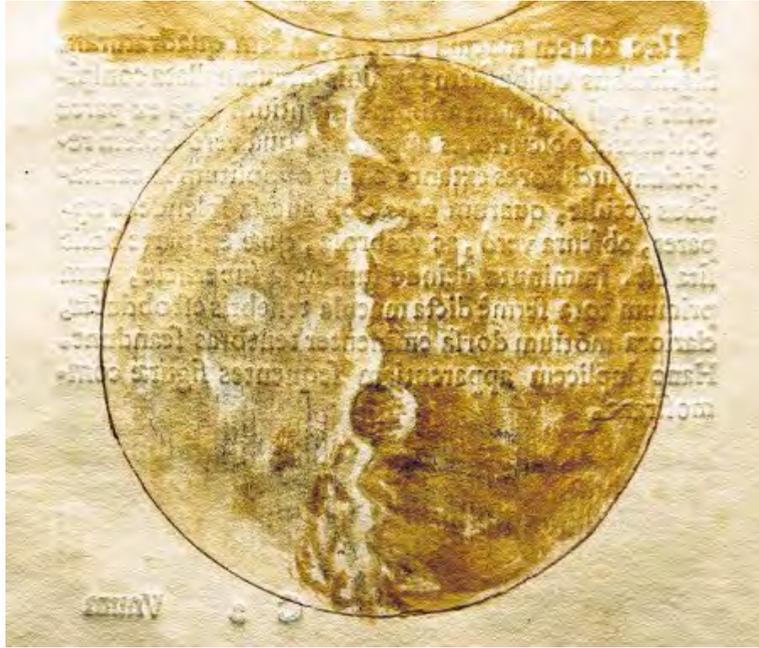


Abbildung 6.6:
Der Mond, Tuschezeichnung von Galileo Galilei, 1609

als Einwand gegen die heliozentrische Lehre vorgebracht werden konnte: Planeten können eben Monde haben – die Erde hat einen, Jupiter sogar vier; vielleicht haben auch andere Planeten Monde.

Im Juli 1610 erkannte Galilei Merkwürdigkeiten in der Saturngestalt, die er als dreigestaltige Form interpretierte. Sicher hätte er gerne weitere Monde identifiziert, doch nachdem in den folgenden Jahren der Saturnring in Kantenstellung zur Erde geriet, hielt selbst Galilei eine Vorspiegelung aufgrund schlechter Linsen für möglich und mutmaßte in einer Anspielung auf die griechische Mythologie, ob Saturn seine Kinder verschlungen habe. Den Ring erkannte um den Jahreswechsel von 1655 auf 1656 Christiaan Huygens.⁸

⁸ Huygens, Christiaan: „De Saturni luna observatio nova.“ In: Borel, Pierre: *De vero telescopii inventore . . .* The Hague: Adriaan Vlacq 1656, S. 62–63. *Systema saturnium*. The Hague: Adriaan Vlacq 1659.

Sonnenflecken will Galilei bereits im Juli oder August 1610 in Padua und Florenz beobachtet haben. Von Februar bis April 1612 datieren Aufzeichnungen dunkler Flecken auf der Sonne, die Galilei im Gegensatz zu Scheiner nicht für Planeten hielt, sondern für einen Teil der Oberfläche der Sonne. Dies widersprach der klassischen Anschauung des Aristoteles, nach der die Sonne eine makellos reine, unveränderliche Kristallkugel war – eine Vorstellung, der sich die Kirche als Metapher für die „unbefleckte“ Jungfrau Maria bediente. Einem rechten Christen geziemte es schon von daher, diese Lehrmeinung nicht leichtfertig und möglicherweise voreilig aufzugeben.

Systematisch am bedeutendsten war Galileis Entdeckung der Venusphasen im Dezember 1610, die auch zeigte, dass die Planeten offenbar keine selbstleuchtenden Himmelskörper sind. Phasen der Venus hätten zwar auch ptolemäisch orientierte Astronomen erwartet, aber nicht in dieser Weise. Die Abfolge von Neu-Venus über die Sichelgestalt bis zu Voll-Venus ließ nur einen Schluss zu: Die Venus – und wohl auch Merkur – drehen sich um die Sonne. Damit war der Beweis erbracht, dass das ptolemäisch-aristotelische Weltsystem zumindest hinsichtlich seiner Aussagen über die inneren Planeten definitiv falsch ist.

Während es der populären Literatur damit als ausgemacht gilt, dass das heliozentrische Weltsystem als wahr erwiesen wurde, muss man sich klar machen, dass sich all die genannten Phänomene im Tychonischen Weltmodell ebenso erklären lassen. Dort ruht die Erde in der Mitte und wird von Mond und Sonne umkreist. Die Planeten ziehen dann ihre Bahnen um die Sonne. Lage und Abstände der Planeten ergeben sich in beiden Modellen identisch. Um diese Problematik deutlicher werden zu lassen, wird es hilfreich sein, sich zu vergegenwärtigen, was wir als Beweise anerkennen müssten.

Schon Newtons Gravitationslehre schuf den theoretischen Rahmen, in dem nur ein heliozentrisches System plausibel erscheinen konnte. Beweise im modernen Sinn sind die Entdeckung der Aberration durch James Bradley, der 1728 bemerkte, dass wegen der endlichen Lichtgeschwindigkeit durch ein bewegtes Fernrohr beobachtete Sterne eine scheinbare Ortsveränderung erleiden. Für die Rotation der Erde sprachen die experimentelle Bestätigung von Äquatorwulst und Polabplattung 1735 in den Anden und 1736/37 in Lappland. 1838 veröffentlichte Friedrich Wilhelm Bessel schließlich die lang gesuchte Parallaxe, durch die nahe Fixsterne je nach Jahreszeit unter verschiedenem Winkel erscheinen. Jean Bernard Léon Foucaults Bestätigung raumstarrer Pendelebenen 1851 bewies wiederum die Erdrotation.

Doch diese Beweise sind ebenso wenig wie Dopplerverschiebung, Drehimpulserhaltung, Corioliskraft, Vorlauf und Äquatorlauf Angelegenheiten des 16. und 17. Jahrhunderts. Eine unvoreingenommene Bewertung zeigt, dass Galilei keinen Beweis für den Heliozentrismus vorbringen konnte und es ist aus der Sicht

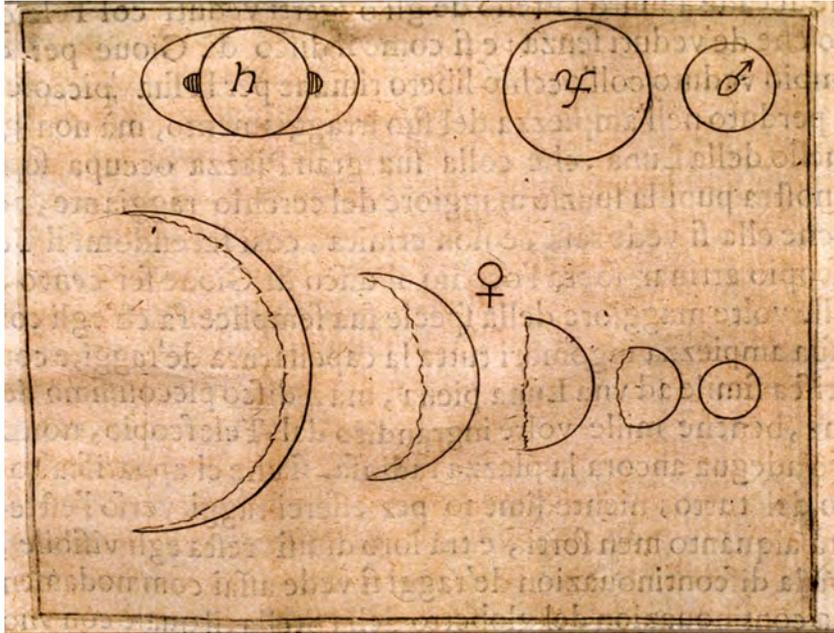


Abbildung 6.7:
 Saturngestalt und Venusphasen
 Galileo Galilei: *Saggiatore* Rom: Mascardi 1623.
 (Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florence)

der Zeit kein Wunder, dass die Kirche am überkommenen System haften blieb und mit dem Dekret von 1616 für die Copernicanische Lehre die hypothetische Rede forderte.⁹

6.5 Johannes Kepler: Der bescheidene Revolutionär

Die neuzeitliche Naturwissenschaft stützt sich auf zwei wichtige Vorläufer.¹⁰ Bevor Isaac Newton mit seiner Mechanik und Gravitationstheorie eine universale

⁹ Siehe: Leich, Pierre: Der Inquisitionsprozess gegen Galileo Galilei. Die schwierige Beziehung von Ratio und Religio. In: *skeptiker* 3 (2009), S. 116–121.

¹⁰ Systematisch besonders wichtig sind weiterhin der bei Benedetti bereits angedeutete Trägheitssatz von Descartes, das Kreisgesetz von Huygens und das quadratische Abstandsgesetz, das neben Newton auch Wren, Hooke und Halley verwendeten.

Erklärung der Bewegungen geben konnte, bedurfte es separater Beschreibungen der Bewegungen der Körper auf der Erde und der Bewegungen der Körper am Himmel. Galilei steht hier nicht für die Himmelsbewegungen, sondern für diejenigen an der Erdoberfläche. Weiterhin sprach er aus, dass das „Buch der Natur“ in mathematischer Sprache geschrieben ist und führte das Experiment als Prüfstein für die Theorie ein. Wir verdanken ihm das Prinzip der Superposition, das erste Naturgesetz moderner Form – das Fallgesetz – und er beschrieb den schiefen Wurf und das Pendel.

Den Lauf der Planeten konnte aber erst Johannes Kepler korrekt darstellen. Schon in seinem Frühwerk *Mysterium Cosmographicum* von 1596 zeigte sich Kepler als überzeugter Copernicaner. Als er nach Brahes Tod in den Besitz von dessen Beobachtungsdaten kam, eröffnete sich ihm der mühevollen Weg zu den drei nach ihm benannten Planetengesetzen.

Seit Platon den Astronomen die Aufgabe gestellt haben soll, die gleichmäßigen und geordneten Bewegungsformen zu finden, mit denen man die Bahn der Planeten erklären könnte, galten den Astronomen zwei Fundamentalprinzipien als unumstößlich: die Gleichförmigkeit und die Kreisförmigkeit.

Auch Copernicus und Galilei wollten an diesen Dogmen nicht rütteln. Es war Kepler vorbehalten, nach zwei Jahrtausenden ein neues Paradigma zu schaffen.

Dass der Abstand vom Planeten zum Zentralkörper nicht konstant ist, ergibt sich schon aus der Epizykeltheorie. In einer kühnen Verallgemeinerung des Archimedischen Hebelgesetzes deutete Kepler den Abstand Planet-Sonne als Hebelarm. Wenn sich ein Planet von der Sonne entfernt, verlängert sich der Hebelarm, wird daher schwerer und nach dem peripatetischen Bewegungsgesetz langsamer.

Für Perihel und Aphel der Marsbahn stellte Kepler fest, dass die Bahngeschwindigkeit umgekehrt proportional zur Entfernung zur Sonne ist. Er verallgemeinerte, dass Radius und Geschwindigkeit stets umgekehrt proportional sind. Später erkannte er, dass dies nur für die azimutale Geschwindigkeitskomponente gilt. Seine mathematische Trial-and-Error-Methode führte ihn schließlich zum Flächensatz: Die Planetenradien (auch Fahrstrahlen genannt) überstreichen in gleichen Zeiten gleiche Flächen. Der Planet rast also am sonnen-nähesten Punkt vorbei, wird dann immer langsamer bis er sich am sonnenfernsten Punkt vorbeiquält und dann wieder immer schneller wird.

Mit dem Flächensatz überprüfte Kepler nun die Erdbahn und berechnete die Marsbahn neu. Dabei stellte er fest, dass sie kein Kreis sein kann. Auf teilweise haarsträubenden (Um-)Wegen gelangte er schließlich zur Einsicht der ellipsenförmigen Planetenbahnen, die als 1. Kepler'sches Gesetz bezeichnet wird und sich ebenfalls in der *Astronomia Nova* von 1609 findet.

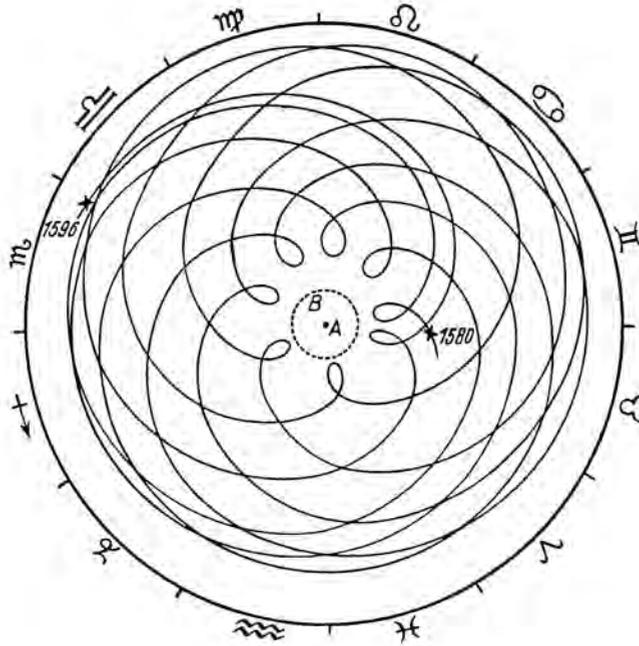


Abbildung 6.8:
 Marsbewegung im geozentrischen System nach Johannes Kepler
 Bewegt sich Mars auf einer solchen Bahn?
 Kepler, Johannes: *Astronomia Nova*.
 Heidelberg: Gotthard Vögelin 1609, 1. Kapitel, Fig. 2.

Während bisher nur die Bewegung jeweils eines Planeten im Blick war, bildet sein drittes Gesetz einen Zusammenhang verschiedener Bahnen bezüglich eines Gravitationszentrums. Es charakterisiert damit die stabilen Bahnen und lautet in moderner Formulierung: Die Quadrate der Umlaufzeiten verhalten sich wie die Kuben der mittleren Abstände. Ein Planet in doppelter Entfernung benötigt für seinen Umlauf auf dem (doppelten) Umfang also mehr als die doppelte Zeit, da er sich dort draußen langsamer bewegen muss, um nicht tangential zu entweichen.

Das 3. Kepler'sche Gesetz ist nicht streng gültig, da von den Massen abgesehen wird, gilt aber in Systemen, in denen die Hauptmasse im Zentralkörper vereinigt ist, in guter Näherung.

Mit den drei Kepler'schen Gesetzen wäre ihm sein Platz in den Annalen der Naturwissenschaft bereits sicher, doch Kepler entwickelt als erster Naturforscher überhaupt ein Gefühl dafür, dass es nicht nur um eine mathematische Beschreibung der Planetenbahnen geht, sondern diese einen physikalischen Grund haben müssen. Er stellt sich vor, dass es ein magnetischer Kreisstrom um die Sonne ist, der die Planeten je nach Abstand und Fähigkeit, Kraftwirkung zu empfangen, mitreißt. Dadurch löst er sich von der Selbstbewegungstheorie der Planeten und führt eine physikalisch wirkende Bewegungsursache ein. Die Lösung dieses Zusammenhangs findet sich dann jedoch erst im Gründungsdokument der neuzeitlichen Naturwissenschaft, Newtons *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* von 1687.

Kepler war noch auf weiteren Feldern aktiv. Schon 1604 behandelte er in seiner *Astronomiae pars optica* die Strahlenbrechung, deren Gesetzmäßigkeit später von Snellius und Descartes gefunden wurde. Dabei verknüpfte er geometrische und physikalische Optik, d. h. Lichttheorie einschließlich physiologischer Optik, und beschreibt erstmals die Entstehung des Bildes auf der Netzhaut des Auges richtig. Kepler zeigt die geradlinige Ausbreitung des Lichtes und leitet für die Lochkamera Gesetze ab, die Beziehungen zwischen Schärfe und Größe der Bilder zur Größe des Fensters und zu den Abständen des Bildes und Gegenstandes vom Fenster herstellten. Damit lieferte Kepler auch für die Beobachtungsdaten von Tycho Brahe eine theoretische Fundierung.

Mit dem Teleskop war nun eine neue Situation in der Naturbetrachtung eingetreten. Für den modernen Menschen ist es selbstverständlich, zu Beginn des 17. Jahrhunderts war es aber eine gewöhnungsbedürftige Vorstellung, dass eine Sinnesbeobachtung besser wird, wenn zwischen das Sinnesorgan – hier das Auge – und das zu beobachtende Objekt etwas dazwischentritt. Solange die gesetzesmäßige Funktionsweise des Teleskops nicht gezeigt ist, das Instrument also eine Blackbox ist, müssen die Beobachtungen damit sogar unter Vorbehalt gestellt werden.

Diese theoretische Lücke konnte Kepler 1611 mit der *Dioptrice* schließen, in der er seine Theorie der Linsen weiterentwickelte und das Konstruktionsprinzip des astronomischen Fernrohrs gab. Für unsere Sache des Heliozentrismus schuf Kepler damit die Grundlage, die neuen Beobachtungsbefunde mit dem Teleskop als Argumente anzuerkennen.

Weiterhin leistete Kepler einen entscheidenden Schritt auf dem Weg zur neuzeitlichen Erklärung der Planetenbewegungen. Insbesondere das dritte Gesetz, das er 1619 im 5. Buch der *Weltharmonik* in Kapitel 3 unter 13 Hauptsätzen



Abbildung 6.9:

Den Zeitgenossen erschienen die Argumente für das Copernicanische System als zu leicht; schwerer wiegt das semi-tychonische System.

Riccioli, Giovanni Battista: *Almagestum novum*. Bononiae [Bologna]: Benatius 1651.
(Staats- und Stadtbibliothek Augsburg)

an 8. Stelle veröffentlichte, ließ sich auch auf die Bahnen der Jupitermonde anwenden. Damit wäre das bislang stärkste Argument gewonnen, denn diese auf Planeten- wie Mondebene kontrollierbare Beziehung ist zu allgemeingültig, als dass man sie nicht ernst nehmen dürfte. Dieser Zusammenhang gilt aber nur, und Kepler weist in diesem Kapitel selbst darauf hin, wenn die Sonne Bezugspunkt dieser „himmlischen Harmonien“ ist. Damit ist das heliozentrische System bereits vor einer physikalischen Erklärung kinematisch ausgezeichnet.

Leider nahm Galilei von Keplers Arbeit nur unzureichend Notiz und betrachtete stattdessen die Meeresbewegung durch die Gezeiten als wichtigstes Argument. Wäre dies richtig, dürfte sich der Rhythmus von Ebbe und Flut aber nur am Tag orientieren und wäre nicht mit dem Monat überlagert wie Kepler richtig feststellte.

6.6 Simon Marius: Im Brennpunkt des Umbruchs

6.6.1 Beobachtungen

Der Gunzenhausener Mathematiker, Arzt und Astronom Simon Mayr, der sich Marius nannte, war bereits in der präteleskopischen Ära ein versierter Beobachter. Er hatte über den Kometen von 1596 publiziert¹¹ und die Position der Supernova im Sternbild des Schlangenträgers von 1604 präzise bestimmt.¹²

Die Jupitermonde entdeckte er nach eigener Aussage am 29. Dezember 1609, Julianischen Datums, also einen Tag nach Galilei, der seine Angaben bereits im gregorianischen Stil vornahm. Venusbeobachtungen erwähnte er in einem Brief an Nikolaus von Vicke vom Sommer 1611. Sonnenflecken beobachtete Marius seit August 1611¹³. Den dritten und großen der drei Kometen von 1618 verfolgte er von Ende November bis Dezember.¹⁴

11 Marius, Simon: *Kurtze und eigentliche Beschreibung des Cometen oder Wundersterns / So sich in diesem jetzt lauffenden Jar Christi unsers Heilands / 1596. in dem Monat Julio / bey den Füßen des grossen Beerens / im Mitnächtischen Himmel hat sehen lassen.* Nürnberg: Kauffmann 1596.

12 Marius, Simon: *Prognosticon Astrologicum auf 1606.* Nürnberg: Johann Lauer. Die wesentlichen Auszüge gibt: Zinner, Ernst: *Zur Ehrenrettung des Simon Marius*, S. 48–51. Die vollständige Literaturübersicht zu Marius findet sich am Ende des vorliegenden Bandes, S. 366 ff.

13 Im *Prognosticon Astrologicum auf 1613* berichtet Marius, dass ihm Ahasvero Schmidner diese gezeigt habe und im Oktober habe er ohne weitere Präzisierung „einen andern Weg erdacht / daß ich die Sonnen durch das benante Instrument ohn alle verletzung deß Gesichts bei hellem Himmel sehen [...] kan.“ (A4v)

14 *Astronomische vnd Astrologische beschreibung deß Cometen so im November und December vorigen 1618. Jahrs ist gesehen worden / Genommen vnd Gestelt auß eygenen*

Im Druck spricht Marius erstmals im *Prognosticon auf 1612* (Widmung 1.3.1611) über seine teleskopischen Beobachtungen (vgl. Abb. 6.1, S. 160). Er teilt mit, dass er mit dem Fernrohr die Milchstraße und die Nebel als eine Ansammlung unzähliger Sterne erkannt hat. Beobachtungen am Mond und den Jupitermonden deutet er nur an. Auch die Venusphasen habe er gesehen. Er beklagt, dass viele Kalendermacher noch mit den alten Werten rechnen, womit er auf die Korrekturen durch Tycho Brahe anspielt. In der Widmung vom 30.6.1612 im *Prognosticon auf 1613* schließt Marius aus der Helligkeitsänderung von Merkur auf seine Bewegung um die Sonne,¹⁵ er erwähnt die Sonnenflecken und teilt Distanzen und Umlaufzeiten der Jupitermonde mit. Im *Prognosticon auf 1614* (Widmung 16.5.1613) präzisiert er seine Beobachtungen, die er dann im Februar 1614 in seinem Hauptwerk *Mundus Iovialis* vorstellt.

Durch diese Beobachtungen stand Marius im Zentrum der Umbruchsbewegung und es wird interessant sein, zu untersuchen, wie er sich angesichts der neuen Tatsachen positionierte.

6.6.2 Plagiatskontroversen

Ins Zentrum einer weiteren Auseinandersetzung rückte Marius durch den Prioritätsstreit um die Entdeckung der Jupitermonde. Da die frühesten Belege für seine Beobachtungen der Monde alle nach Erscheinen von Galileis *Sidereus Nuncius* datieren,¹⁶ wird die Angelegenheit wohl nicht mehr zweifelsfrei zu klären sein.

Zu den Fakten gehört, dass sich Marius bereits 1607 sehr unvorteilhaft verhalten hatte, als sein Schüler Baldessare Capra eine Schrift unter dem Titel *Usus et Fabrica Circini cuiusdam Proportionis* veröffentlichte, die sich als eine lateinische Übersetzung einer Gebrauchsanweisung für den Militärkompass von Galilei aus dem Jahre 1606 erwies.¹⁷ Auch wenn der Proportionszirkel von Galilei nicht erfunden, sondern nur weiterentwickelt wurde, blieb Capra den Hinweis

Observationibus dabey auch andere sachen kurtz eingemischet werden. Nürnberg: Lauer 1619.

15 „Das erste ist nun / dass ich auch vermerket / daß Mercurius gleicher weise von der Sonnen erleuchtet werde / wie die Venus vnnnd der Monn“, A3r. Johannes Bosscha nennt ihn daher bereits den Entdecker der Merkurphasen. Bosscha 1907, S. 518f. Deutlich erkannte 1639 Giovanni Zupus in Neapel Merkurphasen.

16 Weitere Ergebnisse seiner Jupitermondbeobachtung gibt Galilei in: *Discorso Intorno alle cose, che Stanno in sù l'acqua, ò che in quella si muovono.* Firenze: Cosimo Giunti 1612 sowie *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti.* Roma: Giacomo Mascardi 1613.

17 GALILEI, GALILEO: „Le operazioni del compasso geometrico, et militare.“ In: *Le Opere di Galileo Galilei.* Nuova Ristampa della Edizione Nazionale, Vol. II, hg. von Antonio Segni. Firenze: Barbèra 1965, S. 363–424. Es schließen sich an der Text Capras (S. 425–

auf Galileis Autorenschaft schuldig und behauptete, der alleinige Erfinder des Zirkels zu sein. Marius hatte Capra offensichtlich nicht von diesem Schritt abgehalten. Zwar befand er sich bei der Abfassung von dessen Schrift nicht mehr in Padua, wo er noch zwischen Dezember 1601 und Juni 1605 zeitgleich mit Galilei war, doch er stand mit Capra in Kontakt und dass dieser seinem Lehrer dieses Vorhaben verschwiegen haben könnte, ist eher unglaubwürdig. Galilei hat ihn später im *Saggiatore* schwer beschuldigt.

Was nun die Jupitermonde anbelangt, so hat Marius zwar Galileis Verdienste anerkannt, aber zweifellos beansprucht, diese als Erster beobachtet zu haben. Im umfangreichen Vorwort zum *Mundus Iovialis* schreibt er, dass er „*sie durch eigene Forschung fast genau zur gleichen Zeit – vielmehr etwas früher, als Galilei sie zum ersten Mal in Italien gesehen hat – in Deutschland gefunden und beobachtet habe.*“¹⁸ Weiterhin berichtet Marius, dass sein Förderer Johannes Philipp Fuchs von Bimbach im Sommer 1609 ein belgisches Fernrohr erhielt.

„*Manchmal durfte ich es mit nach Hause nehmen, besonders um das Ende des November; dort betrachtete ich gewöhnlich in meiner Sternwarte die Sterne. Damals sah ich den Jupiter zum ersten Mal, der sich in Opposition zur Sonne befand; und ich entdeckte winzige Sternchen bald hinter, bald vor dem Jupiter, in gerader Linie mit dem Jupiter.*“¹⁹

Im Zusammenhang der Benennung der Monde als ‘Brandenburger Gestirne’ gegenüber Galileis ‘Mediceischer Gestirne’ fragt er „wer wird mir dies verargen, da ich ja viel gerechtere Gründe habe?“²⁰

Im *Prognosticon auf 1612* datiert Marius die Beobachtungen der Jupitermonde „*von de End des Decemb. des 1609. Jars an / biß inn das mittel des Aprilln dises 1610. Jars*“²¹. Im *Mundus Iovialis* nennt er den 29. Dezember 1609²² (= 8. Januar 1610, greg.). Die unterschiedliche Datierung seiner Satellitenbeobachtungen wurde ihm in der Literatur natürlich zum Vorwurf gemacht.

Dass Marius im *Prognosticon auf 1612* direkt im Anschluss an seine Zeitangabe anfügt, „*desswegen ich auch hernach Herrn Davidi Fabricio, in Ostfriesland*

511) sowie „Difesa di Galileo Galilei ... Contro alle Calumnie & imposture di Baldessar Capra.“ Venestra: Tomaso Baglioni 1607, S. 513–601.

18 Marius, Simon: *Mundus Iovialis*, S. 43. Glücklicherweise liegt mit der zweisprachigen Ausgabe von Joachim Schlör eine vollständige Übersetzung der Erstausgabe vor, nach der hier zitiert wird. Der damit verfügbare Text erübrigt eine Reihe von Diskussionen älterer Autoren.

19 Ebd., S. 39.

20 Ebd., S. 73.

21 C3r. Vgl. Bv: “von dem end deß Decembers deß 1609. biß im deß 1610.“

22 Marius: *Mundus Iovialis*, S. 87.

und Herrn M. Odontio zu Altorff zugeschrieben hab“, macht die Beweislage zusätzlich schwieriger, denn noch im Juni 1614 findet es Fabricius

„denkwürdig, daß der Galilaeus Galilaei, ein Italiener, mit hülf dieses Tubi optici 4 kleine Planetlein umb und neben den Jovem entdeckt, davor kein Astronomus jemals gewußt oder meldung getan hat. Was auch der Herr Simon Marius von diser neuen Planetlein Lauff juxta longitudinem et latitudinem bißher observiert, solches wird er verhoffentlich der posteritet mit den ehesten comuniciren und ihme damit einen rühmlichen Namen machen.“²³

Von einem Anspruch auf Erstentdeckung oder unabhängige Entdeckung vor Erscheinen des *Sidereus Nuncius* ist Fabricius offenbar nichts bekannt.

Der Inhalt des Briefes an Caspar Odontius ist wiederum über Kepler erhalten, da dieser von Odontius eine Mitteilung vom 24. November / 4. Dezember 1611 erhalten hat, in der das ursprüngliche Schreiben von Marius referiert wird. Er berichtet dort von dessen Beobachtung der Mondfinsternis vom 29. Dezember 1610 und fügt an: „in derselben Stunde, berichtet Marius, habe er alle vier Jupitersbegleiter, zwei östliche und zwei westliche sehr schön und sehr genau gesehen.“²⁴ Auch hier begegnen wir keinerlei Andeutung, dass Marius bereits ein Jahr vorher Jupitermonde beobachtet haben will. Der nahe gelegte Anspruch, Marius habe für seine Beobachtungen vor Erscheinen von Galileis Schrift Zeugen, kann nicht eingelöst werden.

Die damals unterschiedlichen Datumsvarianten nach julianischem oder gregorianischem Kalender konnten dagegen kaum Irritationen hervorgerufen haben. Dass der Protestant Marius keine „katholischen“ Angaben macht, dürfte jedem klar gewesen sein. Im *Mundus Iovialis* findet sich sogar eine Doppelnennung²⁵ und seine Schreibkalender (siehe z. B. Abb. 7.9, S. 212) enthalten wie damals üblich Spalten für den alten und den neuen Kalender. Der Umstand zweier Datumsangaben war seit der Einführung des neuen durch Papst Gregor XIII. im Jahr 1582 eingeführten Kalenders jedem bewusst, der ihn benötigte. Dies scheint in den folgenden Jahrhunderten manchen Anhängern wie auch Kritikern entfallen zu sein. Marius deswegen zu beschuldigen, ist abwegig. Mit dem Datum der ersten Aufzeichnung nennt er wissentlich einen Tag nach Galilei.

Wollte man eine Lösung der Plagiatsfrage herbeiführen, wäre zunächst zu klären, ab wann wir von der Entdeckung von Jupitermonden überhaupt sprechen wollen. Das bloße Sehen kann es wohl kaum sein, sonst hätte Galilei bereits

23 Fabricius, David: *Prognostikon auf 1615*; zitiert nach: Wohlwill, S. 363.

24 Kepler, Johannes: *Gesammelte Werke*, Bd. XVI, hg. von Max Caspar, S. 394 f. Zitiert wird die Übersetzung von: Wohlwill, S. 364.

25 Marius: *Mundus Iovialis*, S. 119.

im Dezember 1612 Neptun entdeckt.²⁶ Jeder, der die Jupitermonde erstmals sieht, muss sie für Fixsterne gehalten haben, die ohne Teleskop noch nicht zu beobachten waren. Nur wenn die Konstellation der Monde kontinuierlich beobachtet wird oder die Bewegung von Jupiter merklich von der „Bewegung“ des Fixsternhimmels abweicht, kann sich offenbaren, dass diese Pünktchen zu keinem normalen Stern gehören. Erst längeres Observieren belegt, dass die Bewegung an den Jupiter gekoppelt ist und um ihn erfolgt. In diesem Augenblick wird das Gestirn als Jupitermond erkannt. Die beste Gelegenheit dafür bietet sich, wenn Jupiter rückläufig wird und eine Schleife am Firmament zu ziehen scheint. Dies war zwischen den stationären Punkten am 9. Oktober 1609 und am 4. Februar 1610 (greg.) der Fall. Durch die größte Erdnähe Anfang Dezember 1609, die große Höhe über dem Horizont und die lange Sichtbarkeit im Winter war die Beobachtungsmöglichkeit von Jupiter besonders günstig.

Jupitermonde sah Marius nach eigener Aussage „während der ersten von mir durchgeführten Beobachtungen, nämlich im Herbst des Jahres 1609, besonders aber gegen Ende desselben und zu Beginn des folgenden Jahres“.²⁷ Während der Rückläufigkeit begann Marius zu zweifeln, ob dies Fixsterne sein könnten. Es ist dies nicht die einzige Stelle, an der man dem Ansbacher Hofastronomen ein anderes Motto wünschen würde als „*gemach gehet man auch weit / vnd eylen thut selten gut*“.²⁸

Galilei gibt an, erstmals in der Nacht vom 7. auf den 8. Januar 1610 drei Monde gesehen zu haben, die er zunächst „*zu den Fixsternen zählte*“. Sie setzten ihn „*dennoch in einiges Erstaunen, weil sie auf einer vollkommen geraden Linie parallel zur Ekliptik zu liegen und heller als die übrigen Sterne gleicher Größe zu glänzen schienen*“.²⁹ Am kommenden Abend fand er „*eine völlig andere Konstellation vor. Alle drei Sternchen standen nämlich westlich vom Jupiter*“.³⁰ Marius notiert für diesen Abend „*drei Gestirne, die sich westlich des Jupiter gleichsam auf einer geraden Linie mit ihm befanden*“.³¹ Am 10. Januar sei es Galilei klar gewesen, „*dass die sich zeigende Veränderung nicht im Jupiter, sondern in den beobachteten Sternen begründet sei*“ und am Abend darauf wurde es ihm zur Gewissheit, dass sie „*um den Jupiter kreisen*“.³² Alle

26 Vgl. Drake, Stillman und Charles T. Kowal: Galileis Beobachtungen des Neptun. In: *Spektrum der Wissenschaft* (Februar 1981), S. 76–89.

27 Marius: *Mundus Iovialis*, S. 87.

28 Marius: *Prognosticon auf 1612*, Cr.

29 Galilei: *Sidereus Nuncius*, S. 111.

30 Ebd.

31 Marius: *Mundus Iovialis*, S. 87.

32 Galilei: *Sidereus Nuncius*, S. 112 und 113.

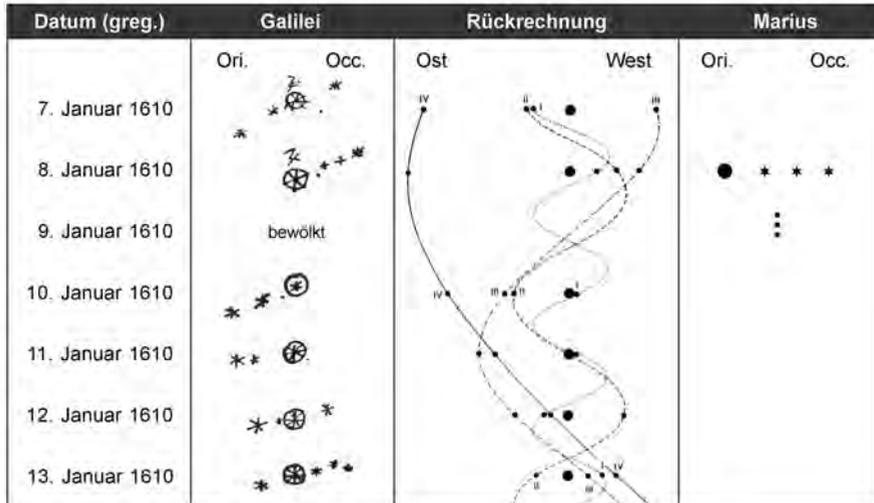


Abbildung 6.10:

Vergleich der Jupitermond-Beobachtungen von Galilei und Marius (1610)

Galilei-Spalte: *Le Opere di Galileo Galilei*, Nuova Ristampa della Edizione Nazionale, Vol. III, Parte Seconda, hg. von Antonio Segni, Osservazioni (7 Gennaio 1610 – 29 Maggio 1613). Firenze: Barbèra 1964, S. 427.

Rückrechnung der Elongationen der Jupitermonde nach Jean Meeus und ihr von Rolf Müller rekonstruierter Bahnverlauf aus „Die Entdeckung der Jupitermonde. Galileo Galilei zum 400. Geburtstag am 15. Februar 1964.“

Sterne und Weltraum 3 (1964), Heft 2, S. 41. Marius-Spalte: rekonstruiert.

vier Jupitermonde sieht Galilei erstmals am 13. Januar,³³ Marius „kaum vor März“.³⁴

Obwohl in Sachen der Jupitermondentdeckung Kepler, Scheiner, Fabricius, Riccioli, Gassendi, Johann Dom. Cassini und Huygens Stellung für Galilei beziehen, gilt ungeachtet der Prioritätsfragen die Forschung von Marius inzwischen als eigenständig und unabhängig,³⁵ auch wenn Marius Galileis Ergeb-

33 Ebd., S. 113. Jean Meeus kann zeigen, dass Galilei de facto bereits am 8. Januar jeden Mond einmal gesehen hatte: Galileo's First Records of Jupiter's Satellites. In: *Sky and Telescope* 24 (1962), S. 137–139.

34 Julianisch; Marius: *Mundus Iovialis*, S. 89. Vgl. S. 41: „Gegen Ende Februar und Anfang März hatte ich mir schließlich über die genaue Zahl dieser Gestirne völlige Gewißheit verschafft.“

35 Vgl. Jean A. C. Oudemans und Johannes Bosscha: Galilee et Marius, 1903, S. 115–189.

nisse für seine Forschung herangezogen hat, wie er selbst zugibt.³⁶ Teilweise gelten seine Resultate als präziser als diejenigen von Galilei. Die dafür nötige mathematische Expertise hatte Marius 1610 durch die Übersetzung und Herausgabe der *Ersten Sechs Bücher Elementorum EVCLIDIS* belegt (Titelblatt siehe Abb. 13.3, S. 371).

Es ist trivial, sollte aber im Zusammenhang der Plagiatsvorwürfe nicht unerwähnt bleiben, dass die Ähnlichkeit in vielen Berichten keine Abhängigkeit des Marius von Galilei belegt, sondern in dem gleichen Himmelsanblick begründet ist.

6.6.3 Forschungsergebnisse

Marius bemerkte im Gegensatz zu Galilei, dass die Bahnebene der Jupitermonde gegen die Äquatorialebene des Jupiters wie auch die Ekliptik leicht geneigt ist, wodurch sich die Abweichungen in der Breite erklären lassen. Er stellte auch fest, dass sich die Helligkeit der Monde ändert. Für 1608 bis 1630 berechnete Marius Tabellen. Schon seine frühesten Beobachtungen belegen eine größere Präzision und sind den modernen Werten näher als diejenigen Galileis, was für die Ehrlichkeit von Marius spricht.³⁷

Die Sonnenflecken hielt Marius für Schlacke, die beim Sonnenbrand entstünden und von Zeit zu Zeit von der Sonnenoberfläche in Form von Kometen abfallen. Er fand im November 1611, dass die Bewegung der Sonnenflecken und damit deren Achse zur Ekliptik geneigt ist, und vermutete 1619 erstmals deren Periodizität.

Von den Forschungsergebnissen von Marius möchte ich drei herausstellen, um seine Haltung in der Weltbildfrage zu verdeutlichen.

Gegen Galilei – teilweise auch gegen die Tradition – wendet sich Marius bei der Frage des Funkelns der Sterne. Was bislang schon Vermutung war, wird mit dem Teleskop zur Gewissheit: Die Planeten sind reflektierende Körper, während die Sterne bei jeder Vergrößerung gleichermaßen funkeln und selbst für moderne Großobservatorien nur ausnahmsweise als Scheibchen aufzulösen sind. Dagegen ist Marius überzeugt, dass das Funkeln nicht nur die Fixsterne betrifft, sondern alle Gestirne außer dem Mond.³⁸ Warum er auf diesen Gesichtspunkt so insistiert, zu dem er wohl durch schlechte Linsen verleitet wurde, wird erst im folgenden Abschnitt verständlich, wo er es für sicher erwiesen hält, „*dass auch*

³⁶ Marius: *Mundus Iovialis*, S. 97.

³⁷ Vgl. Bosscha, Johannes: *Simon Marius*. 1907.

³⁸ Marius: *Mundus Iovialis*, S. 45f.

die Fixsterne eine runde Gestalt haben“.³⁹ Es ist das bereits referierte Argument gegen die Copernicaner, wonach die flächige Wahrnehmung der Fixsterne zeige, dass diese im heliozentrischen Weltmodell entweder unermesslich groß oder unermesslich entfernt sind, was beides bislang als absurd galt.

Konsequenterweise ist Marius bestrebt, die Himmelskörper klein und nah zu halten und ihre (geozentrisch) hohe Geschwindigkeit plausibel erscheinen zu lassen. Bezogen auf den Erddurchmesser sei Saturn 3-mal so groß, in den Erddurchmesser passe Jupiter 5, Mars 145, Venus 91 und Merkur 506 mal. Für Regulus („Cor Leonis“) nimmt er an, dieser habe kaum einen viertel Jupiterdurchmesser, sei also „ungefähr viermal kleiner als der Erdboden.“⁴⁰

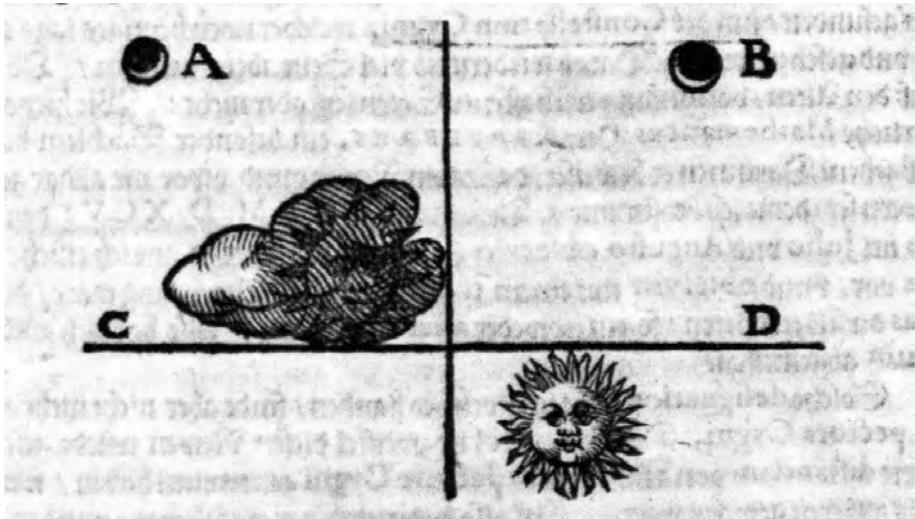


Abbildung 6.11:

Im *Prognosticon auf 1612* (A3r) erklärt Marius die Venusphasen:
links 5. Februar 1611 abends, rechts 25., 26. und 27. Februar 1611 morgens,
CD Horizont, C Occidentalem, D Orientalem
Staatsarchiv Nürnberg

³⁹ Ebd., S. 49.

⁴⁰ Marius: *Prognosticon auf 1613*. Hier ist Marius mit seinen Werten offenbar durcheinander gekommen, was Klug ihm natürlich um die Ohren haut; Klug, S. 477. Einen Auszug des *Prognosticon* gibt dieser auf S. 521–524 wieder.

Seit Winter 1610 auf 1611 beobachtete Marius die Phasen der Venus. Er berichtet dies in einem verlorenen Brief an Nikolaus von Vicke, über den dieser am 6. Juli 1611 (jul.) Kepler wortwörtlich in Kenntnis setzt:

„Drittens werde ich beweisen, daß Venus nicht anders [als der Mond] von der Sonne beleuchtet wird und daß sie gehörnt und halb wird, wie sie vom Ende des vorigen Jahres an bis in den April des jetzigen von mir mit Hilfe des belgischen Perspicilis vielmals und aufs sorgfältigste beobachtet und gesehen worden ist.“⁴¹

Auch in der Widmung vom 1.3.1611 des *Prognosticon auf 1612* gibt sich Marius überzeugt

„Daß also gar kein zweiffel mehr ist / denn das Venus von der Sonnen erleuchtet wird / wie der Mond / Welcher Meinung wol etliche auß den Alten gewesen / aber nie von keinem mit Augen gesehen worden.“⁴²

Demgegenüber unterbleibt im *Mundus Iovialis* jede Erwähnung von Venusphasen. Vielleicht wollte Marius keine weitere Angriffsfläche bieten, da zwischenzeitlich Keplers *Dioptrik* erschienen war. Dort stellt Kepler dem Haupttext eine umfangreiche Vorrede voran, in der erstmals der Ausdruck ‘Mundus Jovialis’ auftritt und mit begeisterten Erläuterungen drei Briefe Galileis u. a. über dessen Entdeckung der Phasen der Venus veröffentlicht werden. Ähnlich wie in seinem 1609 verfassten *Traum vom Mond*⁴³ stellt Kepler in copernicanischer Polemik dar, wie die Bewohner des fremden Gestirns dieses für unbeweglich halten. Anschließen lässt Kepler nun Vikes Mitteilung über das oben genannte Schreiben von Marius an Vicke und bemerkt in der Überleitung:

„Weil aber es in der Wissenschaft niemals an dem Wetteifer oder der Verkleinerungssucht der Nationen fehlt und viele in Deutschland hier die Zeugnisse von Deutschen verlangen werden, teile ich für diese über dieselben Gegenstände den Brief eines Deutschen mit, aus dem zugleich auch das sich erkennen lassen wird, daß es von Galilei nicht übel getan war, daß er für das Seine sorgend seine

41 Kepler, Johannes: *Gesammelte Werke*, Bd. XVI: Briefe 1607–1611, hg. von Max Caspar, S. 383; zitiert ist die deutsche Übersetzung von Wohlwill, S. 380.

42 Marius: *Prognosticon Astrologicum auf 1612*, A3r.

43 Nach Keplers Tod von Jacob Bartsch und Ludwig Kepler herausgegeben als: *Somnium seu opus posthumum de Astronomia Lunari*, Sagan, Francofurti. Herzogliche Druckerei 1634; neu hg. v. Ludwig Günther als *Keplers Traum vom Mond*, Leipzig 1898.

*Erfindungen frühzeitig wenigstens durch Buchstabenrätsel uns nach Prag hin mitgeteilt hat.*⁴⁴

Diese Darstellung hat Marius nicht unbegründet sehr verärgert, musste er doch nun auch bei den Venusphasen als Plagiator erscheinen. Marius spricht die Phasen der Venus nie mehr an; nur im *Prognosticon auf 1627* weist er knapp darauf hin: „[...] *wer ein gut Perspicill hat. Der wird sie kurtz vor der Sonnen Auffgang rund antreffen.*“⁴⁵

Wie dem auch sei, besteht für Marius kein Zweifel daran, dass die inneren Planeten um die Sonne kreisen.⁴⁶ Dieser Umstand bedeutet systematisch eine klare Ablehnung des Ptolemäischen Systems und fordert mindestens das sog. ‘Ägyptische System’, bei dem die Erde von Mond, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn – umkreist wird, und Merkur und Venus die Sonne umkreisen.

Inwieweit Marius nun weiter geht, zeigen seine Messungen an den Jupitertrabanten.

*„Nachdem ich sehr viele Beobachtungen angestellt und die periodischen Umlaufzeiten eines jeden Trabanten möglichst genau erhalten hatte, bemerkte ich noch ein anderes Phänomen: nämlich dass sie im Gleichmaß ihrer Bewegung auf den Jupiter als Zentrum ausgerichtet sind; zusammen mit dem Jupiter aber sind sie nicht auf die Erde, sondern auf die Sonne als Mittelpunkt gerichtet.“*⁴⁷

Auch bei der Formulierung seiner Theorie stellt er fest:

*„Aber meine Beobachtungen [...] beweisen, daß noch eine andere Ungleichheit übrigbleibt und daß Jupiter nicht die Erde, sondern die Sonne als Zentrum hat.“*⁴⁸

Zwei Umstände verhalfen Marius zu diesem erstaunlichen Ergebnis, das wohl kaum im Rahmen der Qualität seiner Linsen und seiner Beobachtungsgenauigkeit lag und dem insbesondere die Annahme kreisförmiger und gleichförmiger Bahnen im Weg stand.

Zum einen geriet im Juni 1610 Galileis *Sidereus Nuncius* in seine Hände, so dass er seine Werte abgleichen und ergänzen konnte.

44 Kepler, Johannes: *Gesammelte Werke*, Bd. IV: Kleinere Schriften – 1602/1611, Dioptrice, hg. v. Max Caspar und Franz Hammer. München: C. H. Beck’sche Verlagsbuchhandlung 1941, S. 353f.; zitiert ist die deutsche Übersetzung von Wohlwill, S. 383.

45 Marius: *Prognosticon Astrologicum auf 1627*, D1r. Auszug in: Zinner, *Zur Ehrenrettung des Simon Marius*, S. 71.

46 Vgl. Marius, *Mundus Iovialis*, S. 41, 87.

47 Ebd., S. 85.

48 Ebd., S. 133.

„Die Möglichkeit aber, dies zu finden, bot mir meine Meinung über das Weltsystem, welche in ihrer Art mit der des Tycho übereinstimmt. Auf diese stieß ich im Winter zwischen den Jahren 1595 und 1596, als ich zum ersten Mal Kopernikus las.“⁴⁹

Das Tychonische Weltmodell begegnete Marius im Herbst des folgenden Jahres als Skizze. Kurz davor soll er 1596 eine Handschrift über sein Weltsystem mit einer Erklärung dem Konsistorium in Ansbach überreicht haben. Diese wird als *Hypotheses de systemate mundi* vermutlich erstmals in Vockes Geburts- und Todten-Almanach Ansbachischer Gelehrten von 1797 erwähnt.⁵⁰ Das Werk gilt als verschollen, manche glauben, es wurde nie veröffentlicht. Im *Mundus Iovialis* teilt Marius nur mit, dass diese Anschauung *„von mir selbst herausgefunden worden ist“*,⁵¹ kann als Zeugen aber nur Personen benennen, die 1614 zumeist bereits verstorben waren.

Dass Marius, der mit seiner Forschung neben Galilei im Besitz des interessantesten Datenmaterials Anfang des 17. Jahrhunderts war, sich nicht in den Dienst des Heliozentrismus stellen wollte, dürfte für Kepler eine große Enttäuschung gewesen sein. Dabei erkennt Marius durchaus die differentielle Bewegung der Jupitertrabanten.

„Ob aber dieses Ansteigen oder Nachlassen der Geschwindigkeit von der Kreisbewegung des Jupiter selbst und allein anhängt oder nicht, gleichwie Herr Kepler [...] schlüssig vermutet hat, ist mir bis jetzt ungewiß und von mir nicht beobachtet.“

Obwohl er deswegen keine Meinung über die Sache äußern will, fügt er unmittelbar an: *„Um aber die Wahrheit zu sagen, ich missbillige völlig diese Methode.“*⁵² Eine Beziehung von Umlaufszeit und Bahnhalbmesser kommt ihm nicht in den Sinn. Wie Galilei ignoriert er zeitlebens alle drei Kepler'schen Gesetze.⁵³ Das für die Zeit eigentlich fortschrittliche Tychonische Weltbild verstellte Marius den Blick auf die Vorzüge des keplerschen Copernicanismus und bringt ihn um die Chance, zu den ganz Großen seiner Zeit aufzuschließen.

⁴⁹ Ebd., S. 99.

⁵⁰ „Marius, oder Mair, Simon.“ In: Vocke, Johann August: Geburts- und Todten-Almanach Ansbachischer Gelehrten, Schriftsteller, und Künstler oder Anzeige jeden Jahres, Monats und Tags, an welchem Jeder derselben gebohren wurde, und starb. 2 Bände. Augsburg: Georg Wilhelm Friedrich Späth 1796–1797, Bd. 2, S. 415.

⁵¹ Marius, *Mundus Iovialis*, S. 101.

⁵² Ebd., S. 65.

⁵³ Auf die Jupitermonde wandten das 3. Keplersche Gesetz erstmals Jeremiah Horrocks (1618–1641) und 1643 Gottfried Wendelin (Godefroy Vendelin, 1580–1667) an. Die präzise Bestätigung gelang John Flamsteed (1646–1719).

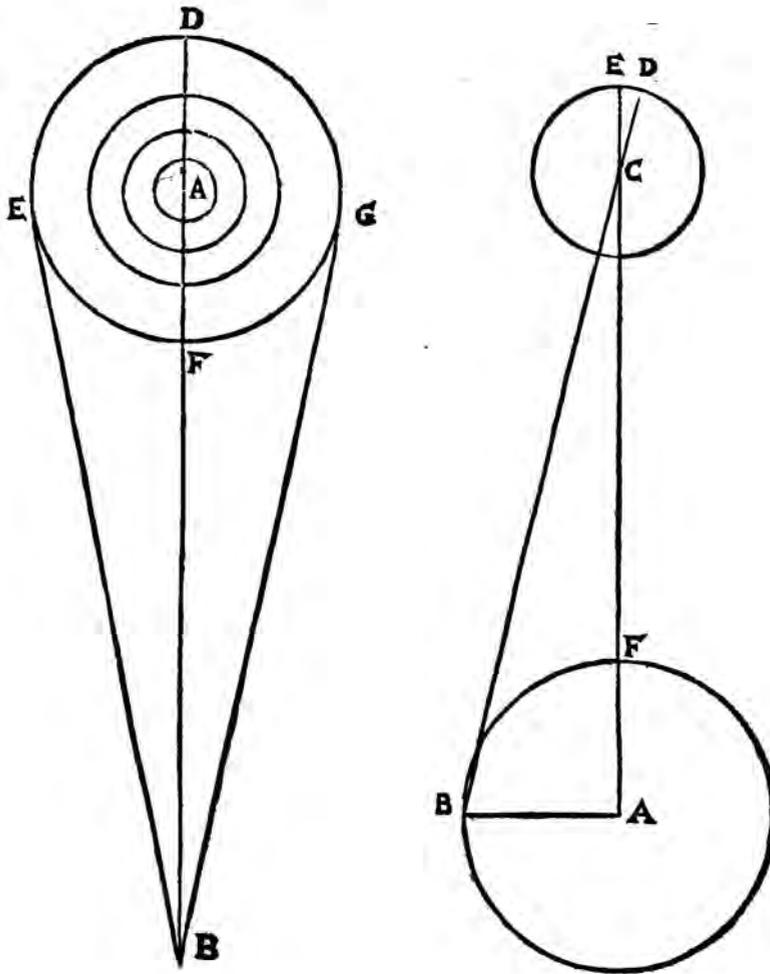


Abbildung 6.12:

Links: Umlaufbahnen und -zeiten der Jupitermonde

Rechts: Ausgleich wegen Sonnenbezug

Abbildung aus: *Mundus Iovialis*. Nürnberg 1614, S. 126 und S. 134.

Stadtmuseum Gunzenhausen (Inv.-Nr. 1787)

Stattdessen sieht er es als seine Aufgabe, die Verträglichkeit einer ruhenden Erde mit den neuen Befunden zu erweisen. Schon im Brief an Nikolaus von Vicke erklärt Marius programmatisch:

„Erstens behaupte ich die Unbeweglichkeit der Erde, wobei Persönliches durchaus ausgeschieden bleibt, vielmehr nur die Argumente gegen die Gründe des Copernicus geprüft werden, die in unserer Zeit Kepler mit dem Paduaner Mathematiker Galilei billigt und ernstlich als zutreffend anerkennt.“⁵⁴

Als Argumente nennt er die Heilige Schrift, die moderate Größe der Himmelskörper, die Venusphasen und die „jovialischen Planeten“. Verständlich empört sich Kepler über eine theologische Beweisführung.

6.6.4 Resümee

Was macht nun den Unterschied aus, warum sich Galilei, Kepler, aber beispielsweise auch Simon Stevin für Copernicus entscheiden, und auf der anderen Seite Simon Marius, Horatio Grassi, Christoph Grienberger, Giovanni Paolo Lembo, Christian Longomontanus, Odo van Maelcote und Christoph Scheiner u. a. bei Tycho bleiben?

Ich denke, es ist der Umstand, dass die Copernicaner auch dynamische Konzepte mitentwickelten. Galilei hat zwar mit seiner verunglückten Gezeitentheorie daneben gelangt, aber mit seinem Beharrungssatz für Kugeloberflächen und dem Fallgesetz hat er der Mechanik wichtige Bestandteile geliefert. Kepler verdankt die Mechanik, dass Kräfte für die Bewegungen der Planetenbewegungen verantwortlich gemacht werden. Damit sind beide dem Newton'schen Kraftprogramm deutlich näher als die Tychoniker, denen die entscheidenden Argumente für den Heliozentrismus fehlen.

6.7 Literaturverzeichnis

Siehe am Ende des Bandes, S. 366 ff.

⁵⁴ Kepler, Johannes: *Gesammelte Werke*, Bd. XVI: Briefe 1607–1611, hg. von Max Caspar, S. 382f.; zitiert ist die deutsche Übersetzung von Wohlwill, S. 380.

6.8 Anhang

Übersetzung von Galileis ersten Tagebucheinträgen seiner Jupitermondbeobachtungen. Aus: Galileo Galilei, *I Pianeti Medicei, Osservazioni* (7 Gennaio 1610 – 29 Maggio 1613). In: Segni, Antonio: *Le Opere di Galileo Galilei*, Nuova Ristampa della Edizione Nazionale, Vol. III, Part 2. Firenze 1964, S. 427 f.
Übersetzt von Adriano Gambato, Nürnberg.

Fußnote zu S. 191

Die folgende Passage wendet sich an den Drucker, wie die Illustrationen zu schneiden sind. Danach wechselt Galilei ins Lateinische. Er weiß, er hat einen großen Fisch an der Angel. Vgl.: Gingerich, Owen und Albert van Helden: From „Occhiale“ to printed page: the making of Galileo’s *Sidereus nuncius*. In: *Journal for the History of Astronomy* **34** (2003), Part 3, No. 116, S. 254; Bredekamp, Horst: *Galilei der Künstler: der Mond, die Sonne, die Hand*. Berlin: Akademie Verlag 2007, S. 115.

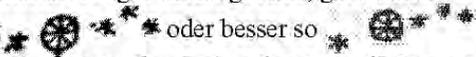
Am 7. Januar 1610 sah man mit dem Fernrohr Jupiter und 3 Fixsterne so  von denen ohne das Teleskop keiner zu sehen war.

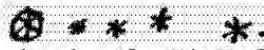
Am Tage 8 erschien es so ; er war also direkt und nicht rückläufig wie die Berechnungen ergeben.

Am Tage 9 war es wolkig. Am 10. sah man sie so , somit der westlichste in Konjunktion und von Jupiter verdeckt wie man glauben könnte.

Am Tage 11 waren sie in dieser Kombination  und der Stern näher an Jupiter war halb so groß wie der andere und ganz nah an dem anderen, wogegen an den anderen Abenden diese besagten Sterne alle drei von gleicher Größe und in gleicher Entfernung voneinander schienen; somit sind um Jupiter herum 3 Wandelsterne, die bis dahin für jedermann unsichtbar waren.

Am Tage 12 sah man diese Gestalt ; der westliche Stern etwas kleiner als der östliche und Jupiter war in der Mitte dazwischen von beiden entfernt ungefähr wie sein \emptyset ; und vielleicht war da auch ein dritter, ganz kleiner und ganz nah an Jupiter gegen Osten. Er war wirklich da, weil ich gründlicher beobachtet habe und weil die Nacht dunkler war.

Am Tage 13 sah man, indem ich das Instrument gut befestigt habe, ganz nah an Jupiter 4 Sterne in folgender Stellung  oder besser so  und alle schienen von gleicher Größe. Der Abstand zwischen den 3 westlichen war nicht größer als der \emptyset von \mathfrak{g} und sie waren untereinander bedeutend näher als die Abende zuvor. Sie standen präzise in gerader Linie wie vorher, aber der mittlere der drei westlichen stand etwas höher oder besser gesagt, der westlichste stand etwas geneigt. Diese Sterne sind trotz ihrer Kleinheit alle sehr leuchtend, wogegen andere Fixsterne, die genauso groß erscheinen, nicht so leuchtend sind.

Am 14. war es wolkig. Am 15. waren sie so . Der nächste an \mathfrak{g} war der Kleinste und die anderen nach und nach größer. Die Entfernung zwischen \mathfrak{g} und den 3 nächsten kleineren war so groß wie der \emptyset von \mathfrak{g} , aber der vierte war in etwa das Doppelte entfernt von dem dritten. Sie bildeten keine genaue gerade Linie wie die Zeichnung zeigt, waren aber wie immer trotz ihrer Kleinheit sehr glänzend, aber sie funkelten nicht wie sie es davor gemacht haben; [als Anweisung an den Holzschneider⁵⁵] so wie man Holz sägt, alles in einem Block, die Sterne weiß und der Rest schwarz, und dann werden die Blöcke in Stücke gesägt.