



André Führer

Die Wandlung des Weltbildes im 16. Jh. unter besonderer Berücksichtigung von Kometenerscheinungen

Vortrag („Gesellschafts-Schein“) im Rahmen der Vorlesung „Zur geschichtlichen Entwicklung der KQ- und L1-Schätzung“ im SS 1998 von Dr. Silvelyn Zwanzig am Institut für Mathematische Stochastik

12.6.1998

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	1
2.	DAS ANTIKE WELTBILD UND URSPRÜNGE DER KOMETENFORSCHUNG	1
3.	RENAISSANCE, KIRCHLICHER EINFLUß UND KOMETENFORSCHUNG DES 15. JH.	4
4.	REFORMATION UND ABERGLAUBE, KOMETEN DER 1530ER JAHRE	5
5.	DAS ENDE DES ALTEN WELTBILDS: DIE NOVA 1572 UND DER KOMET 1577	9
	a) Eine konventionelle Kometenbeschreibung: Nikolaus Wincklers „Cometa Pogonias“ (1578)	9
	b) Das Ende des aristotelischen Weltbildes: Tycho Brahes „De Cometa Anni 1577“ (1578)	12
6.	SCHLUßBETRACHTUNG, NEUERE ERKENNTNISSE	14
	QUELLENVERZEICHNIS	16

1. Einleitung

Die Wandlung des Weltbildes im 16.Jh. das ist in erster Linie eine Veränderung der Vorstellung darüber, welche Stellung die Erde oder auch der Mensch in der Welt haben. Die seit jeher zur Beantwortung dieser Fragestellung herangezogenen Methoden entstammen der Religion, der Philosophie und der Astronomie. Heutzutage ist das Weltbild fast ausschließlich auf die Aussagen der Astronomie und Teilchenphysik gestützt. Religion wird von den meisten Menschen parallel zum naturwissenschaftlichem Denken gehandhabt. Die dabei auftretenden Widersprüche - etwa bezüglich der Schöpfung - werden übergangen oder aber von kirchlicher Seite (insbesondere der katholischen) mit Widerwillen „weginterpretiert“. Beispielsweise wurde erst vor wenigen Jahrzehnten Galileo Galilei rehabilitiert, und auch die Urknalltheorie wurde (erst) 1951 vom Vatikan als verträglich mit der Bibel erklärt, doch solle man den Urknall selbst als Schöpfungsakt nicht weiter untersuchen!¹

Die heutige friedliche Koexistenz von religiösem Leben und naturwissenschaftlicher Forschung stellt einen gewaltigen Fortschritt gegenüber dem Mittelalter dar und gleichzeitig einen Rückschritt in die Antike: Dort wurde versucht, in der Wissenschaft etwas Göttliches zu finden, z.B. den Goldenen Schnitt oder vollkommene Zahlen in der Mathematik, und auch heute scheinen die letzten Geheimnisse des Weltbildes einen Hauch von „Gott“ zu tragen. Die Widersprüche zwischen religiöser und naturwissenschaftlicher Erklärung der Welt und ihres Ursprunges sind indes schwieriger geworden als damals, wo für Aristoteles Mensch und Welt schlicht seit jeher existierten.

Mit der stark wachsenden Macht der Kirche im Mittelalter und dem von ihr beanspruchten Monopol auf Auslegung und Erklärung jeglicher Naturerscheinungen änderte sich die Situation grundlegend. Freie Forschung gab es nicht, so daß Konflikte zwangsläufig entstehen mußten; insbesondere mußte ein neues Weltbild, das den Menschen aus dem Mittelpunkt der Welt entfernte, die Kirche auf den Plan rufen, denn: Der Mensch und die Kirche wären in jedem nicht-geozentrischen Weltbild ihrer religiösen Ausnahmestellung enthoben worden. Auf Basis einer rationalen Daseinsbegründung - womöglich ohne einen Gott - hätte aber die Kirche ihre Existenz oder zumindest ihre Machtstellung eingebüßt.

Nach diesen Vorbemerkungen soll nun die Geschichte der Astronomie in kurzen Zügen bis ins Mittelalter vorgestellt werden, wobei im Vordergrund die Sichtweise von Kometen und die Entwicklung des allgemeinen Weltbildes stehen.

2. Das antike Weltbild und Ursprünge der Kometenforschung

Die ältesten, bekannten Ursprünge der Astronomie liegen im alten *Babylon* und damit bereits im 2. Jahrtausend vor Christus. Über Kometen ist aus dieser Zeit nichts bekannt, laut *Seneca* (4 v. - 65 n.Chr.) wurden Kometen erstmals von den *Chaldäern* im 1. Jahrtausend vor Christus als länglich verformte Planeten auf regelmäßigen Bahnen interpretiert.² Die ältesten gesicherten Kenntnisse sind damit den Griechen zuzuschreiben.

Hier machte sich *Pythagoras von Samos* (570-496 v.Chr.) vermutlich als erster seine Gedanken über Kometen. Diese waren für ihn Himmelskörper, die auf genauen Bahnen und in langen Perioden wiederkehrten. Sie bestünden aus einer 'Fünften Essenz', welche sich von den vier bekannten Weltbauelementen (Erde, Wasser, Luft und Feuer) unterscheidet. Die Vorstellung, daß die Welt aus den vier „Elementen“ Erde, Wasser, Luft und Feuer zusammengesetzt ist, muß wohl als altertümlich angenommen werden und hat sich bis zur Entwicklung der modernen Chemie, also auch bis in die Zeit Tychos hinein gehalten. Alle

¹ vgl. weiterführend [Atk] oder [Haw]

² vgl. [Gri], S.9

Stoffe sind demnach Mischungen der vier Elemente und jedes ist in jedem anderen zu gewissen Bestandteilen enthalten.³

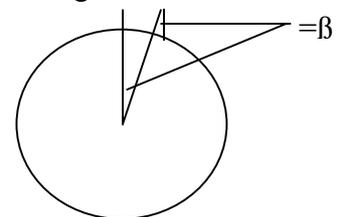
Die Auffassung, daß es sich bei den seltenen Erscheinungen um reale Himmelskörper handele, hielt sich bis zur Zeit eines *Apollonius von Myndius* (um 270 v.Chr.), der als letzter der altgriechischen Gelehrtenwelt diese Meinung vertrat. Doch schon vorher hatte *Aristoteles* (384-322 v.Chr.) eine neue, völlig andere Erklärung für Kometen ins Spiel gebracht.

In seinem Buch über „Meteorologie“ schreibt er über „Kometen und die Phänomene, die auf Entzündung, verbunden mit Bewegung, beruhen“.⁴ Über Entstehung und Wesen der Kometen, von denen er 372 v.Chr. selbst einen gesehen hat, berichtet er: „Wenn nämlich die Erde von der Sonne erwärmt wird, so entwickelt sich mit Notwendigkeit nicht eine einfache Ausdünstung, sondern eine von doppelter Art.“ Dieses Gemisch aus irdischen Dämpfen, die in Höhlen und Sumpfgeländen der Erde entstehen, steigt in die Atmosphäre auf, und wo die Verhältnisse günstig liegen, da flammt es durch Sonnenwärme entzündet auf und wird Luftströmungen bzw. den „Himmelsumschwung“ bewegt, bis die Materie verbraucht ist. „Alles aber vollzieht sich unterhalb des Mondes.“ Als Beweis hierfür führt Aristoteles an, daß die Phänomene langsamer als die Gestirnsbewegungen seien, also müßten sie dichter an der „unvollkommenen“ Elementarregion liegen. Andere Theorien widerlegt er scheinbar: Die „sogenannten Pythagoreer in Italien bezeichnen als Kometen einen der Planeten, der aber nur in großen Zeitabständen erscheine...“ Dies sei falsch, weil alle Planeten die Lehren des *Anaxagoras* (500-428 v.Chr.) und des *Demokrit* (um 460 v.Chr.), daß die Milchstraße das (Eigen-)Licht gewisser Sterne sei, die im Erdschatten sichtbar würden, wird von Aristoteles abgelehnt mit dem Hinweis auf den für diese Entfernungen viel zu kleinen Erdschatten.

Aufgrund seiner philosophischen Autorität, die bis ins späte Mittelalter und noch darüber hinaus als unumstößlich galt, hielt sich Aristoteles (falsche) Weltvorstellung, insbesondere seine Theorie über Kometen als „irdische Ausdünstungen in der Atmosphäre“, sehr lange. Wieso? - Das läßt sich nur schwer nachvollziehen, denn immerhin hatten namhafte Vorgänger und Zeitgenossen andere (und weitaus bessere) Theorien. So hatte schon Aristoteles Lehrer *Platon* (427-347 v.Chr.) erkannt, daß es falsch war, die Erde im Mittelpunkt der Welt anzusiedeln, und bereits *Aristarch von Samos* (310-230 v.Chr.) vermutete aufgrund von Messungen, daß Sonne und Fixsterne feststehen, während die Erde um ihre Achse dreht und um die Sonne läuft! Aristoteles „Vormachtstellung“ in solcherlei Glaubensfragen ist wohl nur mit seinen Leistungen auf den Gebieten der Philosophie und Logik zu erklären.

Als kleines Beispiel dafür, wie lange richtige neben falschen Vorstellungen in der Astronomie existieren können, mag auch folgendes dienen: Bereits im fünften Jahrhundert vor Christus gingen griechische Astronomen und Philosophen - aufgrund der Erfahrungen aus der Seefahrt - von der Kugelgestalt der Erde aus.

Erastosthenes (276-195 v.Chr.) bestimmte offensichtlich auf dieser Annahme basierend den Erdradius, indem er zur gleichen Zeit den Schattenwurf zweier Stäbe an zwei verschiedenen Orten verglich. So konnte er den Winkel β (vgl. Skizze) und damit den Erdradius ermitteln.



Dennoch hielt sich im Volk die Meinung, die Erde müsse eine Scheibe sein, weil man ja sonst „herunterfallen“ würde. Bekannterweise hielt sich diese Vorstellung bis zu Zeiten eines Kolumbus.

³ Beispielsweise erklärt Aristoteles das Brennen eines Gegenstandes mit der Anwesenheit von Feuer in diesem Gegenstand. ###

⁴ Hier und im folgenden bezieht sich die Engschrift auf Zitate aus [Ari], Buch I, 338b-345a

Doch zurück zum antiken Weltbild. Die römische Hochkultur nimmt sogar wie keinen Einfluß auf Astronomie oder Kometenforschung. Lediglich Sammelwerke wie die 37-bändige „Naturalis Historia“ *Plinius des Älteren* (23-79 n.Chr.) beschreiben etwa verschiedene Formen von Kometen und tragen durch die kriegerischen Namensgebungen („Schwertstern“ etc.) zur Bildung des Aberglaubens an Kometen als Unglücksboten bei.

Das zentrale astronomische Nachschlagewerk des gesamten Mittelalters wird dann aber der von *Claudius Ptolemäus* (2.Jh. n.Chr.) verfaßte „Almagest“, in dem das allgemein anerkannte geozentrische Weltbild formuliert und - in Einstimmung mit Aristoteles - Kometen gar nicht erst behandelt werden. Ein wesentlicher Bestandteil des Almagest ist die Anordnung der einzelnen Sphären, in denen sich die Planeten und Sterne bewegen. Ptolemäus klassische Weltvorstellung einander enthaltender Kugelsphären zeigt die folgende Abbildung: Im Zentrum befinden sich die „dichten Elemente“ Erde und Wasser, eingebettet in die umliegende Luft, welche wiederum von der Feuersphäre begrenzt wird. Schließlich folgen die einzelnen Sphären für den Mond und die Planeten in der Reihenfolge Merkur-Venus-Sonne-Mars-Jupiter-Saturn⁵ und zuletzt folgt die achte Sphäre für die Fixsterne.

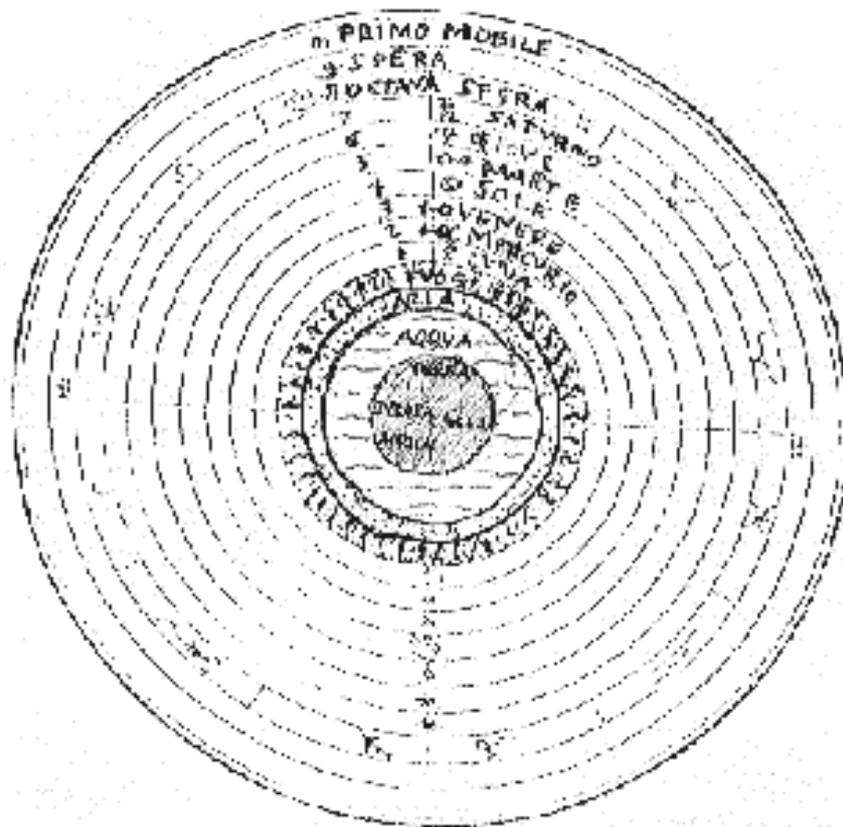


Abbildung 1: Das geozentrische Ptolemäische Weltbild (aus: [Gri], S.12)

Nach dem Almagest ist es für mehrere Jahrhunderte ruhig in der europäischen Astronomie; das Interesse kehrt erst im 15.Jh. zurück. Ursache hierfür war die im 14.Jh. in Italien aufkommende Renaissance, die „Wiedergeburt“ antiken Kulturgutes, welche sich im letzten Drittel des 15.Jh. ins übrige Europa verbreitete.

⁵ Die richtige Anordnung der Planeten ist: Sonne-Merkur-Venus-Erde/Mond--Jupiter-Saturn(-Uranus-Pluto).

3. Renaissance, kirchlicher Einfluß und Kometenforschung des 15.Jh.

Die Renaissance war in vielfältiger Weise verantwortlich für das neue Denken des 15.Jh. und 16.Jh. und das Wiederaufkommen astronomischer und sonstiger Forschung. Neben der Wiederentdeckung antiken Kulturgutes bewirkte die Renaissance in Form des Humanismus und der Aufklärung das Erkennen der eigenen Vernunft und ermöglichte so die Lösung aus der Vormundschaft der damals allmächtigen Kirche. Wegen ihrer enormen Bedeutung soll die Situation der Kirche in dieser Zeit noch etwas eingehender dargestellt werden.

Schon zu einem frühen Zeitpunkt der Renaissance kommen in der Kirche die sogenannten „Renaissancepäpste“ an die Macht, deren vornehmliche Ziele nicht mehr religiöser Natur sondern purer weltlicher Machterhalt sind. Dem wachsenden Prunk und Reichtum steht eine immer schlechter ausgebildete Priesterschaft gegenüber, denn bei der Pfründenvergabe wird nicht mehr nach Qualifikation, sondern nach Machtgesichtspunkten entschieden. Ausgerechnet im 15.Jh. mit dem bildungsmäßigen Niedergang des Klerus setzt nun aber ein regelrechter „Religionsboom“ in Deutschland ein. Bedingt durch die wachsende Armut und Elend in der breiten Bevölkerungsschicht sucht man zunehmend Trost und Ablenkung vom harten Alltag und findet diesen in kirchlichen Heilsversprechungen. Die mittlerweile nur noch selten gut ausgebildete Priesterschaft kann jedoch diesen Trost nicht spenden. So kommt es zu einer wachsenden Unzufriedenheit, in der sich die Menschen ihre eigenen Glaubensvorstellungen - insbesondere abergläubische Gedanken - machen.

Diese angespannte Lage voller Aberglauben mußte zwangsläufig dazu führen, daß Kometen als ganz außergewöhnliche Erscheinungen unbedingt einer Auslegung bedurften, die fast ebenso zwangsläufig in die Richtung von „Wunderzeichen“ oder „Zorn Gottes“ ging. Die ersten quantifizierten Aufzeichnungen über Kometen stammen zwar schon aus den Jahren 1264 bzw. (auch zeitliche Quantifizierung) aus den Jahren 1299/1301, jedoch erst im 15.Jh. werden systematische Beobachtungen angestellt.⁶

Bedeutende Aufzeichnungen über die Kometen der Jahre 1433, 1449/50, 1456, 1457 und 1472, die jedoch erst 1864 wiederentdeckt wurden, machte *Paolo dal Pozzo Toscanelli* (1397-1482, der auch einer der Ratgeber Kolumbus' war. In Deutschland versuchte als erster *Georg Peuerbach* (1423-1461), die Entfernung eines Kometen von der Erde zu bestimmen, indem er die Parallaxe schätzte. Dabei kam er (1456) auf einen Wert von 5° , was angesichts einer Mondparallaxe von etwa 1° völlig obskur erscheinen muß, jedoch mit der damaligen Auffassung von Kometen als atmosphärische Erscheinungen sehr gut zusammenpaßt.⁷

Eine neue Qualität gewinnt die Kometenforschung durch die Entwicklung bzw. Verwendung mathematischer Methoden zur Positionsbestimmung von Kometen; hervorzuheben ist hier das 1531 veröffentlichte Buch „*Problemata Sedecim*“ des Johann Müller, genannt *Regiomontanus* (1436-1476). In dem Buch wird eine Technik zur Bestimmung der Kometen-Entfernung durch Parallaxen beschrieben, die aber vermutlich auf einen Züricher Stadtphysikus zurückgeht. Mangels genauerer Instrumente konnten Regiomontanus und seine Nachfolger die Methode nach dem großen Kometen von 1472⁸ nicht mehr ausprobieren. Die Prüfung der Methode blieb Tycho Brahe mit seinen wesentlich genaueren Instrumenten vorbehalten.

Anbei ist zu bemerken, daß mit der beginnenden Hochseeschifffahrt (vgl. Kolumbus 1492) die Beschreibung von Himmelsbewegungen und die Erstellung von Sternenkatalogen zum vordringlichsten „mathematischen“ Problem der Zeit wurde.

⁶ vgl. [Kok], S.13 f.

⁷ vgl. [Jer], S.217

⁸ Beim Kometen von 1472 hätte man vermutlich auch mit ungenaueren Meßinstrumenten die Berechnungen durchführen können, denn dieser hatte etwa Mondgröße und einen Schweif, der sich über 36° in der Länge erstreckte.

4. Reformation und Aberglaube, Kometen der 1530er Jahre

Nachdem im vorigen Kapitel bereits auf das gesteigerte Bedürfnis der Menschen nach Heilsversprechungen hingewiesen wurde sowie auf die mangelnde Fähigkeit der Kirche, diesem Bedürfnis nachzukommen, verschärft sich die Lage am Ende des 15.Jh. und Anfang des 16.Jh. und findet ein Ventil in der wachsenden Anzahl von Hexenprozessen.⁹ Die alltägliche Suche und Verbrennung von vermeintlichen Hexen, Zauberern und Ketzern reicht auch durch die Zeit *Martin Luthers* hindurch, der mit seinem Thesenanschlag 1517 die Reformation einleitet. Der 1555 geschlossene Augsburger Religionsfrieden, der den Reichsständen die Glaubensfreiheit zugestand, war nur das scheinbare Ende der Auseinandersetzungen, die sich bis weit ins 17.Jh. hinein erstreckten, wie man auch dem Dreißigjährigen Krieg 1618-1648 entnehmen kann. Der damalige Glaubenswahn ist heute kaum mehr nachvollziehbar und trug vor allem in Deutschland kuriose Blüten, denn ihm gegenüber begann die Naturwissenschaft ihre ersten großen Erfolge zu feiern - noch nicht so sehr auf dem Gebiet der Astronomie wohl aber auf dem der Medizin durch den weitbekannten *Paracelsus*.

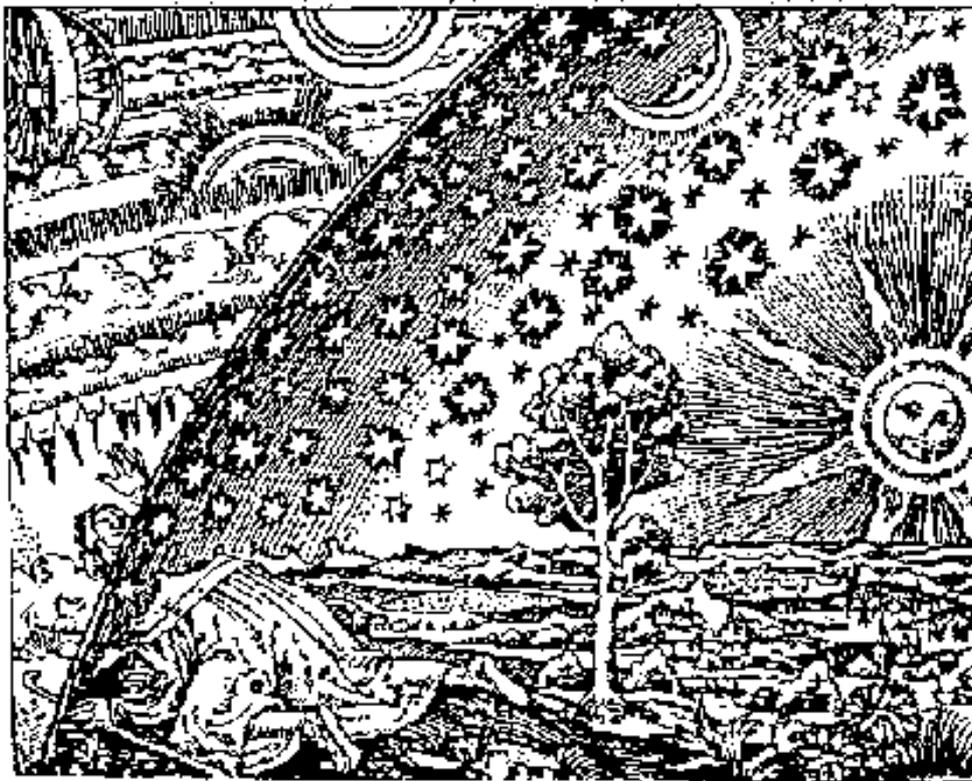


Abbildung 2: Der „Blick hinter die Kulissen“, Ausdruck neuen Erkenntnisstrebens

Paracelsus (1493-1541) war wohl die schillerndste und „aufgeklärteste“ Persönlichkeit dieser Zeit. Eines seiner großen (nichtmedizinischen) Verdienste ist es, die schon aus dem späten Mittelalter bekannte „Lehre von den zwei Lichten“ ins Deutsche übersetzt und verbreitet zu haben. Danach erscheint die Offenbarung Gottes in zwei Formen, dem *lumen fidei* (Licht des Glaubens) und dem *lumen naturale* (Licht der Natur). Letzteres ist der Mensch zu schauen fähig, und die Lehre besagt, daß man durch den Versuch, die Natur zu erforschen, die Gedanken Gottes selbst nachvollziehen und ihm damit näher sein könnte. Diese Argumentation sollte den Mächtigen der Kirche, die stets darauf bedacht waren, alle Forschung und Entdeckung *außerhalb* der kirchlichen Anschauung als gotteslästerlich

⁹ vgl. Erlaß des „Hexenhammers“ im Jahre 1487

darzustellen, die Angriffsfläche entziehen. Nichtsdestotrotz wurde Paracelsus mit dem Teufel in Verbindung gebracht, denn dieses neue Denken war den meisten suspekt. Gerade die Andichtung des Teufels aber steigerte noch das Interesse an seiner Person, so daß er zu einer mystischen Gestalt verklärt wurde. Mit hoher Wahrscheinlichkeit hat er Pate gestanden für die Figur des *Johann Faust*, der uns aus dem 1587 erschienenen und später (ab 1770) von Goethe verarbeiteten „Volksbuch vom Doctor Faust“ bekannt ist, wo es heißt:¹⁰

Der sagenhafte Faust verbündete sich, um seinen Wissensdurst zu stillen, mit dem Teufel, den er nach Hölle und Himmel, *dem Lauf der Gestirne*, den Jahreszeiten und nach *astrologischen Zusammenhängen* befragte. Es heißt, Faust hatte sich „fürgenommen, die Elementa zu spekulieren“; und an anderer Stelle: „Dem trachtet er Tag und Nacht nach, nahme an sich Adlerflügel, wollte alle Grund am Himmel und Erden erforschen...“. Dieses - auch in Goethes „Faust“ wiederkehrende - Motiv beschreibt vielleicht am besten die Situation jener Zeit, in der sich Mystizismus, Alchemie und Erkenntnisstreben so nahe waren.

In eine solch verworrene und von Aberglauben erfüllte Welt fallen nun in kurzer Folge fünf Kometen in den Jahren 1531, 1532, 1533, 1537/38, 1539, die allerlei Anlaß zu Spekulationen geben. In der Regel als Unglücksboten und Gotteszeichen angesehen,¹¹ sieht sich die Fachwelt zu Beschreibungen und astrologischen Deutungen genötigt und gleichzeitig entstehen für das aufblühende, schriftkundige Bürgertum deutschsprachige Flugblätter mit teilweise pseudowissenschaftlichen Inhalten:

**Ein erschredlich wunderzeichen/von zweyen Ervidemen/
welck gechehen seind zu Hoffanua vnd Constantinopel/
Im M. D. L. VI. Jar.**



**Abbildung 3: Der Komet von 1556 soll für zwei Erdbeben verantwortlich gewesen sein
(aus: [Gri], S.17)**

Schon Paracelsus hatte angesichts der Veröffentlichungen zu dem Kometen von 1531 Stellung bezogen. Erfolglos wettete er als einer der ersten gegen den Kometenaberglauben:

¹⁰ vgl. [Tru], S.470 ff.

¹¹ Auch Luther glaubte, trotz Verurteilung des Aberglaubens, an die Unglücksbedeutung (vgl. [Gri], S.14).

„Sehend an die artzney, wär macht den krancken gsund: der Arzet nitt, noch auch das krut nitt. Das jn gsund machet, hat nye kein mensch gsehen. die Artzny gadt zum muind yn, durch den buch wider uß. Das aber hilft, gsicht niemants. Also ists auch mit den obern dingen, die es ußlegend, habends nie gsehen.“¹² Fazit: Die Leute, die am wenigsten gesehen haben, wissen am meisten zu berichten!

Doch gab es auch einige Astronomen, die - wenn man einmal von den seinerzeit üblichen astrologischen Deutungen absieht - seriöse Untersuchungen anstellten. Zu nennen sind hier *Peter Apian* (1495-1552), der Hofmathematiker Karls V., der das „Schweifrichtungsgesetz“ aufstellte, wonach der Schweif eines Kometen immer der Sonne abgewandt ist. Besonders im Bereich der Fehlerschätzung hat sich *Reiner Gemma Frisius* (1508-1556) hervorgetan, der vergleichende Betrachtungen von Justierungs- und Gerätefehlern anstellte; insbesondere begründete er fundiert die später von Brahe und vorher von anderen verwendete Methode der Positionsbestimmung durch Anschluß an benachbarte Fixsterne.¹³

Einen weiteren Meilenstein in der Astronomie legte dann aber *Nicolaus Kopernikus* (1473-1543), als er 1543 sein heliozentrisches Weltbild veröffentlichte (vgl. Abbildung 4). Obwohl er damit erstmalig die Planetenbahnen richtig erklärte, blieb er bei Kometen dennoch der alten aristotelischen Erklärung als atmosphärische Erscheinungen verhangen.



Abbildung 4: Das heliozentrische Kopernikanische Weltbild (aus: [Gri], S.16)

Trotz seiner enormen Bedeutung änderte das Erscheinen des Kopernikanischen Weltbildes im großen und ganzen nichts. Man blieb - auch unter dem Druck der Kirche¹⁴ - dem alten traditionellen Modell treu, so daß sich nur wenige Gelehrte überhaupt mit dem neuen Modell

¹² Zitiert nach [Gri], S.129

¹³ [Kok], S.149

¹⁴ vgl. auch unten die Verbrennung des Giordano Bruno 1599

beschäftigten. Einer von ihnen war *Erasmus Rheinhold* (1511-1553), der Lehrer von *Nikolas Winckler*. Er berechnete Planetentafeln und stellte dabei fest, daß sie mit dem neuen Kopernikanischen Weltbild besser erklärbar waren bzw. erklärbar blieben.

Entscheidende Impulse gegen das alte Weltbild kommt erst *Tycho Brahe* (1546-1601) bringen, begünstigt durch einen Zufall, wie er nur alle paar hundert Jahre eintritt, nämlich die Supernova im Jahre 1572. Seine Schlußfolgerungen werden im folgenden Kapitel ausführlich gebracht, hier sollen nur ein kurzer biographischer Abriß und die Entdeckungen im Überblick wiedergegeben werden.



Abbildung 5: Tycho Brahe auf seiner Sternwarte Uranienburg (aus: [Gri], S.20)

Mit der Entdeckung der Supernova 1572 widerlegt Brahe die Theorie der „unveränderlichen Fixsternsphäre“.¹⁵ Der dänische König Friedrich II. überläßt Brahe daraufhin die Insel Hveen (heute: schwedisch, Ven) zum Bau der Sternwarte Uranienburg, die 1580 fertiggestellt wird. Nach dem Tod des Königs 1596 werden Brahe die Mittel gestrichen und er geht im Zorn als Hofastrologe Rudolfs II. nach Prag. Dort hatte bereits 1577 sein Kollege *Hagecius* parallel zu Tycho den Kometen des Jahres 1577 beobachtet. Aus den gemeinsamen Daten berechnet

¹⁵ Brahe hat sie Supernova zwar nicht als erster entdeckt, aber als erster einen Erklärungsversuch unternommen; vgl. [Gri], S.21

Tycho unter Verwendung von Regiomontans 9. Problem aus zeitlich¹⁶ verschiedenen Beobachtungen den Parallaxwinkel und die Entfernung des Kometen.¹⁷ Seine Schrift „De cometa anni 1577“ rechnet ab mit der aristotelischen Kometenerklärung und im Grunde hat Tycho auch die Daten, das geozentrische Weltbild zu widerlegen; doch dieses Erkenntnis bleibt seinem Nachfolger in Prag, *Johannes Kepler*, vorbehalten, wie später noch erörtert wird.

5. Das Ende des alten Weltbilds: Die Nova 1572 und der Komet 1577

a) Eine konventionelle Kometenbeschreibung: Nikolaus Wincklers „Cometa Pogonias“ (1578)

Nikolaus Winkler (1529-1613) war ein Zeitgenosse Tycho Brahes, er wirkte in Schwäbisch Hall als weithin angesehener Arzt und Gelehrter, so daß sich vermutlich auch um ihn ähnliche Geschichten wie um Paracelsus rankten.¹⁸ Anders als seine Nachfahren und als der protestantische Brahe war Winckler in den 1570er Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit noch fest im katholischen Glauben verwurzelt - das läßt jedenfalls seine Abhandlung „Der Schweifkomet“ (cometa pogonias) vermuten, die sich mit dem seit November 1577 über Europa sichtbaren Kometen beschäftigt, den auch Brahe beobachtet hat. Im folgenden soll der Inhalt dieser 22-seitigen Abhandlung wiedergegeben werden, wobei insbesondere die Argumentation unter Berufung auf angesehene Autoritäten im Vordergrund steht, welche Vergleichspunkte für die kontroverse Darstellung Brahes liefert.

Winckler rechtfertigt zunächst seine Beschäftigung mit dem Kometen - dem „Phänomen“¹⁹ - als Abwechslung von der alltäglichen Arbeit, die ihm zur „Wiederherstellung der Kräfte“ diene, und als notwendige religiöse Aufgabe, gemäß einer Aussage des Alten Testaments: „Aus der Großartigkeit und Schönheit der Kreatur kann wie im Bilde der Schöpfer erblickt werden.“ Winckler folgt hiermit - bewußt oder unbewußt - der auf Paracelsus zurückgehenden Weltanschauung von den zwei Lichten. Gleichzeitig zeigt Winckler durch Verweis auf diese Sichtweise, daß sich scheinbar die paracelsische Sichtweise im Laufe des 15.Jh. in der Schicht der Gelehrten (zumindest teilweise) durchgesetzt hatte. Der Versuch, Gott in seinen Werken zu erblicken, mag ein wesentlicher Grund für die geradezu zwanghaften astrologischen Deutungen von Kometenerscheinungen gewesen sein: Es galt, den Willen oder die Hinweise Gottes aus natürlichen Erscheinungen heraus zu erkennen.

Der Hauptteil der Wincklerschen Arbeit gliedert sich in drei Kapitel: 1. Eine Beschreibung des Kometen hinsichtlich Leuchtkraft, Bewegung und Entfernung; 2. das Wesen und die Entstehung von Kometen; und 3. die (obligatorische) astrologische Deutung.

Im ersten Kapitel schreibt Winckler von der Erscheinung eines neuen Phänomens am 12. November²⁰ 1577 um 5.20 Uhr, welches er als *Komet* klassifiziert, was er „mit der Autorität des Aristoteles beweist“. Der „Beweis“ besteht darin, daß die aristotelische Beschreibung den nun folgenden Beobachtungen über Leuchtkraft und Bewegung des Phänomens nicht widerspricht („Wenn nun diese Ansicht des Aristoteles auf unser Phänomen richtig

¹⁶ Die Zeitmessung war mittels „Sternenuhr“ (instrumentum siderale) minutengenau möglich. Für ein festes Datum wurde die Zeit aus einem Winkel abgelesen, den die Verbindungslinie zwischen Polarstern und hinterem Stern des großen Wagens schuf; vgl. [Kok], S.43

¹⁷ [Jer], S.227

¹⁸ [Win] vermutet sogar, er könnte der geschichtliche Faust gewesen sein. Dies ist aber unwahrscheinlich, denn zum einen war Paracelsus sehr viel bekannter und [Tru] weiß außerdem von einem geschichtlichen *Faust* zu berichten, der ein herumreisender Halbgelehrter (also nicht Nikolas Winckler) gewesen sein soll.

¹⁹ Hier und im folgenden eng geschriebene Textstellen sind entnommen aus [Win].

²⁰ Nach dem 1582 eingeführtem Gregorianischen Kalender also der 22. November.

ist. Nach einigen sehr kurzen und genauso unvollständigen Bemerkungen schließt Winckler seine Beobachtungen mit einem Blick in die „Tafel der Parallaxen“, wo er vermutlich die Mondparallaxe um $1^{\circ} 20'$ kleiner findet als die von ihm bestimmte Parallaxe des Kometen. Er „verkünde[t] daher frei, daß dies unser Phänomen unter der Sphäre des Mondes in der Elementarregion seinen Platz hat, und daß es vom Erdmittelpunkt 6872 Milliarum²¹ und ein paar Schritte weg ist...“.

Der folgende Teil ist nun weniger für die eigentliche Kometenbeobachtung aber unbedingt für die Beurteilung von Winckler interessant. Man erkennt, daß er sich selbst in einem Widerspruch befindet zwischen aristotelischer Erklärung und eigenem Denken. Zunächst beginnt er mit einem weiteren Plädoyer für die aristotelische Kometentheorie: „Außerdem darf man die Schriften der Alten nicht schmähen oder für falsch halten, indem man sich wirklich nicht vorstellen kann, daß so große Weise so ungebildet und unkundig in der Astronomie gewesen seien, daß sie einen Kometen von den 5 Planeten nicht hätten unterscheiden können...“ Dann aber besinnt er sich plötzlich auch der anderen antiken Denker und schreibt: „Ähnlicherweise sollte man auch die Meinung des Anaxagoras oder des Demokrit nicht ganz zurückweisen, die den Kometen einen Zusammenlauf vieler Sterne ... nannten.“ Weil aber schon Aristoteles dieser Auffassung widersprochen hat, schiebt Winckler gleich hinterher, daß das „irgendwie zugegeben werden [kann], wenn sie erkannten, daß dies nur bei solchen geschehe, die innerhalb des Tierkreises und der Milchstraße (die nichts ist als ein Feuer von Fixsternen) bei irgendeinem der Planeten gesehen wurden.“

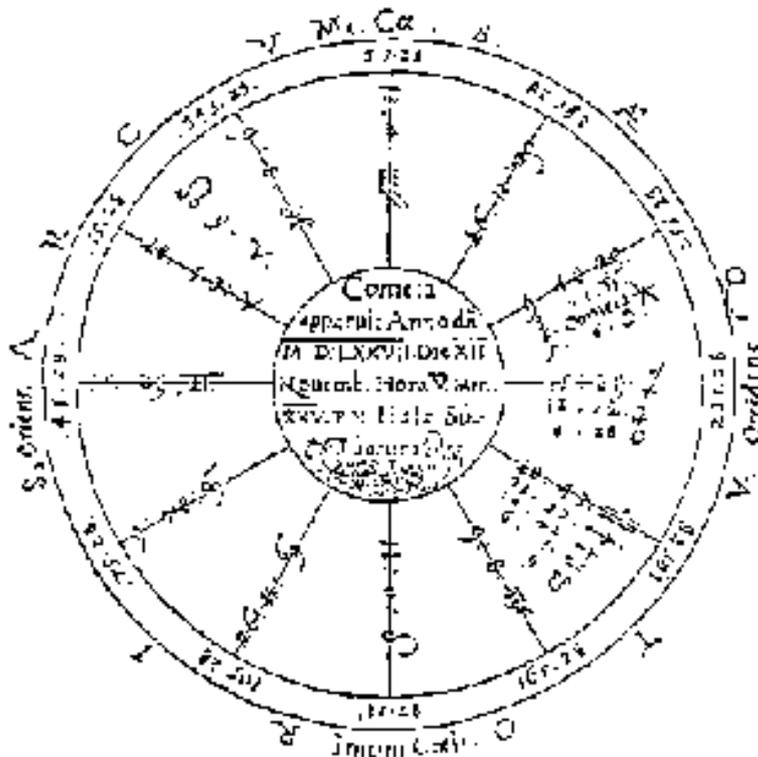


Abbildung 7: Beschreibung der Kometenbahn durch die Sternzeichen (aus: [Win])

Nach einigen kurzen Angaben zur Bahn des Kometen, welche in der obigen Abbildung des Himmelskreises zusammengefaßt sind, geht Winckler im zweiten Kapitel seiner Abhandlung auf die Ursache oder Entstehung des Kometen ein. Als elementare (d.h. erdnahe) Erscheinung

²¹ Ein Milliarium sind ungefähr 1,5 Kilometer.

müssen auch elementare Ursachen für den Kometen ausgemacht werden. Winckler geht auf die neueren Meinungen ein, nach denen Kometen „geheime Werke Gottes“ seien, und schließt sich dieser Auffassung teilweise an, da sie auch in der Antike bei Hipparch schon zu finden ist. Außerdem würde eine andere Meinung bedeuten, Gottes Allmacht in Frage zu stellen. Um jedoch auf die aristotelische Erklärung von Kometenerscheinungen zurückzukommen, konstruiert Winckler folgende Beweiskette:

Gott hat „nichts vergebens oder unüberlegt geschaffen“. => Kometen können grundsätzlich auch aus natürlichen Ursachen entstehen. => Als Objekte der Elementarregion werden sie in der Regel aus natürlichen Ursachen, also - wie Aristoteles schreibt - aus „trockenen Ausdünstungen“ entstehen. Diese Ausdünstungen würden hervorgerufen durch Planetenkonstellationen: „Mars, Saturn und Merkur, welche allesamt oder wenigstens zum größten Teile miteinander verbunden giftige bzw. verdorbene, für Kometen geeignete Materie an sich ziehen.“ Auch diese Theorie bringt Winckler in Einklang mit Aristoteles Weltanschauung, der schrieb, „daß die Himmelskörper auf dreifache Weise auf diese unteren hier einwirken...“

Schließlich folgt das letzte Kapitel zur detaillierten astrologischen Bedeutung des Kometen, wobei sich eine recht distanzierte Meinung Wincklers zur Astrologie in seinen Schlußworten zeigt: „Wer immer diese oder andere Vorhersagen liest, soll also, bevor er sich darüber lustig macht oder sie verkündet, sie demnach so verstehen, daß die Gestirne Abweichungen zeigen, aber nicht mit Notwendigkeit eine bestimmte Wirkung hervorbringen.“

b) Das Ende des aristotelischen Weltbildes: Tycho Brahes „De Cometa Anni 1577“ (1578)

Tycho Brahe machte, wie schon oben kurz ausgeführt wurde, Schluß mit dem aristotelischen Weltbild. Der Schlüssel zum Erfolg waren seine sehr genauen Instrumente und Beobachtungen.

Seine 1578 erschienene Streitschrift ist in 10 Unterkapitel eingeteilt, deren letzte 4 sich mit der astrologischen Deutung beschäftigen und sich daher nicht wesentlich von traditionellen Kometenbeschreibungen unterscheiden. Einzig die Feststellung, daß Kometen eigenständige Erscheinungen sind, die nicht mit Sonnen- oder Mondfinsternissen zusammenhängen ist hervorzuheben („...die Cometten haben nicht vhrsprung oder bedeutung von ainichem natrürlichen lauff deß gestirens auch von kainer finsternus an Son oder Mon, sonndern sie sein ein neues vnnd vbernatrürlichs geschepff von gott dem Allmechtigen zu seiner zeit an den himel gestelt...“).²²

Interessanter gestalten sich die ersten 6 Kapitel. Brahe geht in der Einleitung von einer Zusammensetzung der Welt aus den vier Elementen Feuer, Luft, Wasser und Erde aus, die in Sphären unterhalb des Mondes angeordnet sind, und er bleibt bei dem geozentrischen Weltbild, denn er schreibt: „...vnd inn dem Centro oder mittel punctt deß ganntzen himmels ist die erden vnnd wasser rund wie ain kugell zusammen befestiget...“. Die Menschen würden sich normalerweise nur um irdische Belange kümmern, wenn aber etwas Neues, etwa ein Komet, auftaucht, dann glaubten alle an ein Wunder und so hätten sich Philosophen aller Zeiten „sehr darinnen bemücht umb zu wissen, was solche stern für ain uhrsprung natur vnnd eigenschafft haben“, wo sie soch nur manchmal am Himmel erscheinen und schnell wieder verschwinden. Tycho gibt nun im einzelnen die bisherigen Erkenntnisse über Kometen wieder:

²² Hier und im folgenden eng geschriebene Textstellen sind entnommen aus [Bra].

- Pittagorici, Demokrit und Anaxagoras dachten, daß Kometen im Himmel geboren würden und besondere Sterne seien, die der Erde nur manchmal so nahe kommen, daß sie gesehen werden können.
- Aristoteles meint, daß *nichts* im Himmel geboren wird oder verschwindet, daher müßten Kometen im oberen Teil der Luft geboren werden und dichter an der Erde liegen als der Mond. Sie bestehen aus einer „drocknen vnnnd faisten matteri“, die aus der Erde von den Gestirnen hochgezogen und von ihnen entzündet wird, bis sie verbrannt ist.

Tycho schreibt weiter, daß diese letzte Auffassung lange Bestand hatte und erst in den letzten Jahren, nach Erscheinen der (unbeweglichen) Supernova am Himmel langsam angezweifelt würde, und dann „läßt er die Bombe platzen“:

„wie ich in meinem buchli von den selbegen stern genuegsamb erwisen vnnnd demonstriert hab, vnnnd ettliche hocherfarne Mattematici bede in Deuschlanndt vnnnd ander nattion auch mit iren obseruationibus vberainsstimmen, das der selbige stern sei in dem himmel gestanden bei den anndern fixe stern. Dises Miraculo hatt gemacht, das vil haben müssen dem Aristottele abfallen vnnnd ain andere mainung annemen...“

Damit sei es nun grundsätzlich erwiesen, daß im Himmel neue Dinge, also auch Kometen, entstehen können, doch damit nicht genug, Brahe holt zum finalen Schlag aus:

„...ich auch in disem jetzigen Cometten durch vleißige obseruation vnnnd demonstrattion erfahren, das der selbige weit vber den Mon inn dem himel sein orth vnnnd gang gehabt, wie hernach an seinem orth soll angezaigt werden. **Darumb ist die mainung Aristottelis ganntz falsch**, das er für gibt, die Cometten werden von der erden in die luft aufgezogen,... **dann er hatt dises aus einem guet geduncken vnnnd aus kainer mattematischer obseruation oder demonstrattion bewisen...**“

Tycho Brahe geht jedoch nicht soweit, den Kometen eine völlig wissenschaftliche Begründung zu geben, im Gegenteil: Da Kometen nunmehr in den „ewigen“ Himmel verlagert wurden, muß ihr Erscheinen umso wunderbarer geachtet werden, und der menschliche Verstand könne nicht in der Lage sein zu erklären, aus was Kometen bestehen. „Darumb sollen die philosophi nicht so vnnützlich streitten von den sachen, die si nit zermessen wissen, sonndern vil mehr vnnsre ignorantia modeste bekennen...“.

Das erste Erscheinen des Kometen datiert Tycho Brahe auf den Abend des 11. November 1577, seine Beobachtungen beginnt er jedoch erst am 13. November, weil der Himmel vorher nicht klar genug war. Es folgt eine kurze Zusammenfassung seiner Meßergebnisse über Positionen und Verlauf des Kometen, bevor er eine Erklärung für den Kometenschweif liefert. Aus der Tatsache, daß „diser Comet seinen schwantz allzeit gerad von der Sonnen abgewendet wie alle anndere Cometten, die von Regiomontano, Apiano, Gemma Frisio vnnnd Frascastorio vor vil jaren obseruiert worden, auch gethon, vnnnd alle den schwantz von der Sonnen abgewendt haben“, schließt Brahe, daß es sich beim Schweif um Sonnenstrahlen handeln müßte. Der Komet sei porös und die durchstrahlende Sonne ergäbe den Schweif. Und wiederum konnte „Aristoteles sampt allen denen, die im nach folgen, mit irer mainung nit bestehen“, daß es sich um eine Flamme handele, die im Himmel brennt, denn dann müßte sie von der Sonne unabhängig sein.

Als erster gibt Tycho Brahe eine verlässliche Erdentfernung eines Kometen an, nicht ohne auch hierbei noch einmal einen Seitenhieb auf die Aristoteliker zu verteilen, die „allain auß subtilen argumenten“ und nicht aus der „augenscheinlich obseruation durch correcta instrumenta“ geschlossen haben. Auf den Abstand könne mittels der Parallaxe geschlossen werden, die entgegen früheren Abhandlungen deutlich kleiner als die des Mondes war, nämlich kleiner als 15 Bogenminuten, was einer Mindestentfernung des Kometen von 230 Erdradien entspricht. Demgegenüber habe der Mond in seiner nächsten Stellung eine Entfernung von 52 Erdradien.

Nachfolgende Skizze veranschaulicht die Entfernungsbestimmung: Aus den gemeinsamen Daten Brahes und Hagecius' ließ sich der Parallaxwinkel des Kometen berechnen. Zusammen mit der bekannten Basisstrecke Hveen-Prag ließ sich so die Erdentfernung des Kometen bestimmen.

Nach dieser phänomenalen Erkenntnis über die Kometenentfernung fällt Brahe dann aber ins alte Weltbild der Sphären zurück, wenn er schreibt, der Komet bewege sich damit in der Sphäre der Venus. Immerhin notiert er noch für Andersgläubige: „so man aber den gemainen aufthailungen orbium cestium nicht volgen will sondern ettlicher alten philosophen vnnd zu vnnsern zeiten des Copernici mainung für guet achten, das der Merkur vmb die Sonnen vnnd die Venus rund vmb den Mercurio [in konzentrischen Bahnen kreist], so volgt hierauf, das dieser Comett sei generiert zwischen dem orbe Lunae vnnd dem vorgeante orbe Veneris“. Diese Feststellung trifft er ohne sich weiter für oder wider das Kopernikanische System zu äußern.

Im letzten Abschnitt vor der astrologischen Deutung ermittelt Tycho noch die Größe des Kometenkopfes und des Schweifes unter Verwendung des Strahlensatzes und seiner Instrumente. Er mißt für den Kopf 8 Bogenminuten als Durchmesser, was einem Viertel des Erddurchmessers entspricht. Der Schweif habe sich über $21^{\circ}40'$ erstreckt.

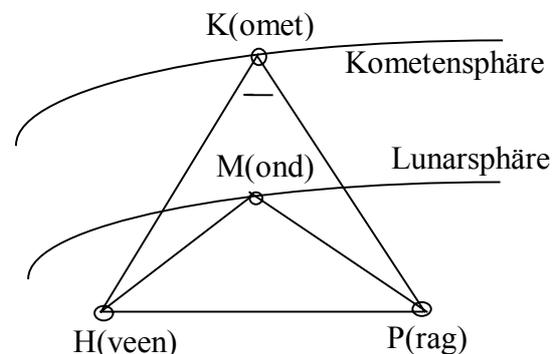


Abbildung 8: Skizze zur Parallaxe

6. *Schlußbetrachtung, neuere Erkenntnisse*

Erst nach dem Tod Tycho Brahes setzte sich sehr langsam das heliozentrische Kopernikanische Weltbild durch. Die Gründe für das Zögern sind im wesentlichen folgende:

1. Weiterhin beharrte die Kirche darauf, als einzige Autorität die göttliche Schöpfung auslegen zu dürfen. Da die Kirche aber unfehlbar und in ihrer Scholastik gefangen ist, muß sie zwangsläufig am alten Weltbild festhalten. So kommt es, daß noch 1599 Giordano Bruno, ein Anhänger der neuen Lehre, als Ketzer verbrannt wird und einige Jahre später Galileo Galilei für seine astronomischen Forschungen, vor allem bezüglich der Jupitermonde, unter Hausarrest gestellt wird.
2. Selbst Tycho Brahe, die astronomische Autorität seiner Zeit, bleibt trotz seiner weitgehend richtigen Beurteilung von Kometen dem traditionellen geozentrischen Weltbild verpflichtet und versucht, es in Form eines „Mischmodells“ (siehe Abbildung 9) zu retten.

Johannes Kepler (1571-1630), Brahes Nachfolger als Hofastrologe Rudolfs II. in Prag, der ihm beim Beweisen dieses Modells helfen sollte, entschied sich nach einjähriger Zusammenarbeit und Tychos Tod (1601) anders: Aufgrund von Brahes exakten Beobachtungen gelang ihm die Formulierung der drei Keplerschen Gesetze über die Planetenbewegungen, die das Kopernikanische Weltbild verifizieren.²³ Über die Kometen freilich schrieb Kepler 1608, daß ein Mathematiker über die Wirkung der Kometen nichts wissen könne,²⁴ vielleicht wollte er so auch vermeiden, astrologische Deutungen für den sehr abergläubischen Rudolf II. abgeben zu müssen.

Auch wenn sich das Kopernikanische Weltbild und Brahes Beobachtungen über Kometen sich langsam durchsetzten, so blieb doch die von den Kometen ausgehende Faszination, und

²³ [Gri], S.24

²⁴ [Gri], S.15

weiterhin hielten sich die Kometenschriften, welche Kometen als schrecklichen Unglückboten darstellten (vgl. Abbildung 3).

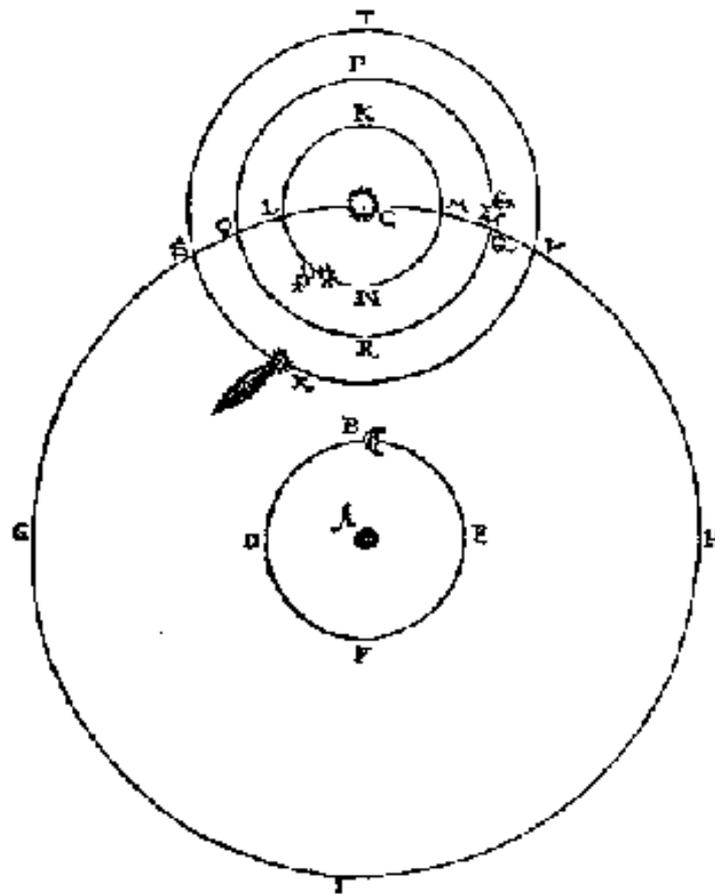


Abbildung 9: Tycho Brahes „gemischtes Weltbild“ mit der Erde im Mittelpunkt, um die sich Mond und Sonne drehen, um letztere wiederum kreisen die übrigen Planeten und Kometen (aus: [Gri], S.22)

Ein Ende des Kometenaberglaubens - zumindest ein Abebben - ist erst ein Jahrhundert später zu verzeichnen. Die von *Isaac Newton* (1643-1727) entdeckte Gravitationskraft lieferte den Schlüssel hierzu. Durch Berechnung der Bahnkurven von Kometen mit Newtons Methoden und durch die Vorhersage des nächsten Erscheinens des Halleyschen Kometen für 1758 entmystifizierte *Edmond Halley* (1656-1742) das Rätsel um die Kometen. Halleys Entdeckung ließ die Flut pseudowissenschaftlicher Publikationen um 1702 fast schlagartig zurückgehen.²⁵ Eine erste vollständige Kometentheorie lieferte *Friedrich Wilhelm Bessel* (1746-1846), der auch als erster im Jahre 1837 die Entfernung eines Fixsternes bestimmte.

Wie aber ist es heute um unseren Kometenglauben und unser Weltbild bestellt? Zwar weiß man heute über das Wesen der Kometen, daß es sich im Grunde genommen um große schmutzige Eisklumpen handelt, deren Schweif vom Sonnenwind verursacht wird. Auch unser Universum bzw. unser Weltbild ist uns heute viel klarer.

Aber:

- Sind wir wirklich so weit vom Kometenaberglauben des 16.Jh. entfernt? Noch immer ist es - auch mit Supercomputern - schwer, Kometen anhand ihrer Bahnkurven zu identifizieren

²⁵ [Gri], S.43

und ihre Bahn zu berechnen. Die Angst vor den Unglücksboten ist der Angst vor einem „Deep Impact“ gewichen, die derzeit gerade wieder in Filmen und Reportagen über Gebühr strapaziert wird.

- Und ist unser Weltbild wirklich so klar? Nach wie vor ist unklar, ob sich das Universum unendlich ausdehnt, oder irgendwann wieder in sich zusammenfällt.²⁶ Ja sogar der Urknall selbst ist umstritten, da er zwar aus *Einsteins* Allgemeiner Relativitätstheorie (ART) hergeleitet werden kann (Hawking/Penrose),²⁷ diese Theorie aber für eine punktförmige Raumzeit wie im Urknall nicht gilt. Nach wie vor steht eine Vereinheitlichung der ART (Makrokosmos und Schwerkraft) und der Quantenmechanik (Mikrokosmos, Unschärferelation) aus. Neuere Theorien wollen uns - fernab jeder Anschaulichkeit - von einem Weltbild mit einer elfdimensionalen Raumzeit überzeugen!²⁸
- Und wie sieht es schließlich in unserer naturwissenschaftlichen Welt mit dem religiösen Verständnis aus? Immerhin gaben *Heisenberg* und *Pauli* zu bedenken, daß eine dauerhaft scharfe Trennung zwischen Wissen und Glauben die Ethik zusammenbrechen lassen würde, weil religiöse Bilder und Gleichnisse schließlich keine Überzeugungskraft mehr besäßen.²⁹ Ist „Gott“ zu sehen in der fundamentalen „Ordnung“ der Universums? Oder halten wir es schlicht mit *Dirac*, der meinte: Wir durchschauen die Zusammenhänge, ein „Gott“ ist nicht mehr nötig, wie in früheren primitiven Kulturen.

Quellenverzeichnis

- [Ari] Aristoteles, Meteorologie; Hrsg.: Hans Strohm, Wiss. Buchges., Darmstadt, 1970
- [Atk] Peter W. Atkins, Schöpfung ohne Schöpfer, Reinbek 1987
- [Bra] Tycho Brahe, De Cometa Anni 1577, in: J.L.E. Dreyer, Tychonis Brahe Dani Opera Omnia, Kopenhagen 1913-29
- [Duf] Michael J. Duff, Neue Welttheorien: von Strings zu Membranen, in: Spektrum der Wissenschaft 4/98, S.62-69
- [Dür] Hans-Peter Dürr, Das Netz des Physikers, München 1990
- [Gri] Markus Griesser, Die Kometen im Spiegel der Zeiten, Bern 1985
- [Haw] Stephen Hawking, Eine kurze Geschichte der Zeit, Reinbek 1988
- [Hei] Werner Heisenberg, Der Teil und das Ganze, München 1991
- [Jer] Jane L. Jervis, Vögelin on the Comet of 1532: Error Analysis in the 16th Century; in: Centaurus 23/1980, S.216-229
- [Kok] Wolfgang Kokott, Die Kometen der Jahre 1531 bis 1539, Diss., Stuttgart 1994
- [Moe] Bernd Moeller, Deutschland im Zeitalter der Reformation, Göttingen 3./1988
- [Rit] Gerhard Ritter, Die Neugestaltung Deutschlands und Europas im 16.Jh, Frankfurt 1967
- [Win] Nikolaus Winkler, Der Schweifkomet, Nürnberg 1578; Faksimile mit Übersetzung von Erna Schlesinger und Thomas Th. Löffler (1986)

²⁶ Neueste Erkenntnisse deuten auf eine unendliche Ausdehnung hin (vgl. „Die Welt“ vom 30.5.1998)

²⁷ Näheres hierzu in [Haw].

²⁸ vgl. M.J. Duff, Neue Welttheorien: von Strings zu Membranen, in: Spektrum der Wissenschaft 4/98, S.62-69

²⁹ Zu diesem Themenkomplex vgl. [Atk], [Dür] und [Hei]