

HANSER

Simon Singh

# Big Bang

Der Ursprung des Kosmos und die Erfindung der modernen  
Naturwissenschaft

Übersetzt aus dem Englischen von Klaus Fritz

ISBN-10: 3-446-20598-5

ISBN-13: 978-3-446-20598-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter  
<http://www.hanser.de/978-3-446-20598-7>  
sowie im Buchhandel

Stellen Sie sich beispielsweise vor, Sie stoßen nach einer stürmischen Nacht auf zwei umgestürzte Bäume mitten auf einem Feld, doch einen glasklaren Beweis, warum sie umstürzten, gibt es nicht. Die einfache Hypothese wäre, daß der Sturm die Bäume umwehte. Eine kompliziertere Hypothese wäre, daß zwei Meteoriten aus dem Weltraum gleichzeitig auf die Erde trafen, daß jeder von einem Baum abprallte und sie dabei fällte, daß die Meteoriten dann geradewegs miteinander zusammenstießen und verdampften, weshalb eindeutige Spuren fehlen. Wenn Sie Ockhams Rasiermesser ansetzen, kommen Sie zu dem Schluß, daß der Sturm und nicht die Zwillingmeteoriten deshalb die triftigere Erklärung ist, weil sie einfacher ist. Ockhams Rasiermesser ist keine Garantie für die richtige Antwort, doch weist es meist den Weg zu ihr. Ärzte verlassen sich häufig auf Ockham, wenn sie eine Krankheit diagnostizieren, und Medizinstudenten erhalten den Ratschlag: »Wenn Sie Hufschläge hören, denken Sie an Pferde, nicht an Zebras.« Verschwörungstheoretiker jedoch verabscheuen Ockhams Rasiermesser und verwerfen oft eine einfache Antwort zugunsten einer vertrackteren und faszinierenden Überlegung. Gemäß Ockhams Rasiermesser war das kopernikanische Modell (ein Kreis je Planet) gegenüber dem ptolemäischen (ein Epizykel, Deferent, Equant und Exzenter je Planet) vorzuziehen, aber es entscheidet nur, wenn zwei Theorien gleichermaßen erfolgreich sind, und im sechzehnten Jahrhundert war das ptolemäische Modell in vieler Hinsicht eindeutig stärker. Insbesondere traf es genauere Vorhersagen zu den Planetenpositionen. Daher galt die Einfachheit des heliozentrischen Modells als belanglos. Für viele Menschen war das heliozentrische Modell immer noch zu radikal, um es auch nur in Erwägung zu ziehen, radikal in einem Maße, daß Kopernikus' Werk vielleicht sogar einem alten Wort eine neue Bedeutung verlieh. Eine etymologische These behauptet, daß der Begriff »revolutionär«, der eine Vorstellung meint, die den herkömmlichen Auffassungen vollkommen zuwiderläuft, erst durch den Titel von Kopernikus' Buch *De revolutionibus orbium coelestium* mit seiner Bedeutung geladen wurde. Und das heliozentrische Modell des Universums schien nicht nur revolutionär, sondern auch vollkommen haltlos. Insgesamt war das heliozentrische System eine Idee, die ihrer Zeit voraus war, zu revolutionär, zu wenig glaubhaft und immer noch zu ungenau, um eine breitere Anhängerschaft zu gewinnen. De

revolutionibus fand sich in wenigen Buchregalen und Studierstuben und wurde von den Astronomen kaum gelesen. Die Idee eines heliozentrischen Universums war zuerst von Aristarchos im fünften Jahrhundert v. Chr. aufgebracht worden, wurde jedoch nicht weiter beachtet. Nun hatte sie Kopernikus von neuem entwickelt, und wiederum wurde sie ignoriert. Das System versank in den Winterschlaf und wartete darauf, daß es jemand wiederbelebte, prüfte und verbesserte und das fehlende Element fand, das dem Rest der Welt beweisen sollte, daß das kopernikanische Modell des Weltalls das wahre Bild der Wirklichkeit war. Tatsächlich blieb es der nächsten Generation von Astronomen vorbehalten, Beweise zu finden, die Ptolemäus widerlegten und Aristarchos und Kopernikus ins Recht setzten. Das Himmelsschloß Der 1546 geborene Sohn einer dänischen Adelsfamilie, Tycho Brahe, erlangte vor allem aus zwei Gründen ewigen Ruhm als Astronom. Erstens geriet Tycho 1566 in einen Streit mit seinem Cousin Manderup Parsberg, wahrscheinlich weil dieser ihn wegen einer astrologischen Vorhersage, die fehlgeschlagen war, beleidigt und verspottet hatte. Tycho hatte den Tod Suleimans des Großen geweissagt und seine Prophezeiung sogar in ein lateinisches Gedicht gefaßt, offenbar ohne zu wissen, daß der osmanische Herrscher schon seit sechs Monaten nicht mehr lebte. Der Streit mündete in ein berüchtigtes Duell. Bei dem mit Schwertern ausgetragenen Kampf landete Parsberg einen Streich über Tychos Stirn und spaltete dessen Nasenbein. Zwei Zentimeter tiefer, und Tycho wäre gestorben. Er ließ sich ein Nasenimitat aufs Gesicht kleben, das so kunstvoll aus einer Gold-Silber-Kupfer-Legierung gefertigt war, daß sie blendend zu seinem Teint paßte. Der zweite und wichtigere Grund für Tychos Ruhm ist, daß er in die beobachtende Astronomie ein ganz neues Maß an Präzision einführte. Tycho erwarb sich einen so hervorragenden Ruf, daß König Friedrich II. von Dänemark ihm die zehn Kilometer vor der dänischen Küste liegende Insel Hven überließ und ihm die Mittel zur Verfügung stellte, um dort eine Sternwarte zu bauen. Uranienborg (Himmelsschloß) wuchs sich im Laufe der Jahre zu einer gewaltigen, reich verschnörkelten Zitadelle aus, die über fünf Prozent des dänischen Bruttosozialprodukts auffraß, ein bis heute unübertroffener Weltrekord bei der Finanzierung einer Forschungseinrichtung. Uranienborg beherbergte eine Bibliothek, eine Papiermühle, eine

Druckerpresse, ein alchemistisches Labor, einen Schmelzofen und ein Verließ für widerspenstige Pächter. Die Türme der Sternwarte beherbergten riesige Instrumente wie Sextanten, Quadranten und Armillarsphären (alle fürs bloße Auge bestimmt, da die Astronomen noch nicht gelernt hatten, sich Linsen zunutze zu machen). Jedes Instrument war vierfach vorhanden, für gleichzeitige, unabhängige Messungen, um Fehler bei der Bestimmung der Winkelpositionen der Sterne und Planeten zu minimieren. Tychos Beobachtungen waren normalerweise bis auf  $1/30^\circ$  genau, fünfmal genauer als die besten früheren Messungen. Vielleicht half es ihm bei den Messungen, daß er seine Nase abnehmen und sein Auge besser ansetzen konnte. Tychos Ruf lockte einen Strom einflußreicher Menschen an sein Observatorium. Die Besucher interessierten sich nicht nur für seine Forschung, sondern auch für die ausschweifenden, in ganz Europa berühmten Festivitäten auf Uranienborg. Tycho offerierte Alkohol im Überfluß und unterhielt seine Gäste mit mechanischen Figuren und einem geschichtenerzählenden Zwerg namens Jepp, von dem es hieß, er sei ein begnadeter Wahrsager. Ein weiteres Spektakel war Tychos zahmer Elch, der frei im Schloß umherstreifen durfte, allerdings auf tragische Weise starb, als er infolge zu hohen Bierkonsums eine Treppe hinabstürzte. Uranienborg ähnelte eher dem Schauplatz eines Films von Peter Greenaway als einem Forschungsinstitut. Tycho war in der Tradition der ptolemäischen Astronomie ausgebildet worden, doch zwangen ihn seine sorgfältigen Beobachtungen, das Vertrauen in das alte Bild des Universums in Frage zu stellen. Tatsächlich ist bekannt, daß er ein Exemplar von *De revolutionibus* in seinem Studierzimmer hatte und Kopernikus' Ideen zugeneigt war, doch anstatt sie vorbehaltlos zu übernehmen, entwickelte er sein eigenes Modell des Universums, einen schwachbrüstigen Kompromiß zwischen Ptolemäus und Kopernikus. Im Jahr 1588, fast ein halbes Jahrhundert nach Kopernikus' Tod, veröffentlichte Tycho *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* (»Über die neuen Phänomene in der ätherischen Welt«), in dem er, wie in Abbildung 12 gezeigt, die These ausführte, alle Planeten würden sich um die Sonne drehen, die Sonne jedoch die Erde umkreisen. Sein neues Denken ging so weit, daß er die Sonne als Mittelpunkt der Planetenbahnen darstellte, doch sein Konservatismus verpflichtete ihn, der Erde ihren Platz als Zentrum des Weltalls zu bewahren. Er zögerte, die Erde an eine

andere Stelle zu setzen, weil die für sie angenommene zentrale Position die einzige Erklärung dafür lieferte, daß Gegenstände Richtung Erdmittelpunkt fallen. Noch ehe Tycho die nächste Stufe seines Programms astronomischer Beobachtung und Theoriebildung in Angriff nehmen konnte, erlitt seine Forschung einen schweren Rückschlag. Im Erscheinungsjahr von Tychos *De mundi aetherei* starb sein Mäzen, König Friedrich, nach einem Saufgelage, und der neue König, Christian IV., war nicht mehr bereit, Tychos luxuriöses Observatorium zu finanzieren und seinen sinnenfrohen Lebensstil zu tolerieren. Tycho hatte keine andere Wahl, als Uranienborg aufzugeben und Dänemark zu verlassen, mitsamt seiner Familie, den Hilfskräften, Jepp dem Zwerg und Karren voller astronomischer Instrumente. Glücklicherweise war Tychos Ausrüstung so gebaut, daß sie transportiert werden konnte, denn er hatte klugerweise erkannt: »Ein Astronom muß Kosmopolit sein, denn von unwissenden Staatsmännern kann er keine Würdigung seiner Verdienste erwarten.« Tycho Brahe zog nach Prag, wo Kaiser Rudolf II. ihn zum kaiserlichen Mathematikus ernannte und ihm gestattete, auf Schloß Benatek ein neues Observatorium einzurichten. Tychos Umzug erwies sich als Glücksfall, denn in Prag schloß er sich mit einem neuen Assistenten zusammen, dem einige Monate später in der Stadt angekommenen Johannes Kepler. Der Protestant Kepler war gezwungen worden, aus seinem bisherigen Wohnort Graz zu fliehen, nachdem der eifernde katholische Erzherzog Ferdinand gedroht hatte, ihn hinrichten zu lassen, ganz in Einklang mit seiner Proklamation, er würde »aus dem Land eher eine Wüste machen, als über Ketzer zu herrschen«. Wie es der Zufall wollte, brach Kepler am 1. Januar 1600 nach Prag auf. Das neue Jahrhundert markierte auch den Beginn einer gemeinsamen Arbeit, die in einer Neuerfindung des Universums münden sollte. Tycho und Kepler waren die perfekten Arbeitspartner. Wissenschaftlicher Fortschritt verlangt Beobachtung und Theorie. Tycho hatte die besten Beobachtungen in der Geschichte der Astronomie gesammelt, und Kepler erwies sich als glänzender Deuter dieser Beobachtungen. Obwohl er seit Geburt kurzsichtig war und unter Doppelbildern litt, sollte er schließlich weiter sehen als Tycho. Ihre Partnerschaft bildete sich im Handumdrehen. Keine zwei Jahre nach Keplers Ankunft war Tycho zu Gast bei einem Essen des Barons von Rosenberg, wo er wie üblich bis zum Anschlag trank und

sich dennoch weigerte, die Etikette zu verletzen und die Tafel vor dem Baron zu verlassen. Kepler hielt fest: »Als er mehr trank, fühlte er eine zunehmende Spannung in der Blase, stellte die Artigkeit aber seiner Gesundheit voran. Als er zu Hause ankam, vermochte er kaum zu harnen.« Noch in der Nacht bekam er Fieber, und fortan wechselten sich Ohnmachtsanfälle und Delirien ab. Zehn Tage später war er tot. Auf seinem Sterbebett äußerte Tycho wiederholt den Satz: »Möge doch mein Leben nicht umsonst gewesen sein.« Diese Angst war unbegründet, denn Kepler sorgte dafür, daß Tychos peinlich genaue Beobachtungen Früchte trugen. Vielleicht mußte Tycho sogar sterben, damit sein Werk erblühen konnte, denn zeit seines Lebens hatte er seine Notizbücher wie seinen Augapfel gehütet und seine Beobachtungen niemals jemandem mitgeteilt, da er dem ewigen Traum nachhing, eines Tages sein ganz eigenes Meisterwerk zu veröffentlichen. Tycho hat gewiß nie in Betracht gezogen, Kepler als gleichwertigen Partner anzuerkennen – schließlich war er ein dänischer Aristokrat, Kepler dagegen bloß ein Bauer. Doch Tycho war es nicht beschieden, die tiefere Bedeutung seiner Beobachtungen zu entschlüsseln, dies verlangte die Fähigkeiten eines ausgebildeten Mathematikers wie Kepler. Kepler entstammte einfachen Verhältnissen, seine Familie hatte immer mit dem Überleben zu kämpfen, nicht nur wegen der Umbrüche durch Krieg und Religionskonflikte, sondern auch wegen des Vaters, der ein Söldner und Abenteurer war, und der Mutter, die man später bezichtigte, eine Hexe zu sein, und in die Verbannung schickte. Kein Wunder, daß er als unsicherer Hypochonder mit geringer Selbstachtung aufwuchs. In dem Horoskop, das er über sich selbst in der dritten Person verfaßte, beschrieb er sich herabsetzend als kleinen Hund: Er nagte gern an Knochen und trockenen Brotrinden und war so gefräßig, daß er alles, worauf seine Augen zufällig fielen, begierig packte; dennoch trinkt er wenig, wie ein Hund, und gibt sich mit der einfachsten Nahrung zufrieden... Er suchte ständig die Zuneigung anderer, war in allem und jedem von anderen abhängig, diente ihren Wünschen, wurde niemals böse, wenn sie ihn rügten, und war eifrig bemüht, ihre Gunst wiederzuerlangen... Er hat einen hundeartigen Abscheu vor Bädern, Tinkturen und Wässern. Seine Verwegenheit kennt keine Grenzen, was sicher dem Mars im Quadrat zu Merkur, in Trigon mit dem Mond zuzuschreiben ist. Einzig die Leidenschaft für die Astronomie

scheint seinen Selbsthaß gelindert zu haben. Mit fünfundzwanzig Jahren schrieb er das *Mysterium Cosmographicum*, das erste Buch, in dem Kopernikus' *De revolutionibus* verteidigt wird. Danach, überzeugt von der Richtigkeit des heliozentrischen Systems, widmete er sich der Frage, was eigentlich dieses System ungenau machte. Der größte Fehler ergab sich bei der Vorhersage der Marsbahn, ein Problem, das bereits Kopernikus' Assistenten Rhetikus geplagt hatte. Kepler zufolge war Rhetikus wegen seines Scheiterns am Marsproblem so enttäuscht, daß »er sich an das Orakel seines Schutzgeistes als letzte Zuflucht wandte... Da habe der ungnädige Beschützer Rhetikus bei den Haaren genommen und abwechselnd mit dem Kopf oben an die Decke geschlagen, dann herabgelassen und den ganzen Mann zu Boden gestoßen...« Kepler, der nun endlich Zugang zu Tychos Beobachtungen hatte, war zuversichtlich, daß er das Marsproblem lösen und innerhalb von acht Tagen die Ungenauigkeiten des heliozentrischen Modells beseitigen könnte; tatsächlich brauchte er acht Jahre dafür. Es lohnt sich zu betonen, wie lange Kepler damit verbrachte, das heliozentrische System zu vervollkommen – acht Jahre! –, weil die folgende knappe Zusammenfassung seine ungeheure Leistung womöglich geringer erscheinen läßt. Die Lösung, zu der Kepler am Ende gelangte, war die Frucht langwieriger und quälender Berechnungen, die neunhundert Folioseiten füllten. Kepler gelang der große Durchbruch, indem er einen der alten Grundsätze über Bord warf, nämlich daß die Planeten sich alle auf Bahnen bewegen, die Kreise oder Kombinationen von Kreisen sind. Selbst Kopernikus hatte treu an diesem Kreisdogma festgehalten, und Kepler unterstrich, daß dies nur eine von Kopernikus' fehlerhaften Annahmen war. Tatsächlich habe sein Vorgänger die folgenden drei Sätze zu Unrecht vorausgesetzt: 1. Die Planeten bewegen sich in vollkommenen Kreisbahnen. 2. Die Planeten bewegen sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit. 3. Die Sonne befindet sich im Mittelpunkt dieser Kreisbahnen. Zwar hatte Kopernikus recht, wenn er behauptete, die Planeten würden sich um die Sonne drehen und nicht um die Erde, doch der Glaube an die obigen falschen Voraussetzungen sabotierte seine Chancen, jemals die Bewegungen des Mars und anderer Planeten mit einem hohen Genauigkeitsgrad vorhersagen zu können. Kepler hingegen war erfolgreich, wo Kopernikus gescheitert war,

weil er diese Annahmen verwarf, in der Überzeugung, daß die Wahrheit sich nur zeigt, wenn alle Ideologien, Vorurteile und Dogmen beiseite geräumt werden. Mit unvoreingenommenem Blick und Verstand nahm er Tychos Beobachtungen als sicheres Fundament und erbaute sein Modell auf dessen Daten. Allmählich kristallisierte sich ein von Vorurteilen freies Modell des Universums heraus. Und tatsächlich entsprachen Keplers neue Formeln für die Umlaufbahnen den Beobachtungen, und das Sonnensystem nahm endlich Gestalt an. Kepler legte Kopernikus' Irrtümer offen und zeigte: 1. Die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, nicht auf vollkommenen Kreisbahnen. 2. Die Planeten verändern ständig ihre Geschwindigkeit. 3. Die Sonne befindet sich nicht genau im Mittelpunkt dieser Umlaufbahnen. Als er wußte, daß er die Lösung des Rätsels der Planetenbahnen gefunden hatte, soll Kepler angeblich ausgerufen haben: »O Allmächtiger, ich denke Deine Gedanken Dir nach.« Tatsächlich folgen der zweite und der dritte Satz des neuen Keplerschen Sonnensystems aus dem ersten, wonach die Planetenumlaufbahnen elliptisch sind. Eine kurze Erläuterung der Ellipse und ihrer Konstruktionsweise verdeutlicht den Grund. Eine Ellipse läßt sich zeichnen, indem Sie, wie in Abbildung 13, ein Stück Faden mit zwei Reißzwecken auf ein Brett heften und ihn dann mit einem Bleistift spannen. Wenn Sie den Bleistift über das Brett ziehen und den Faden dabei gespannt halten, ergibt sich eine halbe Ellipse. Wechseln Sie zur anderen Seite des Fadens und spannen Sie ihn erneut, dann können Sie die andere Hälfte der Ellipse zeichnen. Die Länge des Fadens bleibt gleich und die Reißzwecken sitzen fest, folglich ist eine mögliche Definition der Ellipse die Menge der Punkte, deren Abstände zu den beiden Reißzwecken in der Summe einen festen Wert ergeben. Die Positionen der Reißzwecken werden die Brennpunkte der Ellipse genannt. Bei den elliptischen Umlaufbahnen der Planeten sitzt die Sonne in einem der Brennpunkte, nicht im Mittelpunkt. Deshalb ist ein Planet der Sonne mal ferner, mal näher, als ob er auf die Sonne zustürzen würde. Aufgrund dieser Fallbewegung gewinnt der Planet an Geschwindigkeit, umgekehrt wird er langsamer, wenn er sich von der Sonne entfernt. Kepler wies nach, daß ein Planet auf seiner elliptischen Bahn um die Sonne, auf der er beschleunigt und wieder langsamer wird, mit seiner imaginären Verbindungslinie zur Sonne in



gleichen Zeitabständen gleich große Flächen überstreicht. Diese etwas abstrakte Feststellung wird in Abbildung 14 veranschaulicht, und sie ist wichtig, weil damit genau bestimmt wird, wie die Geschwindigkeit eines Planeten sich während seines Umlaufs verändert, im Gegensatz zu der kopernikanischen Auffassung von den konstanten Planetengeschwindigkeiten. Die Geometrie der Ellipse wurde seit den alten Griechen studiert, warum also hatte bis dahin niemand die Ellipse als Form der Planetenumlaufbahnen in Erwägung gezogen? Ein Grund war, wie wir gesehen haben, der hartnäckige Glaube an die erhabene Vollkommenheit von Kreisen, der die Astronomen für alle anderen Möglichkeiten offenbar blind machte. Ein weiterer Grund jedoch war, daß die meisten Planetenbahnen nur geringfügig elliptisch sind, weshalb sie nur bei genauester Prüfung nicht als Kreise erscheinen. Die Länge der kleinen Achse geteilt durch die Länge der großen Achse (siehe Abbildung 13) ist eine gute Kennzahl dafür, wie nahe eine Ellipse einem Kreis ist. Der Quotient beträgt bei einem Kreis 1,0, und bei der Umlaufbahn der Erde beträgt dieser Quotient 0,99986. Mars, der Planet, der Rhetikus Alpträume verschafft hatte, war so schwierig, weil seine Umlaufbahn stärker gequetscht ist, doch der Quotient der beiden Achsen liegt immer noch sehr nahe an der 1, bei 0,99566. Kurz, die Marsumlaufbahn ist nur in geringem Maß elliptisch, also ließ dies die Astronomen in dem Irrglauben, sie sei kreisförmig, während die Bahn doch wiederum hinreichend elliptisch war, um allen handfeste Probleme zu bereiten, die versuchten, sie als Kreis zu begreifen. Keplers Ellipsen ergaben ein vollständiges und genaues Bild unseres Sonnensystems. Seine Schlußfolgerungen waren ein Triumph für die Wissenschaft und die wissenschaftliche Methode, das Ergebnis einer Verknüpfung von Beobachtung, Theorie und Mathematik. Er veröffentlichte seine bahnbrechende Leistung erstmals 1609 in einer mächtigen Abhandlung namens *Astronomia Nova*, in der acht Jahre akribischer Arbeit genau dargelegt waren, mitsamt zahlreichen Forschungswegen, die in Sackgassen geführt hatten. Den Leser bat Kepler, ihm die Treue zu halten: »Wenn Du gelangweilt bist von dieser mühsamen Art der Berechnung, dann habe Mitleid mit mir, der diese zumindest siebzigmal wiederholen mußte, mit großem Verlust an Zeit.« Keplers Modell des Sonnensystems war einfach und elegant und lieferte zweifellos

genaue Vorhersagen der Planetenbahnen, und doch glaubte fast niemand, daß es die Wirklichkeit darstellte. Die Philosophen, Astronomen und Kirchenoberen räumten überwiegend ein, es sei ein nützliches Modell für Berechnungen, doch beharrten sie vehement darauf, daß die Erde im Mittelpunkt des Universums stehe. Daß sie das geozentrische Universum weiterhin vorzogen, lag vor allem daran, daß Kepler einige Probleme, wie sie in Tabelle 2 (S. 44) genannt sind, wie etwa die Schwerkraft, nicht in Angriff genommen hatte. Wie können die Erde und andere Planeten in einer Umlaufbahn um die Sonne gehalten werden, wenn alles, was wir um uns herum sehen, von der Erde angezogen wird? Außerdem hielt man Keplers Rückgriff auf die Ellipse, mit der er der Lehre von den Kreisen widersprach, für lächerlich. Der holländische Geistliche und Astronom David Fabricius hatte in einem Brief an Kepler folgendes zu sagen: »Mit Eurer Ellipse hebt Ihr die Kreisförmigkeit und Gleichförmigkeit der Bewegungen auf, was mir um so vernunftwidriger vorkommt, je mehr ich darüber nachdenke... Wenn Ihr bloß die vollkommen kreisförmige Bahn beibehalten und Eure elliptische Bahn mittels eines zusätzlichen Epizykelchens rechtfertigen könntet, wäre es viel besser.« Doch eine Ellipse kann nicht aus Kreisen und Epizyklen zusammengebaut werden, also war ein Kompromiß unmöglich. Enttäuscht über die klägliche Aufnahme, die der Neuen Astronomie beschieden war, wandte Kepler seine Fähigkeiten nun anderen Gebieten zu. Er war von unbändiger Neugier auf die Welt um ihn her und rechtfertigte seine unermüdlichen wissenschaftlichen Erkundungen mit den Worten: »Wie wir nicht fragen, zu welchem nützlichem Zweck die Vögel singen, da sie zum Singen erschaffen worden und der Gesang für sie eine Lust; so sollten wir auch nicht fragen, warum sich der menschliche Geist damit müht, die Geheimnisse des Himmels auszuloten... Sind doch die Naturerscheinungen deshalb so mannigfaltig und die am Himmel verborgenen Schätze so reich, damit es dem menschlichen Geiste nie an frischer Nahrung mangle.« Neben seiner Forschung zu den elliptischen Umlaufbahnen betrieb Kepler Arbeiten unterschiedlicher Qualität. Ein Holzweg war, daß er die pythagoreische Theorie wiederbelebte, wonach die Planeten eine »Sphärenmusik« erklingen lassen. Kepler zufolge ergab die Geschwindigkeit jedes Planeten bestimmte Noten (z.B. do, re, mi, fa,

so, la und si). Von der Erde kamen die Töne fa und mi, was dem lateinischen Wort für Hunger, fames, ähnelt, offenbar ein Hinweis auf die wahre Natur unseres Planeten. Besser nutzte er seine Zeit als Autor von *Somnium*, eines Vorläufers der Science-fiction-Literatur, in dem geschildert wird, wie eine Gruppe von Abenteurern zum Mond reist. Und ein paar Jahre nach der *Astronomia Nova* schrieb Kepler eine seiner originellsten Forschungsarbeiten, »Vom sechseckigen Schnee«, in der er aus atomistischer Sicht über die Symmetrie der Schneeflocke nachdachte. »Vom sechseckigen Schnee« war Keplers Gönner, Johannes Matthäus Wackher von Wackenfels gewidmet, der Kepler auch die für ihn aufregendste Neuigkeit überbringen konnte: Es hatte einen technischen Durchbruch gegeben, der die Astronomie im allgemeinen und den Stellenwert des heliozentrischen Modells im besonderen radikal verändern sollte. Die Neuigkeit war so verblüffend, daß sich Kepler eine besondere Notiz zu Wackhers Besuch im März 1610 machte: »Ich empfand eine wunderbare Erregung des Gemüts, während ich der seltsamen Erzählung lauschte. Ich fühlte mich in meinem tiefsten Wesen ergriffen.« Kepler hatte gerade zum erstenmal von dem Fernrohr gehört, das Galilei benutzte, um den Himmel zu erkunden und völlig neue Merkmale des Nachthimmels ausfindig zu machen. Dank dieser Erfindung sollte Galilei die Beweise dafür entdecken, daß Aristarchos, Kopernikus und Kepler allesamt recht hatten.