



Johannes Kepler

IOANNIS KEPLERI  
Mathematici Caesarei  
hanc Imaginem

ROENTHATENSIS BIBLIOTHECA  
Confect.



Siegfried Wollgast / Siegfried Marx

# Johannes Kepler

Urania - Verlag Leipzig · Jena · Berlin

Autoren: Dr. phil. habil. Siegfried Wollgast  
Dozent für Philosophiegeschichte an der Sektion Philosophie  
und Kulturwissenschaften der Technischen Universität Dresden  
Dr. rer. nat. Siegfried Marx  
Leiter des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg, Zentralinstitut  
für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR

1. Auflage · 1. bis 8. Tausend · Alle Rechte vorbehalten  
© Urania-Verlag Leipzig · Jena · Berlin,  
Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig 1976  
VLN 212-475/20/76 · LSV 1408  
Lektor: Renate Brendel  
Schutzumschlag und Einband: Egon Hunger  
Typografie: Helgard Reckziegel  
Printed in the German Democratic Republic  
Satz und Druck: Gutenberg Buchdruckerei, Weimar  
Buchbinderei: VOB Buchbinderei Südwest, Leipzig  
Best.-Nr. 653 359 0  
DDR 6,80 M

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
An der Schwelle der Neuzeit	9
Kindheit, Jugend und Studium	19
Vom Kalendermacher zum Astronomen	28
Begründung der geometrischen Optik	35
Himmelsphilosophie anstelle von Himmelstheologie	47
Die Gesetze der Planetenbewegung	52
Gravitation – eine Eigenschaft der Materie	64
Von astronomischen Problemen zu mathematischen Fragen	68
Warum ist der Schnee sechseckig?	70
Chronologische und meßkundliche Arbeiten	71
Kometen sind Himmelskörper	77
Der Hexenprozeß der Mutter	82
Die »Rudolphinischen Tafeln«	87
Im Dienste Wallensteins	96
Die letzten Monate	100
Mit Kepler beginnt die klassische Naturwissenschaft	104
»Kepler verdient als einer der Größten betrachtet zu werden . . .«	112
Quellennachweis	117
Hauptwerke bzw. erwähnte Arbeiten Keplers	119
Bildnachweis	120

# Einleitung



JOHANNES Kepler ist allgemein als Entdecker der drei Planetengesetze, als bedeutender Astronom bekannt. Was wissen wir über sein Leben, seine sonstigen Entdeckungen, seine Zeit? Unter welchen Bedingungen vollzog sich sein Schaffen?

Er verfaßte mathematische, physikalische, optische, chronologische, philosophische und religiöse Schriften. Er schrieb für das Volk und für die gelehrte Welt. Während in den Hauptwerken die Arbeit vieler Jahre steckt, sind andere Werke, darunter höchst bedeutsame, in wenigen Wochen oder Monaten entstanden. Zirka 400 Briefe von Kepler sind erhalten geblieben – Briefe zu wissenschaftlichen Problemen und persönlichen Fragen seines Lebens. Dazu besitzen wir etwa 700 Briefe an ihn und einige hundert Dokumente über sein Leben und Wirken.

Die verschiedensten Ereignisse gaben Kepler Anlaß zu eigenen Schriften: das Erscheinen von Kometen oder das Aufleuchten eines neuen Sterns, Beobachtungen mit dem neu entwickelten Fernrohr, die Erfindung der Logarithmen, das Erscheinen eines interessanten Buches. Kepler war immer voller Einfälle. Sein Stil ist, wie er selbst wußte, oft unklar, sei es, daß ihm zuviel auf einmal einfiel, sei es, daß er rang, seinen Gedanken die geeignete Fassung zu geben. Nur einige Aspekte des an Erlebnissen, Enttäuschungen, Ergebnissen und Kämpfen reichen Lebens des großen Naturwissenschaftlers können wir hier andeutend nachzeichnen.

Der Astronom, Mathematiker, Kristallograph und Physiker Johannes Kepler hat unvergängliche Erkenntnisse für das Arsenal der Wissenschaft gewonnen. Keplers Weltanschauung bezeichnet eine wichtige Etappe zwischen dem philosophischen Denken der Renaissance und dem mechanistischen Materialismus. Wissenschaft war ihm Lebenselement, Kampf um die Durchsetzung ihrer Ergebnisse, Berufung.

Dresden und Jena im Mai 1975

Siegfried Wollgast  
Siegfried Marx

## An der Schwelle der Neuzeit



M 16. und 17. Jahrhundert wurde in Westeuropa die Bourgeoisie zu einer Hauptklasse. Das kapitalistische Wirtschaftssystem sowie bürgerliche Nationen bildeten sich heraus. Der Feudalismus als sozialökonomische Formation wurde zurückgedrängt oder vernichtet. Im Ergebnis der niederländischen Revolution (1566–1609) entstand die erste bürgerliche Republik in Europa. Für das 17. Jahrhundert bildete die englische bürgerliche Revolution (1642–1660) einen Zentralpunkt. In Frankreich stützte sich das Königtum auf die sich herausbildende Bourgeoisie und strebte dadurch die absolute Monarchie an. Spanien dagegen war Zentrum der feudalen Reaktion, Italien wurde von Spanien weitgehend unterjocht. In Deutschland hatte 1517 bis 1526 die erste frühbürgerliche Revolution stattgefunden. Mit ihrer Niederlage setzte eine neue Periode in der deutschen Geschichte ein. Es gab zunächst eine starke nachrevolutionäre Bewegung, die sich u. a. in der Täuferbewegung, den Ereignissen in Lübeck um J. Wullenwever (1497–1537) und im Täuferreich von Münster äußerte. Die radikal-bürgerliche und plebejische Opposition bestand danach zwar weiter, aber es war eine Opposition unter den Bedingungen der Restauration.

Unter diesen Bedingungen bildeten sich neue Formen des Klassenkampfes heraus. Sie äußerten sich z. B. in der Ablehnung jeglicher Obrigkeit, in Hohn und bitterem Spott gegenüber dem neuen Landeskirchentum der evangelischen Kirchen, in Mißachtung von Predigt und Sakramentempfang, in der Pflege des universellen Toleranzgedankens. Nach dem Scheitern der frühbürgerlichen Revolution in Deutschland gab es also nicht nur Misere, sondern auch Auflehnung gegen sie, nicht nur Verfall, sondern auch Fortschritt. Die Fürsten hatten am meisten von der Reformation profitiert. Die protestantischen Fürsten traten an die Spitze des landeskirchlichen Regiments. Etwa ab 1535 widerspiegeln die historischen Ereignisse der deutschen Geschichte nicht mehr den Kampf antagonistischer Klassen, sondern die Machtkämpfe zwischen feudalherrlichen Kontrahenten und Koalitionen. Die Interessen der Volksmassen wurden dabei von keiner Seite verfochten. Die protestantische Lehre versteuerte allmählich als Spiegelbild des Duodezdespotismus der protestantischen Fürsten zum Dogma vom göttlichen Recht,

Alltag im Dreißigjährigen Krieg. Soldaten treiben Vieh weg. Radierung von H. U. Frank



von der Allmacht der Fürsten, vom unbedingten Gehorsam der Untertanen. Der Oberherr der protestantischen Landeskirche, der jeweilige Fürst, wurde sich in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts immer mehr bewußt, daß die Kirche als sein Werkzeug, als institutionelle Stütze des Staates zu nutzen war. Mit dem Augsburger Religionsfrieden (1555) hatte die katholische Kirche zunächst auf die Wiederherstellung ihrer Alleinherrschaft verzichtet, die Lutheraner (nicht so die Zwinglianer, Calvinisten und Täufer) waren als gleichberechtigt anerkannt worden. Gleichzeitig unternahm die katholische Kirche größte Anstrengungen, um das verlorene Terrain wiederzugewinnen. Auf dem Konzil von Trient (1545–1563) wurde das Papsttum restauriert. Es wurde eine straffe Zusammenfassung aller katholischen Kräfte unter einer geschlossenen und entschlossenen Leitung erreicht. Das katholische feudale Weltbild paßte sich den neuen Bedürfnissen, den ökonomischen und ideologischen Verhältnissen an. Dadurch sicherte sich die katholische Kirche eine Überlegenheit über das zersplitterte protestantische Lager. Der von I. von Loyola (1491–1556) geschaffene Jesuitenorden wurde das wichtigste Instrument der katholischen Kirche in dem später zusammenfassend als Gegenreformation bezeichneten Prozeß. Der Jesuitenorden verband orthodoxe Mystik

und inbrünstige Frömmigkeit mit einer geschickten Nutzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und gewisser Elemente des durch die Reformation erzielten Neuen.

In der deutschen Wirtschaft des späten 16. Jahrhunderts existierten relativer Fortschritt, Stagnation und Rückfall nebeneinander. Der Schwerpunkt des Wirtschaftslebens verschob sich im Laufe des 16. Jahrhunderts allmählich von Oberdeutschland in den sächsisch-thüringischen und den westfälischen Raum. Die Ursache dafür ist u. a. in der Entdeckung Amerikas und der Erschließung des Seeweges nach Indien zu suchen. Die Nordsee wurde dadurch zu einem Binnengewässer, die Rolle der Städte Hamburg und Bremen wurde von englischen und niederländischen Häfen übernommen. In der Landwirtschaft verknöcherten die feudalen Klassenbeziehungen zwischen Bauern und Adel. »Die Ohnmacht jeder einzelnen Lebenssphäre (man kann weder von Ständen noch von Klassen sprechen, sondern höchstens von gewissen Ständen und ungeborenen Klassen) erlaubte keiner einzigen, die ausschließliche Herrschaft zu erobern. Die notwendige Folge davon war, daß während der Epoche der absoluten Monarchie, die hier in ihrer allerverküppeltsten, halb patriarchalischen Form vorkam, die besondere Sphäre, welcher durch die Teilung der Arbeit die Verwaltung der öffentlichen Interessen zufiel, die abnorme Unabhängigkeit erhielt.« (1)

Beschießung Magdeburgs durch die Truppen Tillys im März 1631. Kupferstich von M. Merian d. Ä.



Mit der Aufteilung des ausgedehnten Habsburgischen Länderkomplexes 1555/56 wurde das universale Kaisertum trotz seines römischen Namens zu einer vorwiegend deutschen Institution. Dabei büßte es weiter an Macht ein. Diesen Machtverlust vermochten die Nachfolger Kaiser Karl V. (1519–1556), des Kaisers, in dessen Reich die Sonne nicht unterging, nicht aufzuhalten. Als Rudolf II. (1576–1612) den kaiserlichen Thron bestieg, hatte sich die Situation wesentlich verschärft.

1608 wurde von protestantischen Fürsten die protestantische Union gegründet, 1609 erfolgte die Gründung der von Bayern geführten katholischen Liga. Damit war Deutschland in zwei militärisch organisierte, konfessionell-politische Lager gespalten. »Die Gesamtlage Deutschlands in der zweiten Hälfte des 16. Jh. war dadurch gekennzeichnet, daß keine unmittelbare Bedrohung von außen existierte, die zur vorübergehenden Überwindung der starken inneren Widersprüche zwischen den verschiedenen Fraktionen der herrschenden Feudalklasse hätte führen können. Im Innern des

Der »Prager Fenstersturz«  
am 23. Mai 1618 bezeichnet  
den Beginn des Dreißig-  
jährigen Krieges. Kupferstich  
von M. Merian d. Ä.



Landes aber spitzten sich die Gegensätze in einem Maße zu, daß nur ein militärischer Kampf eine kurzfristige Regelung zu erzwingen vermochte. Deutschland stand am Vorabend eines Krieges, der zu einer europäischen Auseinandersetzung auf deutschem Boden zu werden drohte.« (2)

Am 23. Mai 1618 traten die böhmischen Stände, Vertreter der antihabsburgischen Partei, zusammen und schritten zu radikalen Maßnahmen gegen die Übergriffe auf ihre Rechte durch den Kaiser. Vom Prager Carolinum begab sich eine Deputation, der sich die Bevölkerung anschloß, zum Hradschin, wo man zwei Kaiserliche Räte – einen Geheimschreiber als Zugabe – aus dem Fenster in den Burggraben warf. Mit diesem »Prager Fenstersturz« wurde der Dreißigjährige Krieg ausgelöst. Dieser Krieg brachte namenloses Leid über Deutschland und warf es in seiner Entwicklung, gegenüber anderen europäischen Staaten, weit zurück. Die böhmischen Stände, auf Hilfe ihrer Glaubensgenossen, vor allem der Niederländer und Engländer, hoffend, setzten den habsburgischen König Ferdinand ab und wählten Kurfürst

Gerichts- und Folterpraxis  
im 17. Jahrhundert. Kupfer-  
stich von J. v. d. Heyden



Friedrich V. von der Pfalz (1596–1632) zum böhmischen König. Geschlossen stellten sich Liga, Kaiser, Spanien und Rom gegen diese »Rebellion«. Am 4. November 1619 wurde der Pfälzer Kurfürst im Prager Veitsdom zum König gekrönt. Am 8. November 1620 schlugen die Truppen des Kaisers und seiner Verbündeten die böhmischen Streitkräfte und die von ihnen angeworbenen Söldner vernichtend. Der »Winterkönig« Friedrich, wie er aufgrund seiner kurzen Regierungszeit genannt wurde, floh und verfiel der Reichsacht. Die kaiserlichen Sieger nahmen furchtbare Rache. Ihre Maßnahmen führten dazu, daß für drei Jahrhunderte die böhmischen Länder ihre politische Unabhängigkeit verloren. Unter den am 21. Juni 1621 auf dem Altstädter Markt zu Prag hingerichteten 27 »Rädelsführern« des böhmischen Aufstandes befanden sich auch Freunde Keplers.

Nach Verhängung der Reichsacht über den Pfälzer Kurfürsten schickte sich die katholische Reaktion an, mit Hilfe spanischer Hilfstruppen die Pfalz zu erobern. Nachdem der Herzog von Braunschweig die Partei des »Winterkönigs« ergriffen hatte, erfaßte der Krieg bald große Teile Süd- und Nordwestdeutschlands. 1625 trat der dänische König auf seiten der protestantischen Union in den Krieg ein; auch Niedersachsen wurde damit zum Kriegsschauplatz. Inzwischen war die Lage für die kaiserliche Partei bedrohlich geworden. Da stellte Albrecht Eusebius von Waldstein (Wallenstein; 1583–1634) binnen weniger Monate ein Söldnerheer von 30 000 Mann auf. Gemeinsam mit dem Feldherrn der Liga, Johann Graf von Tilly (1559–1632), eroberte er 1627 ganz Norddeutschland.

Wallenstein, ein böhmischer Adliger, war aus karrieristischen Gründen zum Katholizismus übergetreten. Er hatte durch Vermittlung der Jesuiten eine reiche Witwe geheiratet, was ihn zu einem der einflußreichsten Großgrundbesitzer Ostmährens werden ließ. Obwohl er nicht an der Schlacht am Weißen Berge teilgenommen hatte, war sein Beitrag zur Niederschlagung der böhmischen »Rebellion« nicht unerheblich. Durch skrupellose Finanzspekulationen und maßgebliche Beteiligung am Münzbetrug raffte er ein riesiges Vermögen und einen fast 120 000 ha umfassenden Landbesitz zusammen. Seine zweite Ehe mit einer Gräfin verschaffte ihm Zugang zu Hofkreisen und bereitete seine Ernennung zum Reichsfürsten, zum Herzog von Friedland (im Jahre

Albrecht Wenzel Eusebius  
von Waldstein (Wallenstein)  
(1583–1634). Kupferstich  
nach A. v. Dyck



1624) und schließlich zum Generalissimus des kaiserlichen Heeres vor.

Bei aller unterschiedlichen Beurteilung in Geschichtsschreibung und Dichtung war für den Herzog von Friedland auf jeden Fall charakteristisch: maßloser Ehrgeiz, gepaart mit Mißtrauen und Verschlossenheit, ein Hang zu Intrigen und nicht zuletzt eine abergläubische Abhängigkeit von der Konstellation der Sterne. Letzteres brachte ihn auch mit Kepler in Verbindung.

1627/28 stand Wallenstein auf dem Höhepunkt seiner Macht. War er schon früher in den Besitz des Herzogtums Friedland gekommen, so erreichte er jetzt, daß ihm u. a. das schlesische Herzogtum Sagan (Zagán) als Lehen übertragen wurde.

Immer mehr machten die ausländischen Mächte Deutschland zum Schlachtfeld ihrer Entscheidungen. Die deutschen Fürsten – die protestantischen wie die katholischen – bangten zu gleicher Zeit, angesichts der fast unumschränkten Vollmachten Wallensteins, um ihre Rechte. Im Juli 1630 trat in Regensburg ein Kurfürstentag zusammen. Kaiser Ferdinand II. (1619–1637) wurde mit einem allgemeinen Bund der Reichsstände gedroht, falls er nicht auf Wallenstein als Generalissimus verzichte. Der Kaiser entsprach schließlich

tig theologisch interpretierten Aristoteles (384–322 v. u. Z.). Vertreter dieser vorwiegend pantheistischen Philosophie sind in Deutschland u. a. Paracelcus (1493–1541), G. Agricola (1494–1555), Agrippa von Nettesheim (1486–1535); in Italien T. Campanella (1568–1639), B. Telesio (1508 bis 1588), G. Fracastoro (1483–1553), G. Bruno (1548 bis 1600), L. Vanini (um 1585–1619). In dieser Zeit wurden Plato (427–347 v. u. Z.), Pythagoras (um 580–496 v. u. Z.) und der Neuplatonismus progressiv verarbeitet. Gott blieb noch als geheimnisvolles Prinzip erhalten, welches das Leben der Natur und des Menschen lenkte. Aber er wurde in enger Verbindung mit der Natur und dem Menschen gedacht. Die pantheistische Auflösung Gottes in der Natur und einige andere Komponenten führten die Renaissancephilosophen immer mehr zu der Auffassung, die Natur sei die einzige Quelle alles Existierenden. Diese Auffassung verband sich mit mystischen Gedankengängen, die z. T. eine progressive Rolle bei der Zerstörung des orthodox-scholastischen Weltbildes spielten. Aus Pantheismus und Mystik wurde der wichtigste Gedanke der Naturphilosophen der Renaissance gespeist – der Gedanke von der Unendlichkeit der Welt.

Ein wesentlicher Zug dieser Weltdeutung ist der Hylozoismus. Danach wohne der Materie ein Lebensprinzip inne, sie sei in der einen oder anderen Form belebt bzw. beseelt. Dieser Hylozoismus gewann gegenüber ähnlichen Auffassungen der Antike neue Züge, denn die Beseelung begann man nicht als Folge eines besonderen geistigen Prinzips zu betrachten, sondern als Resultat einer bestimmten Verbindung von Naturelementen. Die atomistischen Lehren von Demokrit (um 460–370 v. u. Z.), Epikur (341–270 v. u. Z.), Lucretius (96–55 v. u. Z.) waren den Naturphilosophen der Renaissance bekannt. Auch N. Copernicus (1473–1543) vertritt atomistische Auffassungen. Jedoch spielte der Atomismus in der Naturphilosophie erst im 17. Jahrhundert eine führende Rolle. Die Entwicklung des mechanistischen Materialismus vollzog sich zu diesem Zeitpunkt bei vielen Denkern auf der Grundlage des Atomismus.

Ein zentraler Gedanke der Renaissancephilosophie war die Idee der Einheit von Mikro- und Makrokosmos. Er wurde den scholastisch-theologischen Auffassungen systematisch entgegengesetzt. Aus Unkenntnis der Naturgesetze ge-

langen die Naturphilosophen dabei oft zu einer Anthropomorphisierung der Natur. Dem Prinzip des Anthropomorphismus verdankt auch die Idee der Selbsterhaltung der Dinge als eine der Triebkräfte der Naturerscheinungen ihre Entstehung. Aus dem Anthropomorphismus entsprangen in der Naturphilosophie der Renaissance allerdings auch rein phantastische Vorstellungen. Die Weltseele ist der tiefste Ausdruck des Anthropomorphismus in der Naturdeutung. Mit ihrer Hilfe suchten die Naturphilosophen die der Natur eigene Entwicklung zu erfassen.

Indem die Naturphilosophen Gott und Natur identifizierten, setzten sie Gott und Materie gleich, erklärten sie zum einzigen schöpferischen Wesen. Natur und Materie wurden vollkommener und vollkommenster Ausdruck der Gottheit.

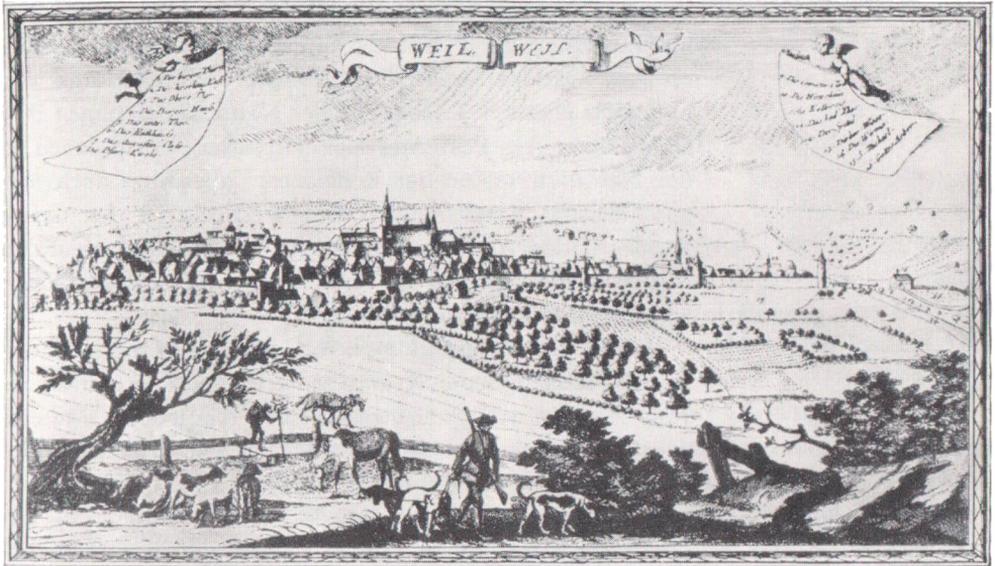
Es gibt in der Renaissancephilosophie bedeutende dialektische Elemente, die an jene naive und spontane Dialektik erinnern, die sich bei vielen Denkern der Antike finden. Sie bestehen vor allem in der Betonung des Zusammenhangs aller Naturgegenstände und Prozesse in ihrer ständigen Bewegung. Elemente der Dialektik verbinden sich auch mit den dynamischen Vorstellungen der Naturphilosophen, die auf stoisch-neuplatonische Vorstellungen von der »Zusammenballung« und »Entzweiung« des Kosmos zurückgehen. Ein weiterer dialektischer Zug ist der Gedanke vom Kampf zweier (entgegengesetzter) Prinzipien als einem Wesenszug der allgemeinen Bewegung der Gegenstände und Erscheinungen der Welt.

Die Philosophie der Renaissance ist eine Zwischenstufe im philosophischen Denken. Sie birgt daher noch viele mittelalterlichen Ideen und nähert sich zugleich – vor allem im 17. Jahrhundert – dem mechanistischen Materialismus. Beide Philosophien entsprachen dem jeweiligen theoretischen Entwicklungsstand und den Anforderungen der Bourgeoisie.

## Kindheit, Jugend und Studium



JOHANNES Kepler wurde am 27. Dezember 1571 (julianischen Kalenders) zu Weil der Stadt geboren. Weil die Stadt war 1275 reichsunmittelbar geworden und gehörte bis 1803, da sie an Württemberg kam, zu den kleinsten »freien Reichsstädten«. In dem kleinen Provinzstädtchen am Rande des



In Weil der Stadt wurde Kepler am 27. Dezember 1571 geboren. Kupferstich

Schwarzwaldes, an einer wichtigen Straßenkreuzung gelegen, lebten damals etwa 200 Bürgerfamilien. Es waren zumeist Handwerker, vorwiegend Weber und Gerber. Vielfach betrieben sie auch – wie damals üblich – noch Ackerbau neben ihrem Gewerbe. Von allen Seiten vom evangelischen Württemberg umgeben, war die Mehrheit der Bewohner in Weil der Stadt katholisch.

Die Keplers waren um 1520 aus Nürnberg nach Weil zugewandert. Einige der Vorfahren hatten 1530 das Adelspatent erhalten. Der Großvater Johannes Keplers war in Weil Bürgermeister und Führer der lutherischen Minderheit. Über seine Eltern schreibt Johannes Kepler: »Mein Vater, Heinrich, ist 1547, am 19. Januar geboren . . . Saturn bracht einen ruchlosen, schroffen, streitsüchtigen und zuletzt einen Menschen von schlimmem Tod hervor . . . im Jahre 1574 war schon mein Vater in Belgien. 1575 ging meine Mutter nach Belgien ab und kehrte mit ihm zurück. Der Vater . . . begab sich nach Leonberg, kaufte ein Haus. 1576 war der Vater von neuem in Belgien. 1577 . . . fiel (er) in Gefahr, gehängt zu werden. Er verkaufte das Haus und begann eine Gastwirtschaft. 1578 zerfleischte eine zerberstende Pulverflasche . . . sein Gesicht. 1579 pachtete er ein angesehenes Gasthaus in Ellmendingen. 1583 wurde mein Vater

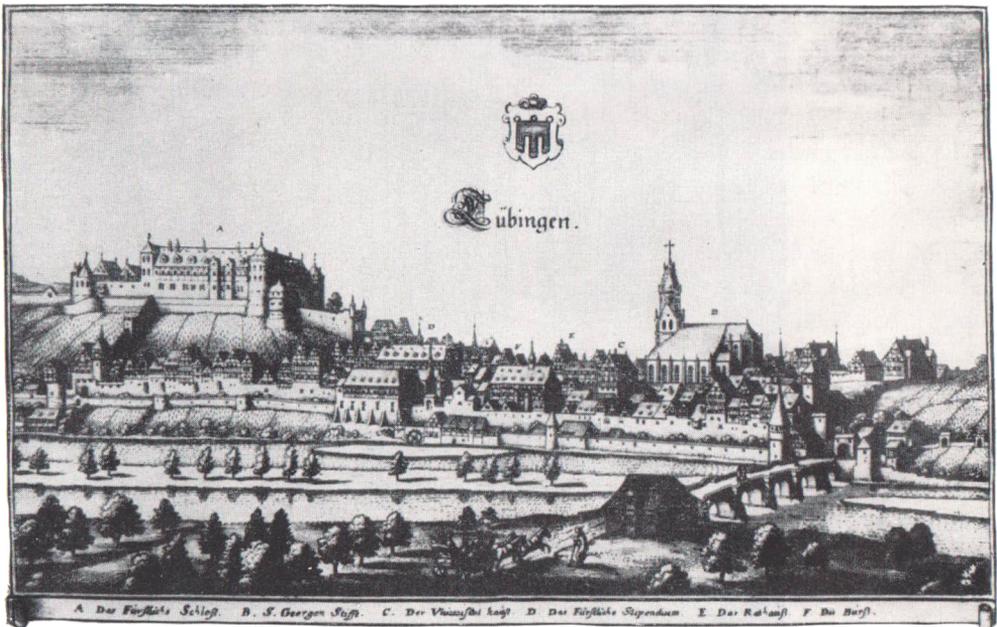
Rechte Seite:  
Keplers Geburtshaus (rechts)  
in Weil der Stadt

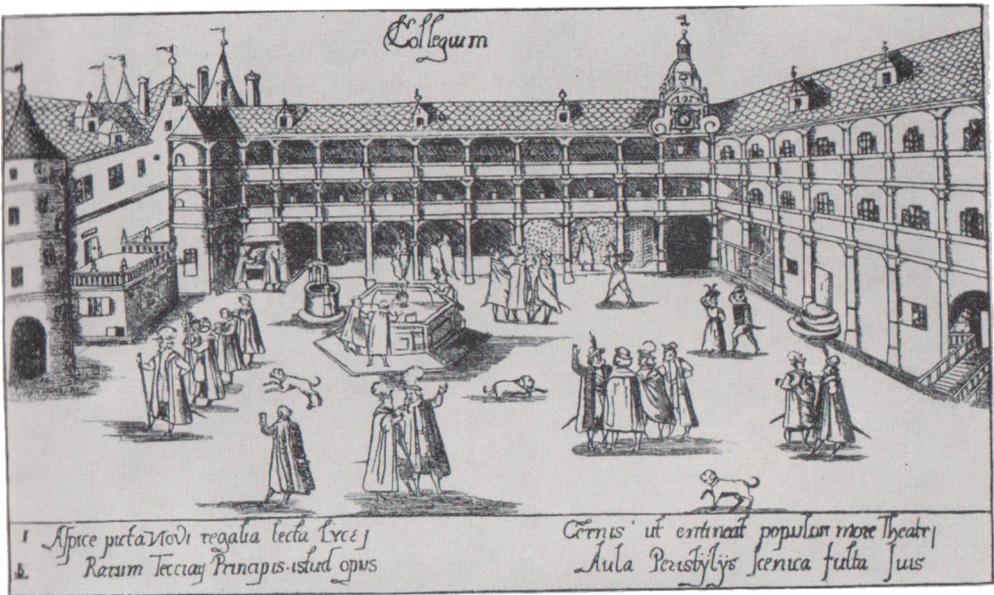


verurteilt, im selben Jahr mußte er die Nutznießung seines Besitztums aufgeben.« (4) Im Jahre 1589 verließ Keplers Vater endgültig seine Familie.

Johannes Kepler war also gerade drei Jahre alt, als sein Vater erstmalig seine Familie verließ. Protestant von seinem Glaubensbekenntnis her wurde er Landsknecht im Dienste des katholischen Königs Philipp II. (1556–1598) und kämpfte gegen seine Glaubensbrüder, die niederländischen Aufständischen. Auch nach seiner zweiten Flucht soll Keplers Vater Soldat gewesen sein. Die ganze Last der Erziehung der Familie lag auf den Schultern von Katharina Kepler, der Mutter des späteren Astronomen. Johannes Kepler hatte noch sechs Geschwister, von denen drei früh verstarben. So wurde die Kindheit des kleinen Hans, wie ihn seine Mutter stets nannte, von ungunen Eindrücken geprägt. Er war dazu ein schwaches und kränkliches Kind. Sein ganzes Leben hindurch war er eigentlich von körperlichem Leid gezeichnet: Er litt an Ausschlag und Geschwüren, eine Leber- und Magenkrankheit zwang ihn zur Beachtung strenger Diätvorschriften, oft quälten ihn Fieber und starke Kopfschmerzen. Hinzu kamen ständig entzündete Augen und Kurzsichtigkeit, die später für seine astronomischen Beobach-

Tübingen im Jahre 1643.  
Kupferstich





Innenhof des Collegium  
illustre zu Tübingen 1589.  
Kupferstich von L. Ditzinger

tungen hinderlich war. Er war nicht nur kurzsichtig, sondern litt auch an unokularer Polyonie: Wenn er z. B. mit einem Auge auf den Mond sah, erblickte er mehrere Monde! Um so bewundernswerter ist die enorme Willenskraft, die in diesem schwachen und kranken Körper steckte. In einer nachgelassenen Selbstdarstellung bekennt Kepler von sich, er habe viele Feinde gehabt. Nach eigener Schilderung war er aufbrausend, leicht verletzlich, ein bequemer Untergebener und bedürfnislos im persönlichen Leben. Jedenfalls entwickelte er eine Phantasie von einer sich nimmer erschöpfenden Lebhaftigkeit, gleichzeitig besaß er eine außerordentliche Schärfe des Geistes, eine ungewöhnliche Begabung für das Exakte, eisernen Fleiß, strengste Liebe zur Wahrheit, die jedem Selbstbetrug entging, und ein hohes Vermögen an Selbstkritik.

Die lutherischen Herzöge von Württemberg hatten früh die Bedeutung von gebildeten Theologen für die Landeskirche, deren Oberherr sie waren, und von gebildeten Beamten für den Staatsdienst erkannt. Die künftigen Theologen und Beamten wurden an der württembergischen Landesuniversität Tübingen ausgebildet. Der Vorbereitung auf die Universität dienten eine Vielzahl von dreiklassigen Lateinschulen und Seminaren bzw. Klosterschulen. Kepler absol-

MICHAELIS MASTLINI, GOEP-  
FINGENSIS, NATI ANNO 1550. 30.  
SEPTEMB. MATHEM. IN INCLYTA.  
TVBING. ACADEMIA, AB ANNO 1584.  
PROFESSORIS EFFIGIES ANNO 1610.



vierte zunächst die deutsche Elementarschule und dann die Lateinschule zu Leonberg. Hier hatte er bis zu seinem Tode Heimatrecht.

Der schwächliche Knabe erschien seinen Eltern für einen praktischen Beruf ungeeignet. So entschlossen sie sich für die geistliche Laufbahn – er sollte lutherischer Pfarrer werden. Zur Vorbereitung war der Besuch einiger Seminare erforderlich. Am 16. Oktober 1584 erfolgte sein Eintritt in die Klosterschule Adelberg. Ab November 1586 setzte er seine Ausbildung an der Seminaristenschule zu Maulbronn fort, die der unmittelbaren Vorbereitung auf das Studium an der Tübinger Universität diente. Am 25. September 1588 wurde Johannes Kepler in Tübingen Baccalaureus. Er mußte aber noch ein weiteres Jahr in Maulbronn seine Studien fortsetzen, bis er im September 1589 als Stipendiat des württembergischen Herzogs die Tübinger Universität beziehen konnte. Wie Kepler später selbst schrieb, war sein Leben in Tübingen ereignisarm. Das berühmte »Tübinger Stift« war Keplers Bildungs- und Erziehungsstätte. Das Stift wurde durch Jahrhunderte zu der zentralen, mit Stipendien für Bedürftige versehenen Bildungseinrichtung für Pfarrer und Lehrer des Landes Württemberg und darüber hinaus für viele Vertreter außerhalb Württembergs. An dieser berühmten Bildungsstätte, aus der später auch F. Hölderlin (1770–1843), G. W. F. Hegel (1770–1831) und F. W. J. Schelling (1775 bis 1854) hervorgehen sollten, mußte Kepler zunächst zwei Jahre die Artistenfakultät durchlaufen, bevor er sich dem eigentlichen Theologiestudium widmen durfte. Kepler war ein guter, vielseitig interessierter Student. Am 11. August 1591 schloß er die Artistenfakultät mit der Magisterwürde ab. Schon in dieser Zeit wurde Kepler in die platonisch-neuplatonische Philosophie eingeführt. Daneben las er u. a. die Werke von N. Cusanus (1401–1464) und – selbstverständlich – Aristoteles (384–322 v. u. Z.), vor allem dessen »Physik« und die »Analytica posteriora«. Aufgrund seiner Ausbildung las Kepler fließend Griechisch, schrieb Latein oder Deutsch. Bereits in seiner Studentenzeit galt er als ein Meister im Horoskopstellen. Hinzu kam seine große Liebe zur Astronomie, speziell zur Lehre des Copernicus, die er durch den Tübinger Professor für Astronomie und Mathematik, M. Mästlin (1550–1630), kennenlernte, der in seinem Leben auch noch später eine wesentliche Rolle spielen

Keplers Lehrer Mästlin (1550–1630) gab den Anstoß zur Beschäftigung mit der copernicanischen Lehre. Gemälde

sollte. Mästlin war zwar überzeugter Anhänger des Copernicus, lehrte aber offiziell die ptolemäische Lehre, denn die copernicanischen Auffassungen waren bei der damals am Tübinger Stift herrschenden Orthodoxie verpönt. Mästlin wollte seine Professorenexistenz nicht durch oppositionelle Lehren aufs Spiel setzen. Der Magister erkannte sehr früh die außergewöhnliche Begabung Keplers für Astronomie und Mathematik. Im kleinen Kreis sprach Mästlin auch über Copernicus und entzündete so bei Kepler den Funken, aus dem später die Flamme schlagen sollte. Rückschauend schrieb Kepler in der »Vorrede an den Leser« im »Mysterium Cosmographicum«: »Schon zu der Zeit, als ich mich vor sechs Jahren in Tübingen eifrig dem Verkehr mit dem hochberühmten Magister Michael Mästlin widmete, empfand ich, wie ungeschickt in vieler Hinsicht die bisher übliche Ansicht über den Bau der Welt ist. Ich ward daher von Copernicus, den mein Lehrer sehr oft . . . erwähnte, so sehr entzückt, daß ich nicht nur häufig seine Ansichten in den Disputationen der Kandidaten verteidigte, sondern auch eine sorgfältige Disputation über die These, daß die »erste Bewegung« von der Umdrehung der Erde herrühre, verfaßte. Ich ging schon daran, der Erde aus physikalischen oder, wenn es dir besser gefällt, aus metaphysischen Gründen auch die Bewegung der Sonne zuzuschreiben, wie es Copernicus aus mathematischen Gründen tut.« (5) Kepler bewahrte sein Leben lang Dankbarkeit für Mästlin, die dieser ihm allerdings nicht vergalt. Mästlin ist es wohl auch gewesen, der Kepler vor Ablauf seines Theologiestudiums als Lehrer nach Graz empfohlen hat.

Schon früh regen sich beim jungen Kepler Zweifel an den Grundlehren der lutherischen Kirche, in deren Geist er erzogen wurde. Grundlage ihres Lehrinhalts war seit 1580 das von Jakob Andreae (1528–1590) verfaßte Konkordienbuch. Eckpfeiler in dieser »Formula Concordiae« waren die darin niedergelegten Glaubensartikel von der Allgegenwart Christi und die schon von Luther vertretene Auffassung, daß sich im Abendmahl das Brot buchstäblich in den Leib Christi verwandle. Die Calvinisten vertraten einen vernunftgemäßen Standpunkt. Rückschauend schrieb Kepler im Jahre 1625: »So kam die Berufung im Jahr 1594 zum Mathematiklehrer in der Steiermark recht gelegen. Es war bereits bei mir ein Abscheu gegen diesen Streit (zwischen Calvinisten und Lu-

# Prodromus

DISSERTATIONVM COSMOGRA-  
PHICARVM, CONTINENS MYSTE-  
RIVM COSMOGRAPHI-  
CVM,

## DE ADMIRABILI PROPORTIONE ORBIVM COELESTIVM, DE QVE CAVSIS cœlorum numeri, magnitudinis, motuumque pe- riodicorum genuinis & pro- prijs,

DEMONSTRATVM, PER QVINQVE  
regularia corpora Geometrica,

A

M. IOANNE KEPLERO, VVIRTEM-  
bergico, Illustrum Stryia provincia-  
lium Mathematico.

Quotidie morior, fatcorque sed inter Olympi  
Dum tenet assiduas me mea cura vias:  
Non pedibus terras contingo: sed ante Tonantem  
Nectare, diuina pascor & ambrosiâ.

*Addita est eruditâ NARRATIO M. GEORGII IOACHIMI  
RHETICI, de Libris Revolutionum, atq; adiuuandis de numero, or-  
dine, & distantia Stellarum Mundi hypothesis, excellentissimi Ma-  
thematici, tertiusq; Astronomi Reformatoris D. NICOLAI  
COPERNICI.*



T V B I N G A

Excudebat Georgius Gruppenbachius,

ANNO M. D. XCVI.

Titelblatt der Erstausgabe  
von Keplers »Mysterium  
Cosmographicum« (Welt-  
geheimnis, 1596)

theranern – d. Verf.) groß geworden... da begann ich ernste Bedenken zu haben, der so häufigen Verdammung der Calvinisten beizustimmen, und dies auch in der Sache des Hl. Abendmahls: denn wenn diesen, nach meinem Urteil, Unrecht geschah bezüglich des einen Kapitels über die Person Christi, so dürfte ihnen ohne Zweifel auch Unrecht geschehen bezüglich des anderen Kapitels über das Hl. Abendmahl.« (6) Dagegen hielt er wiederum die von den Calvinisten vertretene strenge Prädestinationslehre für un-

menschlich. Allerdings ist Kepler nicht wegen etwaigen Verdachts oppositioneller Auffassungen nach Graz gesandt worden, sondern weil die Fakultät (speziell Mästlin) mit ihrem mathematisch und astronomisch versierten Schüler Ehre einzulegen hoffte. So verließ er ohne theologisches Examen das »Stift« mit seiner strengen, fast mönchischen Zucht.

## Vom Kalendermacher zum Astronomen

**A**M 11. April 1594 traf Johannes Kepler in Graz ein. Graz, die schöne Stadt an der Murr, war damals die Hauptstadt Innerösterreichs mit den Ländern Steiermark, Kärnten und Krain. Nach einem erhaltenen Vorlesungsverzeichnis wurde Kepler bereits seit dem 1. April gleichen Jahres an der 1574 gegründeten Grazer Landschafts- oder Stiftsschule als »Mathematicer und Calendermacher« angestellt. Sein offizieller Titel lautete: »Einer ehrsamten Landschaft des Herzogtums Steier Mathematicus«. Kepler, aus dem völlig evangelischen Württemberg kommend, sah sich hier einer gänzlich anderen Situation gegenüber. Adel und Bürgertum waren zumeist evangelisch, das Herrscherhaus dagegen katholisch. Mit Hilfe der Jesuiten versuchte Erzherzog Ferdinand II. von Steiermark (1578–1637), als er 1596 die Regierung übernahm, sein Land zu rekatholisieren. Im September 1598 verfügte er die Auflösung des evangelischen Kirchen- und Schulministeriums der Residenzstadt Graz; die evangelischen Beamten hatten das Land zu verlassen. Wenn Kepler schon im Oktober des gleichen Jahres zurückkehren durfte, so deshalb, weil er wissenschaftlich auch bei Hofe und bei den Jesuiten hoch geschätzt wurde und letztere auf seinen Übertritt zur katholischen Kirche hofften. Da die Landschaftsschule geschlossen war, konnte sich Kepler unter Beibehaltung seines Gehaltes ganz seinen astronomischen und philosophischen Forschungen widmen. Als dann 1600 auch ihn die Ausweisung traf, hatte er bereits einen neuen Wirkungskreis bei Tycho Brahe in Prag gefunden. Kepler hatte an der Landschaftsschule Mathematik und Astronomie zu unterrichten. Im ersten Jahr seines Wirkens hatte er nur wenige, im zweiten gar keine eigenen Schüler. Kepler soll, wie viele große Wissenschaftler, kein guter Lehrer gewesen sein. Er schweifte oft ab und

setzte zuviel voraus. Zu seinen Pflichten an der Landschaftsschule gehörte es, jährlich den von den »landschaftlichen« Buchdruckern hergestellten Kalender zu verfassen. Dafür erhielt er ein jährliches Gehalt von 150 Gulden, wozu nach seiner Verhehlung ein »Zimmer- und Hausgeld« kam. Das Gehalt war zwar kärglich, aber es wurde ihm jedenfalls pünktlich gezahlt. Der von Kepler anzufertigende Kalender bestand aus zwei Teilen: dem eigentlichen Kalender und dem Prognosticum oder der »Practic«. Die »Practic« mußte Aussagen über Wetter- und Ernteaussichten, Krieg und Seuchengefahr, politische und religiöse Ereignisse enthalten. Der Leser sollte daraus entnehmen, an welchen Tagen man säen oder ernten durfte, wann man sich zur Ader lassen sollte, wann es Kälte, Hitze, Hagel, Gewitter usw. geben werde. Schon der erste Kalender war ein großer Erfolg. Er hatte u. a. grimmige Kälte und Türkeneinfall vorausgesagt. Beides traf ein. In der Grazer Zeit wurden von Kepler sechs Kalender verfaßt, von denen vier erhalten blieben. Kepler – darauf sei ausdrücklich hingewiesen – verfaßte Kalender aus drei Gründen: weil es zu seinen dienstlichen Verpflichtungen gehörte, da er Geld brauchte und weil er in den Kalen-

In Graz lebte Kepler von April 1594 bis Oktober 1600. Kupferstich von M. Merian d. Ä.



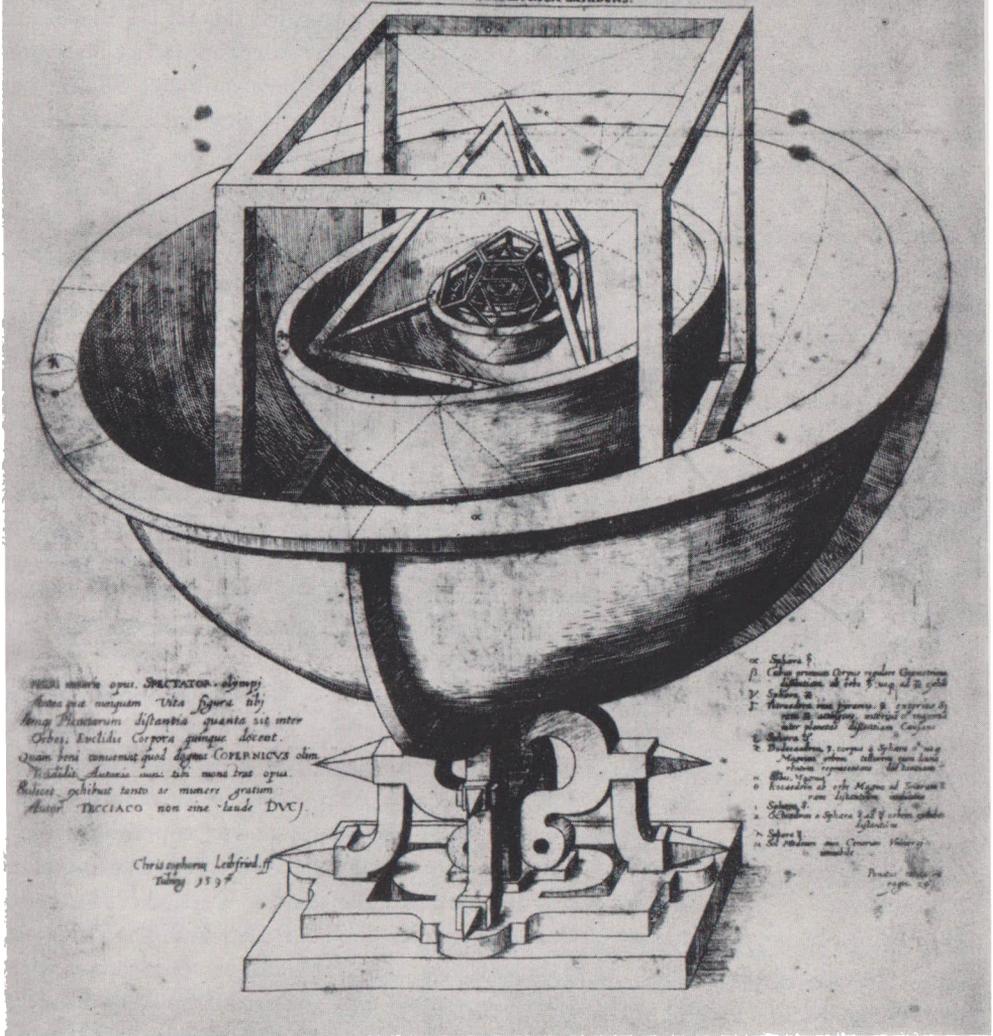
dern der breiten Masse seine Auffassungen darlegen konnte. So schrieb er am 9. Dezember 1598 an Mästlin: »Bei allen Prognostiken sehe ich darauf, daß ich mit Sätzen, die sich gerade darbieten und die mir wahr erscheinen, meinem . . . Leserkreis einen frohen Genuß an der Größe der Natur bereite, in der Hoffnung, die Leser lassen sich vielleicht dadurch zu einer Erhöhung meines Gehaltes verlocken . . .« (7)

Ein weiteres Wort Keplers dürfte noch eindeutiger sein: »Es ist wol diese *Astrologia* ein närrisches Töchterlein . . . aber lieber Gott/wo wolt jhr Mutter die hochvernünftige *Astronomia* bleiben/wann sie diese jhre närrische Tochter nit hette/ist doch die Welt viel närrischer/vnd so närrisch/daß deroselben zu jhren selbst frommen diese alte verständige Mutter die *Astronomia* durch der Tochter Narrentaydung/weil sie zumal auch einen Spiegel hat/ nur eyngeschwatzt vnd eyngelogen werden muss. Vnd seind sonsten der *Mathematicorum salaria* (hier Besoldungen – d. Verf.) so seltsam vnd so gering/dass die Mutter gewißlich Hunger leyden müste/wann die Tochter nichts erwürbe.« (8)

Damit ist nicht gesagt, daß Kepler nicht an den Einfluß der Sterne auf den Menschen geglaubt hat. Jedoch unterscheidet sich seine Ansicht erheblich von der des herkömmlichen Aberglaubens. Keplers astrologische Vorstellungen sind nur richtig begreiflich aus dem Wissensstand seiner Zeit und aus seinem, noch darzustellenden Pantheismus, in dem die Lehre von der Einheit von Makro- und Mikrokosmos eine gewichtige Rolle spielt. Dementsprechend schrieb Kepler auch am 9./10. April 1599 an seinen Vertrauten, den bayerischen Kanzler J. G. Herwart von Hohenburg (1533 bis 1622): Der Himmel »Verleiht dem Menschen nicht Sitten, Geschehnisse, Glück, Kinder, Reichtum, Gattin, aber er formt all das, womit es der Mensch zu tun hat«. (9)

Bereits am 3. Oktober 1595 hatte Kepler Mästlin den Plan seines ersten großen Werkes, des »Mysterium Cosmographicum« (Weltgeheimnis) mitgeteilt, das 1596 in Tübingen erschien. In diesem Brief heißt es: »Wir sehen, daß Gott die Weltkörper in bestimmter Anzahl erschaffen hat. Die Maßzahl aber ist das Bestimmende für die Größe, ich meine die Maßzahlen für die Welt. Denn vor der Welt gab es keine Zahl außer der Dreiheit, die Gott selber ist . . . die Welt ist eine doppelte: eine bewegte und eine ruhende. Diese ist ein Abbild des an sich betrachteten göttlichen Wesens,

TABULA MIOBBIVM PLANETARVM DIMENSIONES, ET DISTANTIAS PER QVINQVE  
REGVLARIA CORPORA GEOMETRICA EXHIBENS.



Zeichnung des Weltgeheimnis-Modells aus dem »Mysterium Cosmographicum«. Kepler versuchte in diesem Werk, die Zahl der existierenden Planeten zu erklären.

jene ist ein Abbild Gottes, insofern er der Schöpfer ist und daher dem Rang nach geringer... Das Krumme aber wird in natürlichster Weise mit Gott, das Gerade mit der Kreatur in Vergleich gesetzt. So zeigt sich an der Kugel die Dreiheit: die Oberfläche, der Mittelpunkt, der Inhalt. Ebenso in

der ruhenden Welt: die Fixsterne, die Sonne und die Luft oder der Äther im Zwischenraum; in der Dreifaltigkeit: Sohn, Vater, Geist . . . wie nun die Sonne inmitten der Wandelsterne steht, selber ruhend und doch Quelle der Bewegung, zeigt sie das Abbild Gottes des Vaters, des Schöpfers. Denn was bei Gott die Schöpfung ist, das ist bei der Sonne die Bewegung. Und wie der Vater der Schöpfer ist im Sohne, so ist die Sonne das Bewegende innerhalb der Sphäre der Fixsterne . . . Die Sonne aber teilt die Bewegungskraft durch den Zwischenraum hin aus, in dem sich die Wandelsterne befinden, wie der Vater als Schöpfer tätig ist durch den Geist oder in Kraft seines Geistes.« (10)

Die Ausgangshypothese von Keplers »Mysterium Cosmographicum« war falsch. Aber dennoch lassen sich hier viele wertvolle Gedanken und Keime seiner späteren Weltanschauung aufdecken. Das gilt besonders für die Rolle, die er der Einheit von Harmonie und Geometrie beimißt.

Ausgehend von dieser Einheit glaubte Kepler, eine Analogie zwischen der Musik und der Bewegung der Gestirne herstellen zu können. Das ist der wesentliche Inhalt von Keplers »Sphärenharmonie«. Sie erlaubt einen Blick auf Keplers philosophische Grundhaltung. Die »Sphärenharmonie« ist astronomisch ein Irrweg. Aber Kepler hat noch in der »Weltharmonik« (1619) großen Raum und große Sorgfalt auf ihre Begründung verwandt.

Schon in der Einführung zum »Mysterium« und im ersten Kapitel des 23 kurze Kapitel und zwei Anhänge enthaltenden Werkes bekennt er sich begeistert zu Copernicus. Dieses Werk Keplers war das erste unzweideutige Bekenntnis eines Berufsastronomen zur Verteidigung der copernicanischen Lehre, der Beginn ihrer triumphalen Verbreitung. Bedeutsam ist weiterhin, daß Kepler seinem Werk die »Narratio prima« (ersten Bericht) des G. J. Rheticus (1514–1576) vom Jahre 1540 beigab. Im Hauptteil dieses »Berichtes« wird die Lehre des Copernicus und dessen damals noch nicht erschienenen Manuskript »De revolutionibus« in begeisterten Worten geschildert.

Der spekulative Grundgedanke von Keplers »Weltgeheimnis« wird oft zitiert, er mag auch hier nicht fehlen: »Die Erde ist das Maß für alle andere Bahnen. Ihr umschreibe ein Dodekaeder; die dieses umspannende Sphäre ist der Mars. Der Marsbahn umschreibe ein Tetraeder, die dieses

umspannende Sphäre ist der Jupiter. Der Jupiterbahn umschreibe einen Würfel; die diesen umspannende Sphäre ist der Saturn. Nun lege in die Erdbahn ein Isokaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist die Venus. In die Venusbahn lege ein Oktaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist der Merkur. Da hast Du den Grund für die Anzahl von Planeten.« (11)

Als Fünfzigjähriger stellte Kepler rückschauend auf das »Mysterium« fest: »So nahm für mich die Richtung meines ganzen Lebens, meiner Studien und Werke ihren Ausgang von diesem einen Büchlein.« (12) Die neuplatonisch-pythagoräische Ausgangsposition ist nicht so zu verstehen, als habe Kepler starr an einer vorgefaßten Meinung festgehalten und sie an den Tatsachen zu belegen versucht. Im Gegenteil! Das wird z. B. aus einem Brief Keplers an D. Fabricius (1564–1617) deutlich. Dieser friesische Pfarrer entdeckte den Mira Ceti, den veränderlichen Stern im Walfisch. Kepler, der Fabricius als einen der besten Beobachter nach T. Brahe (1546–1601) rühmte, schrieb ihm am 4. Juli 1603: »Ihr meint . . ., daß ich mir zuerst irgend eine gefällige Hypothese ausdenke und mir selber bei ihrer Ausschmückung gefalle, sie dann aber erst an den Beobachtungen prüfe. Da täuscht ihr Euch aber sehr. Wahr ist vielmehr, daß ich, wenn eine Hypothese mit Hilfe von Beobachtungen aufgebaut und begründet ist, hernach ein wundersames Verlangen verspüre zu untersuchen, ob ich darin nicht irgendeinen natürlichen, wohlgefälligen Zusammenhang entdecken kann. Aber nie stelle ich zuvor ein abschließendes Urteil auf.« (13) Es ging ihm also um das Tatsächliche. Damit steht er in Einklang mit den Forderungen F. Bacons (1561–1626). Kepler zeigte sich auch hier als Feind der Scholastik, als Bahnbrecher eines neuen Denkens in Philosophie und Naturwissenschaft.

Am 27. April 1597 heiratete Kepler Barbara Müller (1573 bis 1611), die reiche Tochter eines Mühlenbesitzers. Kepler schrieb, er wolle sich mit seiner reichen Heirat eine gewisse materielle Unabhängigkeit erwerben. Es sollte keine glückliche Ehe werden. Von den fünf Kindern verstarben drei sehr früh. Frau Barbara selbst hatte für die Tätigkeit ihres Mannes kein Verständnis. Aus den Briefen Keplers läßt sich folgendes Bild von ihr zeichnen: Die »niedere« Stellung ihres Mannes entsprach nicht ihrem Ehrgeiz, von seinen Pro-

Johannes Kepler und seine  
erste Frau Barbara  
geb. Müller um 1597.  
Ölmedaillons



blemen verstand sie nichts und wollte auch nichts davon verstehen. Sie neigte zu Schwermut, fühlte sich stets einsam und war geizig. Wahrscheinlich litt sie an chronischer Neurasthenie. Ständig störte sie ihren Mann in seiner Arbeit.

In Graz waren Keplers menschliche und wissenschaftliche Beziehungen nicht durch Grenzpfähle nach Standes- und Konfessionszugehörigkeit eingengt. Der Kreis, in dem er hier lebte, entsprach jedoch nicht seiner geistigen Größe. Möglicherweise hatte er auch deshalb an Brahe in Prag sein »Mysterium Cosmographicum« gesandt und war damit freundlich aufgenommen worden. Eine Einladung Brahés, ihn in Prag zu besuchen, lag vor. Lange hatten die gegenreformatorischen Kräfte, besonders die Jesuiten, gehofft, den von ihnen geschätzten Astronomen und Kalendermacher um den Preis von Zugeständnissen für sich gewinnen zu können. Diese Hoffnung war trügerisch. Bis zuletzt hoffte Kepler auf eine Berufung nach Tübingen. Aber vergeblich. Im Januar 1600 setzte sich eine Karosse in Bewegung, die Kepler nach Prag führte, einer neuen und entscheidenden Station seines Lebens entgegen. Weilte er erst besuchsweise bei Brahe in der »goldenen Stadt«, so übersiedelte der Astronom im Herbst 1600 endgültig nach Prag.

## Begründung der geometrischen Optik



N Prag lebte Kepler von 1600–1612. Es war die schöpferischste Periode in seinem Leben. In dieser Zeit legte er die Grundlagen für die instrumentelle Optik und die theoretische Astronomie. Unter den von ihm in diesen Jahren veröffentlichten Werken sind zwei Arbeiten zur Optik, die »Ad Vitellionem Paralipomena« (Geometrische Optik, 1604) und die »Dioptrice« (Dioptrik, 1611) sowie sein wichtigstes astronomisches Werk, die »Astronomia nova« (Neue Astronomie, 1609) besonders hervorzuheben. Die »Geometrische Optik« versteht sich, wie der lateinische Titel »Paralipomena« sagt, als eine Ergänzung zu Witelos »Perspectiva« (um 1270). Witelo (geb. um 1230) war ein Kompilator von erstaunlichen Kenntnissen gewesen. Er hatte Überkommenes gesammelt, übersichtlich geordnet, das eine und andere Neue hinzugefügt und so ein Werk hinterlassen, welches das gesamte Wissen der Zeit über optische Dinge systematisch nach Theorie und Erfahrung zusammenfassend, für Jahrhunderte als wichtigstes Lehrbuch der Optik diente; Witelos Auffassungen zur Optik waren auch auf L. da Vinci (1452–1519) von gewissem Einfluß. In Keplers »Paralipomena« äußert sich noch oft der Standpunkt der aristotelisch-scholastischen Philosophie, so z. B. in seiner Auffassung des Lichtes. Aber er entwickelt in diesem Werk auch – erstmalig richtig – die Theorie des Sehens. Er gibt eine ausführliche Beschreibung der Anatomie des Auges. Als erster erklärt er am Auge die Wirkung der Kristalllinse. Außerdem veröffentlichte Kepler in Prag eine Reihe von anderen Arbeiten, von denen hier

In Prag lebte Kepler von  
Oktober 1600 bis Mai 1612.  
Kupferstich





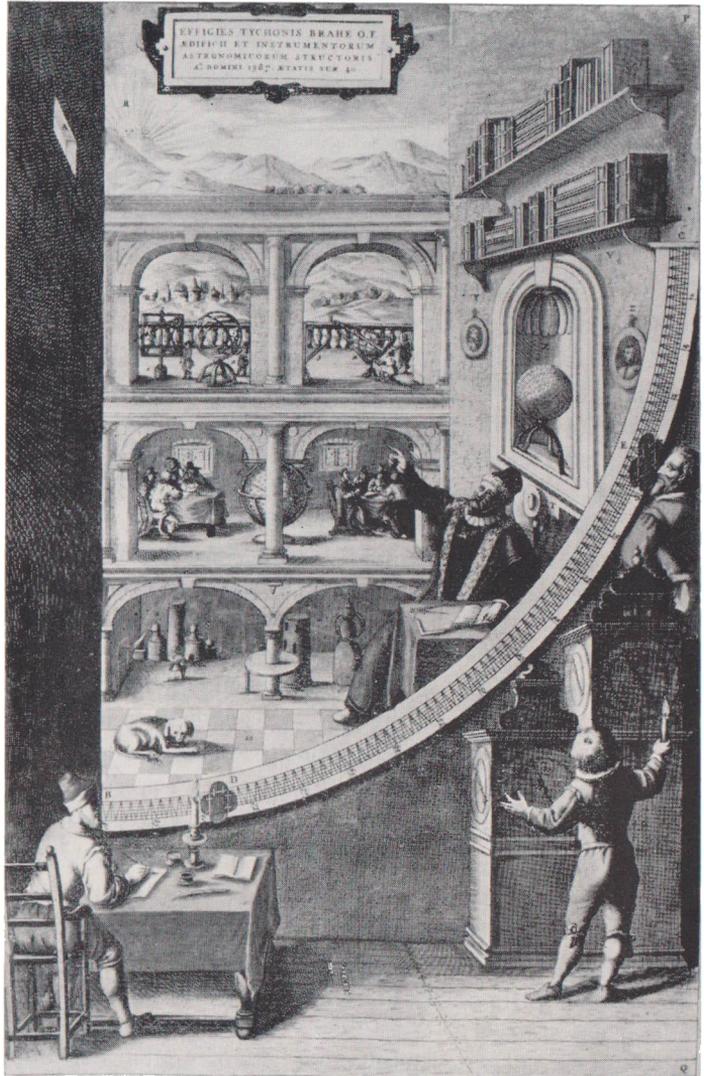
Tycho Brahe (1546–1601).  
Kupferstich

nur »De Stella Nova« (1606), »Dissertatio cum Nuncio Sidereo« (1610) und »Strena seu di nive Sexangula« (1611) genannt seien.

Prag wies nichts von der kleinstädtischen Enge auf, die Kepler in Graz so bedrückt hatte. Prag war eine Weltstadt, die Hauptstadt des Reiches und die Residenz des Kaisers, ein Mittelpunkt kommerzieller Betriebsamkeit und politischer Aktivitäten.

Zunächst wirkte Kepler als Assistent Brahes. Dieser bedeutende dänische Astronom war im Juni 1599 nach Prag gekommen. Im November 1572 erblickte Brahe erstmalig den sehr hellen »Neuen Stern« im Sternbild der Cassiopeia. Dabei gelangte er zu der das aristotelische Dogma von der Unveränderlichkeit des Himmels erschütternden Feststellung, daß diese Erscheinung ein Gebilde eben jener Region und nicht unseres als veränderlich geltenden sublunaren Bereiches sei. Seit dieser Zeit widmete Tycho der Astronomie sein Leben. Er war zu der Überzeugung gelangt, daß richtige Tafeln der Planetenbewegungen nur aus einer langen Reihe systematischer Beobachtungen abgeleitet werden können. Auf der nördlich von Kopenhagen im Sund gelegenen Insel Hven begann Brahe 1576 mit dem Bau seiner Sternwarte Uranienburg. Mit soliden, z. T. von ihm selbst erfundenen

denen bzw. verbesserten Instrumenten legte er in den 80er und 90er Jahren ein riesenhaftes Beobachtungsmaterial an. Aus seinen Beobachtungen schloß Brahe, daß sich die Erde nicht in Bewegung befinden könne. Andererseits erschien ihm das Weltmodell des Ptolemaios mit seinen vielen Epizykeln als zu kompliziert. Er entwickelte ein neues Weltmodell, das Kepler jedoch nie akzeptierte, obwohl ihm Brahe dessen Verteidigung noch auf dem Sterbebett nahegelegt hatte. Es war ein großes Verdienst Brahes, Keplers

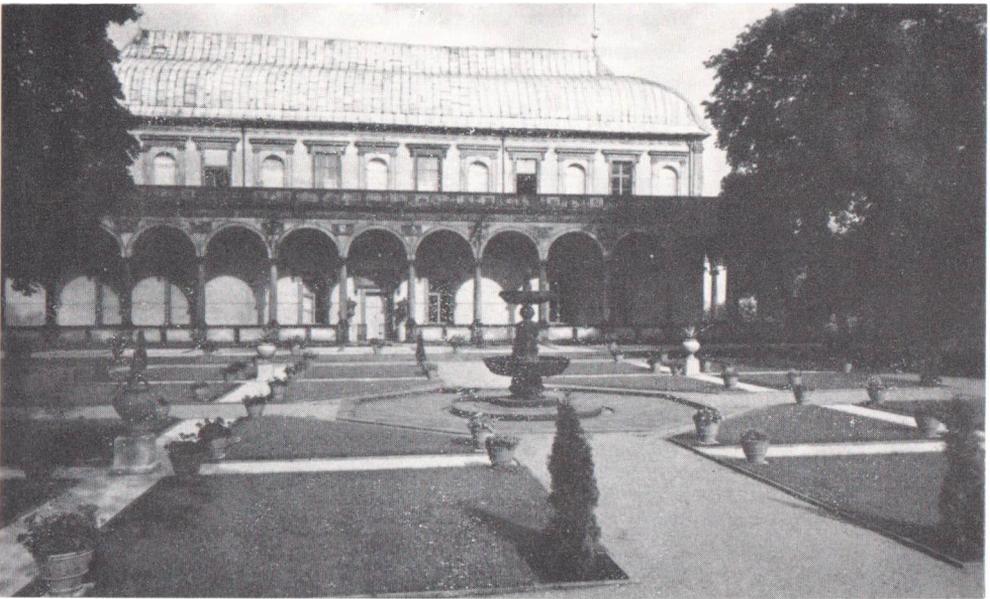


Observatorium Brahes auf der Insel Hven im Jahre 1587. Kupferstich

Bedeutung sofort erkannt zu haben. Aber auch Kepler schätzte Brahe völlig richtig ein: »Tycho besitzt die besten Beobachtungen und damit gleichsam das Material zur Auf-  
führung eines neuen Gebäudes; er hat auch Arbeiter und alles was man wünschen mag. Es fehlte ihm nur der Architekt, der dies alles nach eigenem Plan nützt.« (14) Dieser geniale Architekt sollte Kepler werden. Nach Brahes unerwartetem Tod wurde Kepler kaiserlicher Mathematiker.

In Prag lebte Kepler unbehelligt. Er hatte Freunde unter den Lutheranern, den Katholiken, den böhmischen Brüdern und den Calvinisten. Seine neuen wissenschaftlichen Ideen und Entdeckungen fanden bei Vertretern des Hofes und des Hochadels Verständnis. Zu seinen Freunden gehörte der kaiserliche Hofrat J. M. Wacker von Wackenfels. Er überbrachte Kepler im März 1610 die Nachricht von der Entdeckung der Jupitermonde durch G. Galilei (1564–1642). Häufig stritten Wacker und Kepler über G. Bruno und dessen Annahme von unzähligen Fixsternen mit Planeten gleich der Sonne. Kepler lehnte diese Auffassung Brunos ab, so sehr er sich auch sonst dessen Auffassungen verbunden fühlte. (So teilte Kepler z. B. Brunos Auffassung, daß auch andere Gestirne belebt seien.) Zu Keplers Freunden aus dem böhmischen Adel gehörten weiter P. Wok von Rosenberg (1539 bis 1611) und W. Budowecz a Budowa, einer der Führer der böhmischen Aufständischen von 1618 und Inauguratoren des »Prager Fenstersturzes«. Als Führer der ständischen Opposition wurde er nach dem Sieg der Habsburger am 21. Juli 1621 mit 26 anderen Vertretern des böhmischen Adels hingerichtet. Zu den Hingerichteten gehörte auch ein weiterer Freund Keplers: J. Jessenius (geb. 1556). Der bekannte Anatom und zeitweilige Rektor der Karlsuniversität hatte Kepler an Sektionen teilnehmen lassen. Kepler verdankte ihm viele Kenntnisse über den anatomischen Bau des Auges, derer er zur Erklärung des Sehvorgangs in seiner »Optik« bedurfte.

Fremde Fürsten und Gesandte zogen Kepler gern ins Gespräch. Dieser suchte solche Gespräche um so mehr, als diese Gäste häufig Überbringer neuer wissenschaftlicher Nachrichten waren. Aber auch einem Gespräch mit den einfachen Menschen Prags, die ihn vornehmlich über seine astrologischen Auffassungen und Wetterprognosen befragten, wich er nicht aus. Kepler selbst sieht seine Stellung in Prag so: »Hohe Ehren und Würden gibt es bei mir nicht; ich lebe hier auf der



Das königliche Lustschloß in Prag (später Belvedere) diente Brahe und später Kepler als Wohnstätte und Observatorium. Kepler selbst hat seine Wohnung in Prag mehrfach gewechselt, so wohnte er u. a. von 1607 bis 1612 in der Karlsgasse (an diesem Haus befindet sich heute eine Gedenktafel).

Bühne der Welt als einfacher Privatmann. Wenn ich einen Teil meines Gehaltes bei Hofe herauspressen kann, bin ich froh, nicht ganz aus eigenem leben zu müssen. Im übrigen stelle ich mich so, als wenn ich nicht dem Kaiser, sondern dem ganzen Menschengeschlecht und der Nachwelt diene. In dieser Zuversicht verachte ich mit geheimem Stolz alle Ehren und Würden und dazu, wenn es nötig ist, auch jene, die sie verleihen. Als einzige Ehre rechne ich es mir an, daß ich durch göttliche Fügung an die tychonischen Beobachtungen gesetzt worden bin.« (15)

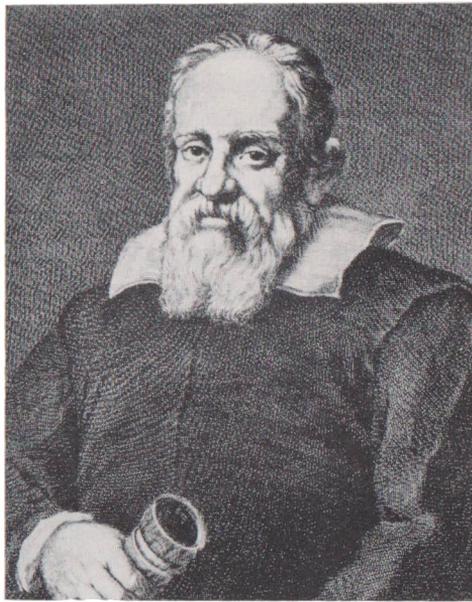
Schon in Graz hatte Kepler einen umfangreichen Briefwechsel geführt. In Prag verstärkte sich dieser Zug, und bis an sein Lebensende sollte er anhalten. E. Bruce, ein Engländer, der viel mit Galilei verkehrte, schrieb aus Italien; aus England kamen Briefe von dem bekannten englischen Mathematiker T. Harriot (1560–1621). Mit Mitgliedern der »Societas Jesu« korrespondierte Kepler über die Sonnenfinsternis, vornehmlich aber über chronologische Fragen. Im Briefwechsel Keplers nimmt einen besonderen Platz die Korrespondenz mit D. Fabricius, dem bereits erwähnten eifrigen Erforscher der Himmelsvorgänge, ein. Obwohl sich beide nie gesehen haben und Fabricius in vielem anderer Meinung als Kepler



des toskanischen Gesandten in Prag ein Exemplar des Galileischen »Sidereus Nuncius« mit der Bitte Galileis, Kepler möge sich dazu äußern. Kepler war Galilei kein Unbekannter mehr. Er hatte 1597 ein Exemplar seines »Mysterium Cosmographicum« an den Paduaner Gelehrten gesandt und dessen Dank dafür empfangen. In seinem Antwortbrief hatte sich Galilei gleichzeitig zur Lehre des Copernicus bekannt, aber eingestanden, daß er sich öffentlich mit bekenneenden Urteilen zurückhalte. Auf Keplers enthusiastischen Appell, nach Deutschland zu kommen und hier seine Forschungen zum copernicanischen System zu veröffentlichen, hatte Galilei nicht mehr geantwortet.

Am 19. April 1610 ging Keplers Antwort an Galilei ab. Sie erschien bald darauf als »Dissertatio cum Nuncio Sidereo« im Druck. Auf keinerlei eigene Erfahrung gestützt, schenkte Kepler der Entdeckung Galileis vollen Glauben. Doch bat er zur besseren Widerlegung von dessen Gegnern um Zeugnisse auch anderer Beobachter. Galilei schwieg vier Monate. Wissenschaftlich verwendbares Material sandte er nicht. Ein Fernrohr, um das Kepler gebeten hatte, erhielt er von Galilei auch nicht. Aber der Kurfürst von Köln stellte ihm einen von Galilei geschenkten Tubus zur Verfügung. Innerhalb weniger Wochen schrieb Kepler die »Dioptrik«, seine Lehre von der Lichtbrechung und der astronomischen Teleskopbeobachtung. Wenn er auch in der »Dioptrik« deren Grundlage, das Brechungsgesetz, nicht zu finden vermochte – das gelang erst W. Snellius (1581–1626) und R. Descartes (1596–1650) –, so gilt dieses Buch als einer der Anfänge der modernen Optik.

Es darf als gesichert betrachtet werden, daß Galilei die ersten zwei Keplerschen Gesetze bereits 1612 kannte. Es ist der Wissenschaft ein Rätsel geblieben, warum sie Galilei in seinem Werk stets ignorierte. Galileis Äußerungen und Urteile sind so gehalten, als ob es keinerlei neue Angaben über die Umlaufbahnen der Planeten gegeben hätte. Natürlich waren die von Kepler entdeckten Ellipsenbahnen der Planeten eine schwerwiegende Tatsache. Sie bedeuteten den Sturz jahrhundertealter Traditionen und widersprachen den bereits im wissenschaftlichen Denken der Antike verwurzelten Vorstellungen, daß die natürliche Bewegung, auch die der Himmelskörper, die Bewegung auf Kreisbahnen sei. Sollte man aber ausgerechnet Galilei des Konservatismus bezich-



Galileo Galilei (1564–1642).  
Stich von F. Allegrini

tigen? Diese Annahme entfällt wohl angesichts seines Lebenswerkes. Sollten Altersschranken die Ursache für die Ignoranz der genialen Keplerschen Entdeckungen gewesen sein? Aber Galilei war nur sieben Jahre älter als Kepler und geistig aufnahmefähig bis zu seinem Tode. Sollte es »Futterneid« gewesen sein, der Galilei von der Aufnahme, Anwendung und Propagierung der Keplerschen Entdeckung abhielt? Auch diese Auffassung ist in der Literatur geäußert worden. Wir möchten die Ursache, ebenso wie der nordamerikanische Wissenschaftshistoriker E. Panofsky, im weltanschaulichen Bereich suchen. Panofsky reduziert das ganze Problem auf die Unverträglichkeit der von Kepler entdeckten elliptischen Umlaufbahnen mit dem gesamten System der ästhetischen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Ansichten Galileis. Überspitzt könnte man sagen, daß die Unsymmetrie elliptischer Umlaufbahnen, die ja »verdrückte Kreise« darstellen, Galilei mißfielen. Schöne kreisrunde Bahnen hätten besser in sein Weltbild gepaßt. Nach Keplers Tod bekannte Galilei: »Ich habe Kepler wegen seines vorurteilsfreien und feinen Verstandes geschätzt, seine Art zu philosophieren war aber von der meinen verschieden.« (16)

Die großartigen Resultate, die Kepler bei der Untersuchung der Bewegung der Planeten, den Überlegungen zur Gravitation, den Berechnungen der Planetentafeln und der Klärung der Kometenerscheinung erzielte, sind theoretische Leistungen auf der Grundlage vorliegender Beobachtungen. Die entscheidenden Beobachtungen stammen in keinem Fall von Kepler selbst. Er war »schwachsichtig« und taugte nicht

IOANNIS KEPLERI  
S. C. M. MATH. MATHEMATICI  
DIOPTRICE

SEV

Demonstratio eorum quæ visui & visibilibus pro-  
pter Conspicillan non ita pridem inventa  
accidunt.



*Premissa Epistola Galilæi de ijs, quæ post editionem Nuncij siderij  
ope Perspicilli, nova & admiranda in celo  
deprehensa sunt.*

Item

*Examen præfationis Ioannis Pene Galli in Optica Euclidis, de  
usu Optices in philosophia.*



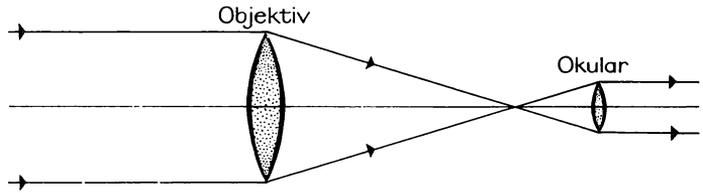
AVGVSTAE VINDELICORVM,  
typis Davidis Franci.

*Cum privilegio Casaræo ad annos XV.*

M. DCXI.

Titelblatt der Erstaussgabe  
von Keplers »Dioptrice«  
(Dioptrik, 1611)

Das Keplersche oder astronomische Fernrohr erzeugt von den Gegenständen ein seitenverkehrtes, umgekehrtes Bild.



zum Beobachter. Dennoch hat er das astronomische Fernrohr entwickelt und damit wesentlich Anteil an der schnellen Entwicklung der Beobachtungsastronomie genommen.

Galilei hatte sich nach den Angaben über die Erfindung des Fernrohres in Holland in ausgezeichneter handwerklicher Arbeit ein Fernrohr mit 32facher Vergrößerung gebaut und damit als einer der ersten Wissenschaftler überhaupt Himmelsbeobachtungen durchgeführt. Zu seinen schnellen Erfolgen im Jahre 1610 gehören die Entdeckung der hellsten vier Jupitermonde, der Venusphasen, der Struktur der Mondoberfläche und das Auffinden der Sonnenflecken. Kepler selbst geht als Theoretiker an die Probleme optischer Hilfsmittel für die beobachtende Astronomie. Während Galilei sein Fernrohr aus einer Sammellinse als Objektiv und einer Zerstreuungslinse als Okular baute, kam Kepler aufgrund seiner geometrisch-optischen Überlegungen zu einem Fernrohraufbau, bei dem Objektiv und Okular Sammellinsen waren. Kepler hat ein solches Fernrohr niemals hergestellt. Es wurde erstmals vom Jesuitenpater Ch. Scheiner (1575–1650) 1615 ausgeführt. Im Keplerschen oder astronomischen Fernrohr stehen die Bilder auf dem Kopf und sind seitenverkehrt, eine Tatsache, die für die Beobachtung von Himmelskörpern ohne Bedeutung ist.

Die theoretische Konstruktion eines Fernrohrs wurde von Kepler im Rahmen einer größeren Aufgabe durchgeführt. Die genannten beiden Werke zur Optik sind die Fundamente eines neuen Gebietes der Physik geworden: der geometrischen Optik. In seinen mit sprachlicher Exaktheit geschriebenen Werken erklärte Kepler als erster das menschliche Sehen als einen physikalischen Vorgang. Er zeigte, daß die Augenlinse auf der Netzhaut als Bildschirm ein umgekehrtes und verkleinertes Bild des jeweiligen Gegenstandes entwirft. Die Einstellung des Auges auf verschiedene Sehentfernungen führte Kepler auf eine Änderung des Abstandes zwischen der Augenlinse und dem Bildschirm des Auges

Das Astrolabium diente zur Höhenmessung von Gestirnen und zur Lösung einfacher Aufgaben der sphärischen Astronomie. In der Grundform wurde es von den Arabern entwickelt. Das abgebildete Gerät stammt aus der Mitte des 16. Jahrhunderts und wurde von J. Praetorius, Nürnberg, entwickelt.



zurück. Diese Abstandsänderung wird durch den Augenmuskel erreicht. In logischer Fortsetzung seiner Gedanken konnte er dann auch die Kurz- und die Weitsichtigkeit erklären. Für die Korrektur dieser Augenfehler entwickelte er die Berechnung von Brillengläsern und schlug bereits die gewölbte Form vor.

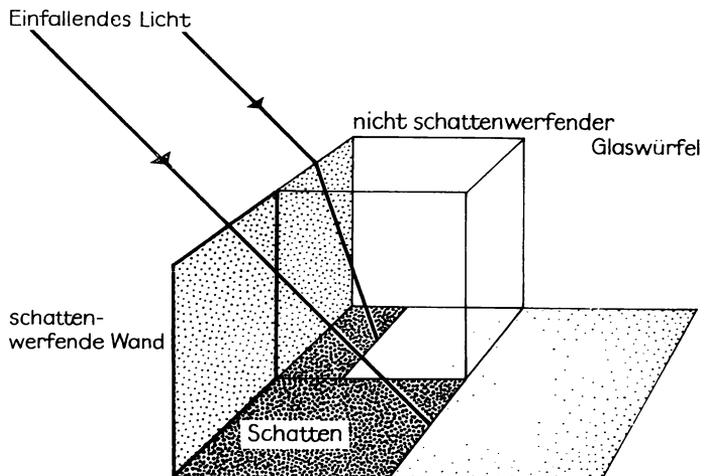
Auf die Probleme der Strahlenbrechung, die bei der Konstruktion des Fernrohres, dem menschlichen Schvorgang und der Berechnung von Brillengläsern eine entscheidende Rolle spielen, wurde Kepler schon sehr frühzeitig aufmerksam. Die Beurteilung der Brauchbarkeit der Beobachtungen Brahes verlangte Kenntnisse über die atmosphärische Refrak-

tion, d. h. die Strahlenbrechung in der Lufthülle der Erde. Johannes Kepler suchte, wie stets, nach der Lösung des Grundproblems. Er wollte das allgemeine Gesetz der Lichtbrechung formulieren. Mit diesen Arbeiten wurde er zu einem wichtigen Vorläufer von Snellius, der 1618 das allgemeine Brechungsgesetz für Lichtstrahlen entdeckte. Aus der Bestimmung der atmosphärischen Refraktion und dem erkannten Zusammenhang zwischen Strahlungsbrechung und Dichte zog Kepler den richtigen Schluß, daß die Luft eine »Schwere« bzw. ein »Gewicht« haben muß.

Für die Behandlung der Brechung diente ihm eine einfache, aber sehr einfallreiche Versuchsanordnung: Bei einem U-förmigen Stück Material wirft die der Sonne zugewandte hochstehende Kante einen Schatten auf der waagerechten Fläche des U-Stückes. Stellt man nun einen Kristall- oder »Flüssigkeitswürfel« in diese Ecke des U-Materials, so wird durch die Brechung der Lichtstrahlen in dem Material die Schattenlänge verkürzt.

Kepler entdeckte neben den bereits erwähnten optischen Resultaten auch die Totalreflexion: Vor allem aber fand er das fotometrische Grundgesetz, wonach die beobachtbare Intensität einer Lichtquelle mit dem Quadrat von deren Entfernung abnimmt. Die Gesamtheit der Ergebnisse der geometrischen Optik Keplers waren mehr als hundert Jahre führend für die Entwicklung dieser Wissenschaftsdisziplin. In praktischer Hinsicht haben sie fast die gleiche Bedeutung wie seine astronomischen Entdeckungen und Ergebnisse.

Die senkrecht stehende Wand ruft durch das von links einfallende Licht auf der Grundplatte einen Schatten hervor. Wird in den Winkel von senkrecht stehender Wand und Grundplatte ein durchsichtiger Glaswürfel gestellt, kommt es zu einer Verkürzung des Schattens, da der Lichtstrahl beim Übergang von Luft in Glas gebrochen wird.



# Himmelsphilosophie anstelle von Himmelstheologie



ANDE des 16., Anfang des 17. Jahrhunderts standen sich zwei Modelle vom Aufbau des Planetensystems und damit zwei Weltbilder gegenüber. In der Auseinandersetzung darum ging es keinesfalls um einen fachlich begrenzten astronomischen Meinungsstreit, sondern in viel stärkerem Maße um philosophisch-weltanschauliche Probleme. Noch um die Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert war das geozentrische Weltbild gültige Lehrmeinung. Es war auf den Forschungsergebnissen vieler großer Gelehrter der Antike von C. Ptolemaios (um 85–um 165) ausgearbeitet und im »Almagest« niedergeschrieben worden. Die weltanschaulich wichtigen Inhalte dieses Weltmodells waren die zentrale, im Raum ruhende Stellung der Erde, die Bewegung der Sonne, des Mondes und der fünf im Altertum bekannten Planeten auf Kreisbahnen, der idealen Bahnform. Die Astronomen vermochten mit diesem Modell die Stellung der Planeten vorzuberechnen.

Titelblatt des »Atlas coelestis«  
von J. G. Doppelmaier,  
Nürnberg 1742. Kupferstich  
von J. Ch. v. Reinsperger



# Almagestū CL. Ptolemei

Pheludensis Alexandrini Astronomoz principis:  
Opus ingens ac nobile omnes Celozū mo-  
tus continens. Felicibus Astris eat in  
luce; Ductu Petri Liechtenstein  
Coloniensis Germani Anno  
Virginei Martus. 1515.  
Die. 10. Ja. Venetijs  
ex officina eius  
dem litte-  
raria.  
\*\*

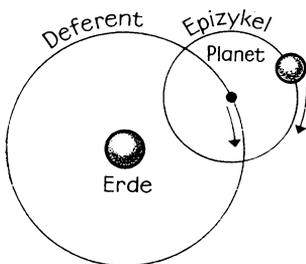
Titelblatt der lateinischen  
Ausgabe des »Almagest« von  
Ptolemaios, Venedig 1515

## Sum p:uslegio.

Im 16. Jahrhundert entstand, beflügelt durch den kritischen Geist der Renaissance, ein neues Weltbild. Copernicus formulierte das heliozentrische Modell des Planetensystems, ohne daß ihm dafür entscheidende neue Beobachtungen zur Verfügung standen. Weltanschaulich bedeutungsvoll war, daß die Sonne in diesem Weltbild die zentrale Stellung einnahm und die Erde sich, genau wie die anderen Planeten, um die Sonne bewegte. Allerdings konnte sich Copernicus noch nicht von der Kreisbewegung, der idealen Bahnform, trennen. Hieraus erwuchsen für sein Modell Schwierigkeiten. Copernicus benötigte für die Darstellung der Beobachtungen der scheinbaren Planetenbewegungen, genau wie Ptolemaios, die Epizykel, wodurch sein Modell erheblich kompliziert wurde. So war es mit dem neuen Modell nicht möglich, die Vorausberechnungen von Planetenkonstellationen mit größerer Genauigkeit, als dies mit dem antiken, geozentrischen Weltbild möglich war, durchzuführen. Auch war es zur damaligen Zeit vollkommen klar, daß sich die Kreisbewegung der Erde in einer paralaktischen Bewegung der Sterne widerspiegeln mußte. Da dies nicht beobachtet wurde, nahmen viele Gelehrte gegen das heliozentrische Weltbild Stellung und vertraten weiterhin das geozentrische.

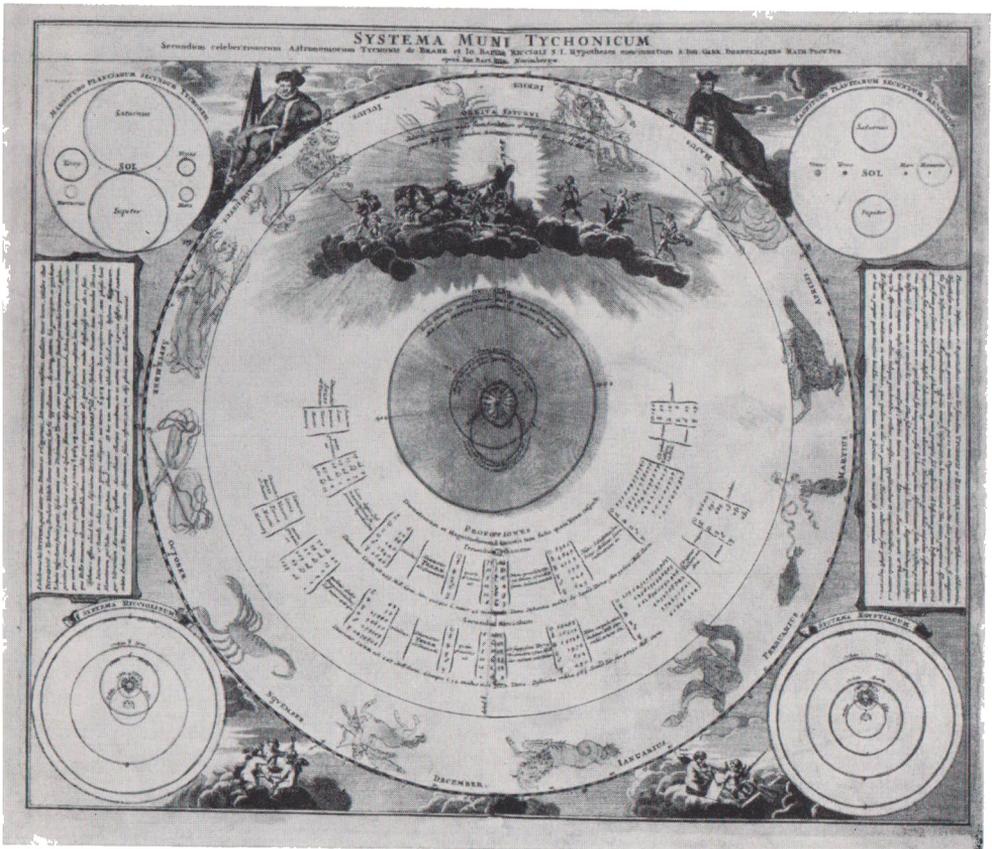
Neben diesen beiden sich Ende des 16. Jahrhunderts weltanschaulich und fachlich gegenüberstehenden Weltbildern gab es noch eine auf antiker Grundlage aufbauende

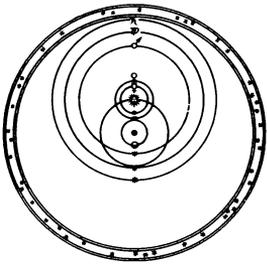
Epizyklische Planeten-  
bewegung im geozentrischen  
Weltmodell



Modell des Planetensystems von Brahe. In den unteren Ecken der Abbildung sind die dem tychonischen System ähnlichen Modelle von Riccioli und der Ägypter dargestellt. Die oberen Ecken zeigen die von Brahe und Riccioli angenommenen Größenverhältnisse der Mitglieder des Planetensystems. Das ricciolische Weltbild ähnelt in seinem Grundaufbau dem Modell Brahes.

Modellvorstellung über das Planetensystem, die von Brahe, die man als Kompromißlösung ansehen muß. Für diesen Kompromiß gibt es durchaus fachlich begründete Argumente. Brahe war einer der besten Beobachter der vorteleskopischen Astronomie. Mit seinen Hilfsgeräten erreichte er eine für die damalige Zeit große Genauigkeit. Der Fehler seiner Positionsbestimmung betrug nur knapp zwei Bogenminuten. Da er trotz dieser hohen Genauigkeit seiner Beobachtungen keine paralaktische Bewegung der Sterne nachweisen konnte, schloß er daraus, daß sich die Erde nicht bewegt. So nahm er an, die Erde ruhe im Zentrum der Welt, und der Mond und die Sonne bewegten sich auf Kreisbahnen um die Erde. Die zu jener Zeit bekannten Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn sollten darin die Sonne als Zentrum umlaufen. Brahe setzte sich zum Ziel, die Richtigkeit seines Modells durch Beobachtungen zu beweisen. Dazu überwachte





Im Weltbild Brahes bewegen sich der Mond und die Sonne um die ruhende Erde. Die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn wandern um die Sonne als Zentrum.

Rechte Seite:

Das Weltsystem des italienischen Jesuiten G. B. Riccioli (1598–1671), in dem Sonne, Mond, Jupiter und Saturn die ruhende Erde umlaufen, Merkur, Venus und Mars aber die Sonne umkreisen, ist auf der Waage dieser Darstellung von 1651 das schwerere, das copernicanische Weltsystem hingegen das leichtere.

er viele Jahre vor allem die Bewegung des Mars und sammelte die genauesten Beobachtungen über die Bewegung dieses Planeten in der vorteleskopischen Astronomie.

Keplers Größe als Astronom wird vielfach an seinen Arbeiten zum Modell des Planetensystems gemessen. Dies schränkt seine Leistungen für die Entwicklung der Astronomie aber unberechtigt ein, denn von Kepler gingen für die Astronomie der folgenden Jahrhunderte weit mehr entscheidende Impulse aus. Man muß unterscheiden zwischen Ergebnissen, die erst nach langwierigem und kompliziertem Aufwand erreicht wurden – wozu die Auffindung der Bewegungsgesetze der Planeten gehört – und solchen, die als Überlegungen grundlegend für weitere Arbeiten waren. Es ist schwer einzuschätzen, welchen von den zahlreichen verschiedenen, astronomisch wichtigen Resultaten Keplers die größte Bedeutung beigemessen werden muß.

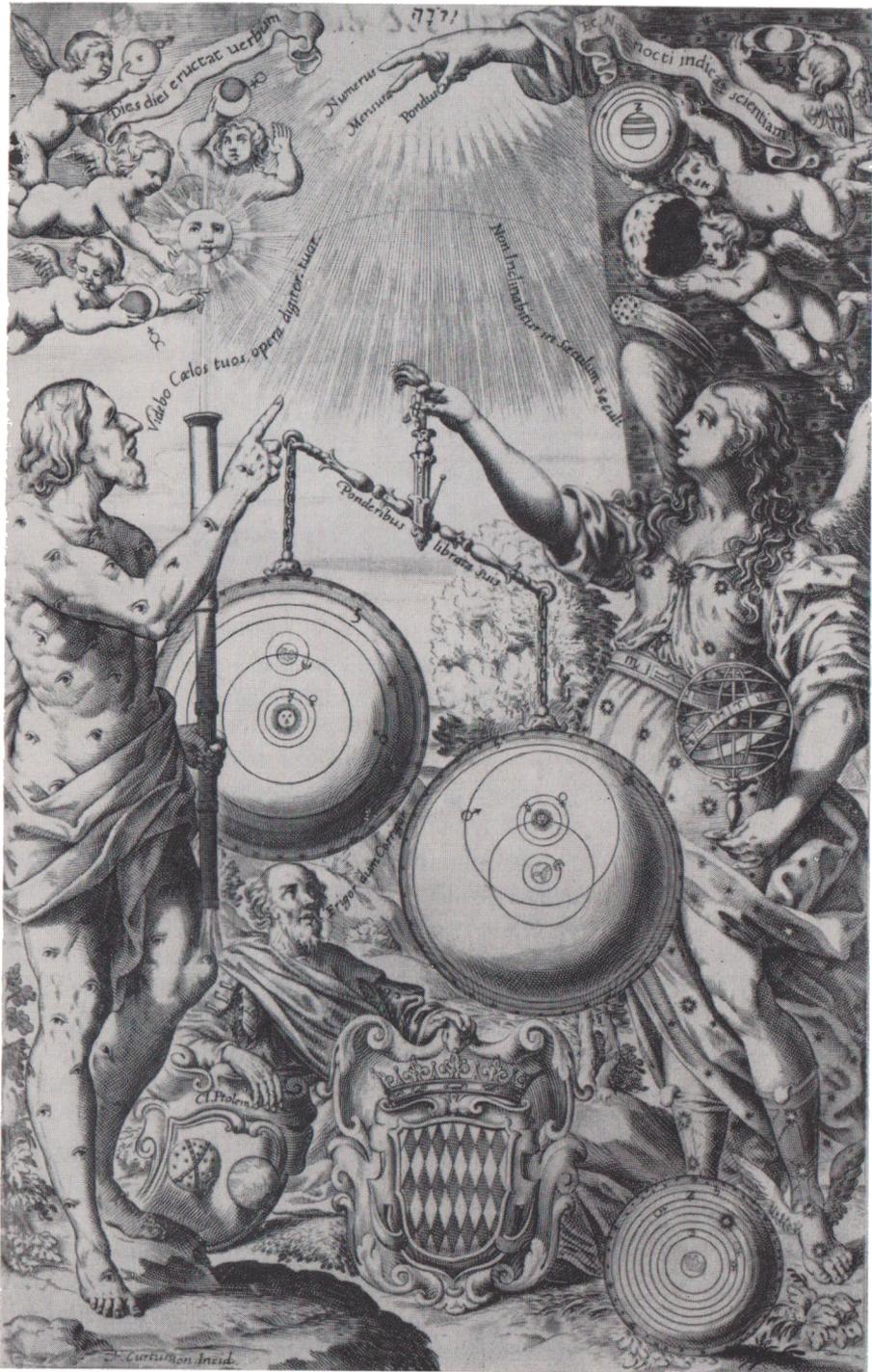
Von größter Wichtigkeit für das gesamte naturwissenschaftliche Denken und damit die großartigen Ergebnisse Johannes Keplers waren drei Grundsätze der Erforschung der Natur, von denen er ausging:

1. Jede Naturphilosophie hat von der Erfahrung auszugehen. Eine naturwissenschaftliche Aussage muß quantitativ mit den Beobachtungen der Natur übereinstimmen.

2. Der Naturforscher darf sich nicht auf die Meinungen von Autoritäten stützen; seine Autorität ist allein die Natur. Gerade dieser Grundsatz war von ganz entscheidender Bedeutung für das Überwinden dogmatischen und scholastischen Denkens.

3. Der Naturforscher soll vom Sein der Dinge, die man mit den Sinnen erfaßt, zu den Ursachen ihres Seins und Werdens vordringen, auch wenn weiter kein Nutzen damit verbunden ist.

Keplers gesamtes wissenschaftliches Werk muß immer unter Berücksichtigung dieser Grundsätze gesehen werden. Er stand zudem erst am Anfang der Periode, die zur mechanistischen Naturauffassung, zum mechanistischen und metaphysischen Materialismus einerseits, zum klassischen Idealismus andererseits führte. Die Naturwissenschaft wandte sich immer stärker dem Leben zu. Die Universitäten verharren dagegen im Geist des Dogmatismus und der Scholastik. Vor allem zu Beginn des 17. Jahrhunderts wurden fast alle wissenschaftlichen Entdeckungen außerhalb der Universitäten



777  
Dies diei eructat verbum  
Numerus  
Mensus  
Pondus  
Nocti indices scientiam  
Vobis Carlos tuos, optare dignor, luce  
Non habebatur in seculum seculi  
Ponderibus  
libras suis

Cl. Proton

Curatorem Invid



Johannes Kepler. Kupferstich  
von J. v. d. Heyden

gemacht. Wenn gesagt wird, daß Kepler am Anfang dieser Entwicklung steht, so heißt das zugleich, daß er noch keiner der beiden Grundrichtungen zuzuordnen ist.

### Die Gesetze der Planetenbewegung

Die bekannteste astronomische und auch weltanschaulich bedeutungsvollste Leistung Keplers ist die Entdeckung der nach ihm benannten Gesetze der Planetenbewegung. Sie liefern exakte Aussagen über die Bahnform der Planeten bei ihrem Lauf um die Sonne und die Stellung der Sonne in der Planetenbahn, die Winkelgeschwindigkeit der Planeten in der Bahn und den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem Abstand eines Planeten von der Sonne und seiner Umlaufzeit:

1. Die Bewegung der Planeten um die Sonne erfolgt in Ellipsenbahnen. In einem Brennpunkt der Ellipse steht die Sonne.

2. Die Verbindungslinie Sonne-Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen. Das bedeutet, daß sich der Planet nicht in allen Teilen seiner Bahn mit gleicher Geschwindigkeit bewegt.

3. Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Bahnhalbachsen.

Die Keplerschen Gesetze waren die ersten Naturgesetze im modernen Sinn, d. h. exakte und nachprüfbar Aussagen über allgemeingültige Beziehungen, auf die Einzelercheinungen zurückgeführt werden können. Mit der Entdeckung dieser Gesetze hatte sich die Astronomie endgültig von der Theologie gelöst und war ihr bedeutungsvolles, im Laufe der Zeit immer wichtiger werdendes und für ihre Entwicklung entscheidendes Bündnis mit der Physik eingegangen, was darin zum Ausdruck kommt, daß wir heute auch in diesem Zusammenhang von Astrophysik sprechen. Kepler selbst schrieb als Erläuterung zu seinem ersten Gesetz am 4. Oktober 1607 an den Kaufbeurener Arzt J. G. Brengger: »Ich liefere eine Himmelsphilosophie oder -physik anstelle der Himmelstheologie oder -metaphysik des Aristoteles.« (17)

Der Weg Keplers zur Formulierung der genannten Gesetze war langwierig und kompliziert. Darin lagen natürlich Quellen für Fehler, vor allem in den vielen praktischen Berechnungen, die durchgeführt werden mußten. Die Basis für seine Arbeiten waren Brahes sehr exakte Beobachtungen.

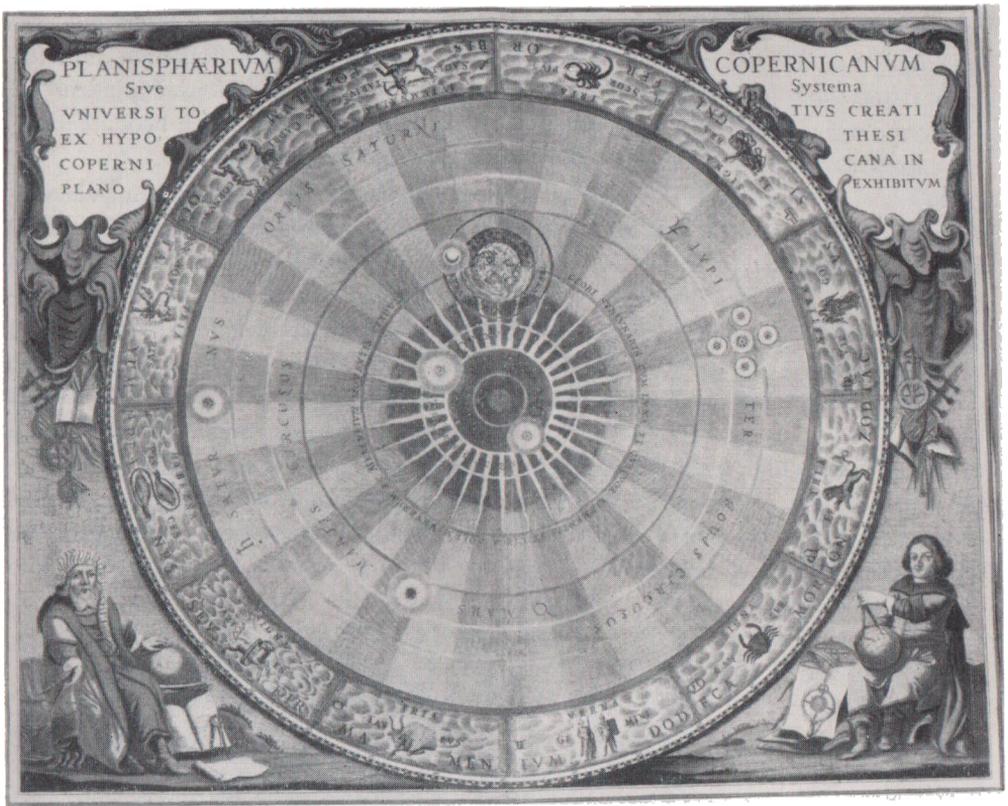
Brahe wollte mit seinen Beobachtungen die Richtigkeit seines Modells des Planetensystems beweisen, in dem die Planeten auf Kreisbahnen um die Sonne liefen. Die Sonne sollte aber selbst auf einer Kreisbahn um die Erde wandern. Eine Ursache, die Brahe und seine Mitarbeiter scheitern ließ, war u. a., daß sie den Beweis für diese Annahme am Mars führen wollten. Der Mars hat aber, nach dem schwer beobachtbaren Planeten Merkur, die stärkste vom Kreis abweichende Bahn aller klassischen Planeten. Die Marsbahn ließ sich deshalb auf der Grundlage guter Beobachtungen nur schwer den Zwang der Kreisbewegung auferlegen. Was Brahe scheitern ließ, war später für Kepler ein Vorteil. Durch die größere Abweichung der Marsbahn vom Kreis erkannte er die Unhaltbarkeit des Kreisbahn-Modells und schließlich in der Folge die Ellipsenbahn. Auf dem langen Weg zur Erkenntnis wurden von Kepler nicht nur umfangreiche mathematische Berechnungen durchgeführt, sondern auch entscheidende, physikalisch bedeutsame Überlegungen angestellt.

Im copernicanischen Modell des Planetensystems war das

Zentrum der kreisförmigen Planetenbahnen ein fiktiver Punkt im Raum, der geometrische Mittelpunkt der Kreise. Die Sonne als Zentralkörper des Systems befand sich außerhalb des Bewegungszentrums. Diese Trennung von Bahnzentrum und Standort der Sonne lehnte Kepler aufgrund physikalischer Überlegungen ab. Hier begegnen wir ersten gedanklichen Argumenten für das 1687 von I. Newton (1643–1727) formulierte Gravitationsgesetz. Kepler nahm nämlich an, daß die Bewegungskraft der Planeten von der Sonne ausgeht und stellte sich deshalb zu Recht die Frage, warum sich die Planeten um einen fiktiven Punkt bewegen sollen und ob nicht eine Beziehung zwischen der Planetenbewegung und dem Sonnenort besteht. So nahm er eine in der Sonne und eine zweite im Planeten angesiedelte Kraft an, die dem Einfluß der Sonnenkraft entgegengesetzt gerichtet ist. Im Gegeneinanderwirken der beiden Kräfte kommt es zum Annähern und wieder Entfernen von Sonne und Planet. Einmal überwiegt die Wirkung der einen, dann die der anderen Kraft. Damit war die Behandlung der Planetenbewegung kein rein mathematisches, sondern durch die Annahme von wirkenden Kräften auch ein Problem physikalischer Natur.

Sowohl für Ptolemaios als auch für Copernicus ergab sich aus der beobachteten Ungleichförmigkeit der Planetenbewegung ein großes Problem für ihre Modelle und verkomplizierte diese. Beide nahmen einerseits den idealen Kreis als einzig mögliche Grundform der Bewegung für die Himmelskörper und zusätzlich die vollkommene Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit an. Um mit diesen beiden Voraussetzungen die tatsächlich beobachtete Bewegung der Planeten in der Ekliptik zu beschreiben, waren Ptolemaios und Copernicus sowohl im geozentrischen als auch im heliozentrischen Planetensystemmodell gezwungen, die Epizykelbewegung einzuführen. Danach bewegte sich der Planet mit konstanter Geschwindigkeit auf einem Kreis, dessen Mittelpunkt wiederum mit konstanter Geschwindigkeit auf einem zweiten Kreis umlief usw. Copernicus benötigte z. B. für die Darstellung der Marsbewegung fünf Epizykel, wodurch die Kompliziertheit seines im Grundgedanken richtigen Modells zum Ausdruck kommt.

Kepler dachte physikalisch weiter. Wenn die Kraft der Planetenbewegung in der Sonne ihren Ursprung hat, dann



Im heliozentrischen Modell des Planetensystems von Copernicus bewegen sich die Planeten um die Sonne. Es sind alle zu jener Zeit bekannten Planeten und Planetenmonde abgebildet. Neben dem Erdmond konnte man durch die Fernrohrbeobachtungen Galileis seit 1610 vier Jupitermonde. Das gesamte Planetensystem ist eingebettet in die Fixsternsphäre, die durch die Tierkreiszeichen angedeutet ist. Stich aus A. Cellarius »Harmonia macrocosmica«

muß diese Kraft auf den Planeten stärker wirken, wenn der Planet der Sonne nahe, weniger stark, wenn der Planet sich in Sonnenferne befindet. Abstandsänderungen zwischen Sonne und Planet sind auch bei Kreisbahnen vorhanden, wenn die Sonne eine exzentrische Stellung im Kreis hat. Die in der Sonne vorhandene Kraft sollte, nach Kepler, den Planeten dauernd in seiner Bahn in Bewegung halten, d. h. anschieben. Nach Keplers Auffassung muß der Planet sich aber zwangsläufig mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bewegen, wenn er sich in unterschiedlichen Entfernungen von der Sonne befindet: langsam in Sonnenferne, schnell in Sonnennähe. Im Zusammenhang mit diesen Überlegungen führte Kepler die heute noch gebräuchlichen Bezeichnungen »Perihel« für Sonnennähe und »Aphel« für Sonnenferne ein. Mit der Entdeckung der Ungleichförmigkeit der Geschwindigkeit der Planeten bei ihrem Lauf um die Sonne hatte Kepler einen entscheidenden Schritt vorwärts getan. Wenngleich

sich schwer sagen läßt, welche Gedanken Keplers auf dem langen Weg zur Ableitung der Gesetzmäßigkeiten die wichtigsten waren: die Abkehr von der Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit gehört mit Sicherheit zu den bedeutendsten Ursachen für den endgültigen Durchbruch.

Gegen den eben erläuterten Gedanken erscheint ein weiterer vorbereitender Schritt nahezu nebensächlich. Es war zu Keplers Zeit schon bekannt, daß die Planetenbahnen nicht in einer Ebene liegen. Dafür hatte es schon vor Kepler verschiedene Erklärungen gegeben. Kepler selbst ging wieder von physikalischen Überlegungen aus. Wenn die Sonne Kraftzentrum für die Planetenbewegung ist, dann müssen die Bahnebenen der Planeten durch die Sonne gehen. Davon ausgehend versuchte er zu beweisen, daß zwischen der Bahnebene der Erde und der des Mars ein konstanter Winkel besteht. Mit Hilfe der Beobachtungen Brahes konnte er tatsächlich nachweisen, daß der Winkel zwischen Erd- und

Die Armillarsphäre wurde zur Messung von Sternörterben benutzt. Die verschiedenen ineinandergeschachtelten Kreise des Gerätes sind mit Winkelteilungen und verschiedenen Visieren ausgerüstet. Bei der Beobachtung werden die Kreise, die gegeneinander bewegt werden können, den Grundkreisen der astronomischen Koordinatensysteme angepaßt. Die abgebildete Armillarsphäre wurde in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts hergestellt.



Marsbahn unabhängig von der Zeit ist, und er bestimmte den Winkel zu  $1^{\circ} 50'$ . Dieser Wert ist praktisch identisch mit dem heute bekannten Neigungswinkel der Marsbahn.

Kepler versuchte nach diesen Vorbetrachtungen nun mit Hilfe der Marsbeobachtungen Brahes die Parameter der Bahn des Planeten zu berechnen. Wie Ptolemaios und Copernicus nahm Kepler dabei anfangs von vornherein an, daß die Bahnform ein Kreis sei, d. h., die Bahnform ging als gegebene Voraussetzung in seine Rechnungen ein. Die zu bestimmenden Parameter waren dann: Durchmesser der Marsbahn, Lage der Verbindungslinie von Perihel und Aphel, Stellung der Sonne in der Planetenbahn bezüglich des Bahnmittelpunktes.

Mit der mathematischen Methode der sukzessiven Approximation berechnete Kepler an Hand von vier Marsoppositionsbeobachtungen die Bahnparameter. Der rechnerische Aufwand war ungeheuer und zeigt Keplers Verbissenheit in sein Problem. Die Arbeiten umfassen in seinem Nachlaß ca. 900 eng beschriebene Manuskriptblätter!

Als exakter und seine Ergebnisse immer wieder überprüfender Naturwissenschaftler blieb er aber nicht bei der Berechnung der Bahnparameter stehen, sondern überprüfte seine Resultate mit Hilfe weiterer Oppositionsbeobachtungen. Mit seinen Bahnparametern berechnete er die Positionen und verglich sie mit den Beobachtungen. Dabei ergaben sich zwischen den Rechnungen und den Beobachtungen Differenzen bis zu 8 Bogenminuten. Dieser Betrag lag weit über der Fehlergrenze von knapp 2 Bogenminuten in den Beobachtungen Brahes. Theorie und Praxis stimmten nicht überein! Kepler verwarf deshalb seine Theorie, d. h. die Arbeit, die etwa 900 Manuskriptseiten umfaßte. Dies entsprach völlig seiner Grundeinstellung, in der er immer von der Natur, d. h. den Beobachtungen ausging. Die Ursache für die große Abweichung konnte nach Kepler nur in der Voraussetzung liegen, daß der Mars eine Kreisbahn beschreiben sollte. Er schrieb dazu: »Die Sache liegt dabei einfach so: Die Planetenbahn ist kein Kreis; sie geht auf beiden Seiten allmählich herein und dann wieder bis zum Umfang des Kreises im Aphel hinaus. Eine solche Bahnform nennt man ein Oval.« (18)

Damit fiel die letzte aus der Antike überlieferte und von Copernicus in sein heliozentrisches Modell übernommene

Grundvoraussetzung, an der es aus weltanschaulichen Gründen über zwei Jahrtausende keine Änderung gegeben hatte. Die Kreisbahn war bis dahin eine Bastion göttlicher Symmetrie gewesen. Man könnte nun meinen, es sei nur noch ein kurzer Weg von der Erkenntnis, daß die Planetenbahn eine ovale Figur ist, zur endgültigen Bahnform. Dies ist aber keineswegs so. Mit großer Offenheit und Ausführlichkeit läßt Kepler in seiner »Astronomia nova« den Leser am Gang seiner Überlegungen, auch an seinen Irrtümern und deren Berichtigung, an den Gründen dafür, teilnehmen.

Was in den Überlegungen bisher unveränderliche Voraussetzung war, wurde nun zum Ziel kompliziertester Rechenarbeiten. Kepler stellte sich als erster Wissenschaftler die Aufgabe, aus den Beobachtungen die Form der Planetenbahn zu finden. Dieses Problem beschäftigte ihn über Jahre. Was uns heute ganz selbstverständlich erscheint, war im ersten Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts etwas derart Neues, daß es einer Revolution im Denken gleichkam.

Das erste Ergebnis, das der Astronom unter den neuen Voraussetzungen erzielte, war eine eiförmige Bahn. Das »spitze Ende des Eis« lag im Perihel, das »stumpfe Ende« im Aphel. Das Problem war damit aber nicht gelöst, denn mit der eiförmigen Bahn konnte Kepler die Beobachtungen nicht mit der geforderten Genauigkeit wiedergeben.

Nun begann er mit der größten ihm möglichen Sorgfalt und mathematischen Genauigkeit, die Abstände Mars–Sonne für verschiedene Punkte der Marsbahn zu berechnen. Das Ergebnis war wieder ein »zusammengedrückter Kreis«. Die größte Abweichung der neuen Bahnkurve vom Kreis betrug 0,00429 Radien. Im Grunde genommen hatte Kepler sein Problem gelöst und die Bahnform des Mars gefunden. Er hatte in seinem Ergebnis aber noch nicht die Ellipse erkannt und damit auch nicht gesehen, daß die Sonne in einem Ellipsenbrennpunkt steht.

So wie Kepler seine Arbeiten mit der Voraussetzung, daß die Planetenbahn ein Kreis sei, begonnen hatte, ging er an die Arbeit in der kühnen Annahme, die Marsbahn könnte eine Ellipse sein. Er erkannte sehr schnell, daß die Beobachtungen von Brahe ausgezeichnet auf diese Bahnkurve paßten. Er sah aber auch, daß er das Ergebnis bereits zu einem früheren Zeitpunkt, als er den »maximal um 0,00429 Radien zusammengedrückten Kreis« konstruierte, erzielt hatte. Dies

Rechte Seite:  
Titelblatt der Erstausgabe  
von Keplers »Astronomia  
nova« (Neue Astronomie,  
1609)

ASTRONOMIA NOVA  
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ,

SEV

PHYSICA COELESTIS,

tradita commentariis

DE MOTIBVS STELLÆ

MARTIS,

Ex observationibus G. V.

TYCHONIS BRAHE:

Jussu & sumptibus

RVDOLPHI II.

ROMANORVM

IMPERATORIS &c:

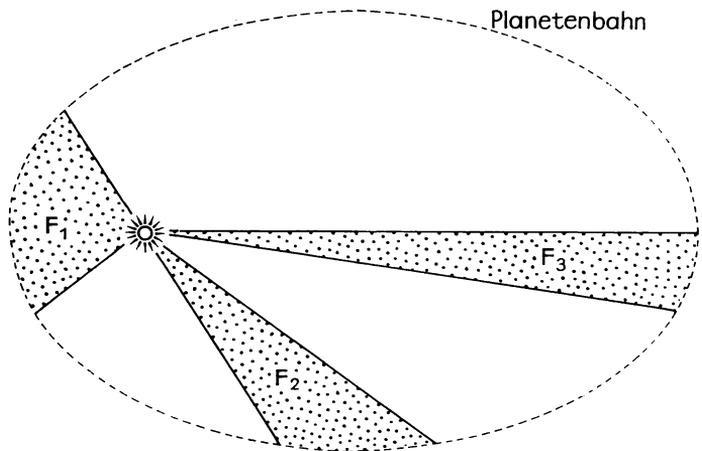
Plurium annorum pertinaci studio  
elaborata Pragæ,

*A S. C. M.<sup>tu</sup> S. Mathematico*

JOANNE KEPLERO,

*Cum ejusdem C. M.<sup>tu</sup> privilegio speciali*

ANNO MDCXII Dionysianæ clō lōc ix.



Nach den Keplerschen Gesetzen bewegen sich die Planeten auf Ellipsenbahnen um die Sonne, die in einem Ellipsenbrennpunkt steht. Der Leitstrahl Sonne – Planet überstreicht dabei in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

bekannte er mit großer Offenheit: »Die Wahrheit der Natur, die verstoßen und verjagt worden war, kam heimlich zur Hintertür wieder herein. Ich ließ nämlich die Schwankungen . . . auf dem Durchmesser beiseite und ging auf die Ellipsen zurück, in der Meinung, hierbei eine Hypothese anzuwenden, die von der der Schwankungen ganz verschieden ist, während doch beide, wie im nächsten Kapitel bewiesen wird, völlig zusammenfallen.« (19)

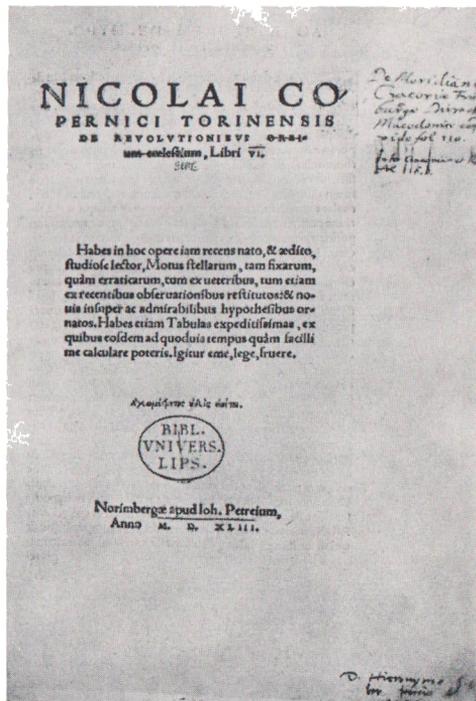
Damit war nach mehrjähriger geduldiger, sehr aufwendiger und von Rückschlägen gekennzeichnete Kleinarbeit die Bahnform der Planetenbewegung gefunden worden! Heute ist das kaum noch vorstellbar. Man muß aber beachten, daß die Mathematik und die Rechentechnik zur Zeit Keplers nicht mit dem heutigen Entwicklungsstand vergleichbar sind. Kepler hat seine Rechnungen noch ohne Logarithmen ausgeführt. Außerdem fehlten Rechenmaschinen, d. h., Kepler leistete »handwerkliche mathematische« Arbeit.

Zeitlich früher hatte Kepler jene Gesetzmäßigkeit gefunden und formuliert, die bis heute als das zweite Keplersche Gesetz bekannt ist. Ein entscheidendes Ergebnis für die Entdeckung dieses Gesetzes war die Feststellung, daß die Planeten sich mit ungleicher Geschwindigkeit auf ihren Bahnen um die Sonne bewegen. Da Kepler glaubte, daß die Geschwindigkeit unmittelbar dem Abstand proportional sei, schloß er, daß dieser Abstand ein Maß für die Zeit sei, die der Planet für das Durchlaufen eines Teilstückes seiner Bahn benötigt. Kepler sagte dazu: »Da ich mir bewußt war, daß

es unendlich viele Abstände gibt, kam mir der Gedanke, daß in der Fläche des Exzenters alle diese Abstände enthalten seien.« (20)

Hier liegt, mathematisch gesehen, ein Fehler vor, denn es ist nicht zulässig, eine Fläche einer unendlichen Zahl nebeneinanderliegender Linien gleichzusetzen! Kepler war sich dessen bewußt und erklärte, warum er das Verfahren trotzdem angewandt hat. Der Weg führte ihn direkt zur Formulierung des zweiten Gesetzes der Planetenbewegung: »Die Verbindungslinie Sonne-Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.« (21)

Dieses Gesetz ist auch unter der Bezeichnung Flächensatz bekannt. Aus ihm folgt für die tägliche Praxis, daß die einzelnen Jahreszeiten unterschiedlich lang sind. Für die Bewohner der Nordhalbkugel der Erde ist es Winter, wenn sich die Erde in Sonnennähe, und Sommer, wenn sie sich in Sonnenferne befindet. Daraus folgt, aufgrund der schnelleren Bewegung der Erde in Sonnennähe, daß das Winter-»quartal« auf der Nordhalbkugel der Erde um 4,6 Tage kürzer ist als das Sommer-»quartal«.



Titelblatt der Erstausgabe von Copernicus' Hauptwerk »De revolutionibus« (1543)

In Omni Revolutione  
 Nicolai Copernici Toris  
 nos? si lo quis satis ho  
 pium obdole quoniam.

H. Cuius libri videtur. Novus est. H. Et quia nova profert  
 D. Plurima H. An et bona habet. D. Ceterum cetera pl

H. Certe Geometrica ex omni parte figurata  
 Cuius notat numerorum plurimum et alia aper.

D. Ergo Geometrica eadem videtur variis artibus  
 Tertio hinc fidelem de fore. Summa Patet

Innumeris simplicibus operi complexis. H. An ista  
 Teia nisi integrantur quare. D. Ceterum fore

H. Colorum liber iste refert ex ordine motus.  
 Tellurem circumferentiam ex per inaccessit

D. Utinam H. Obiter, sua nam ratione. D. Ceterum  
 Cuius agere per se. Ceterum

H. Fugit, hinc quid D. motus. Tertio ergo novus  
 Ceterum est vere solvitur arietis  
 At malia mundi? Sol in regione quibuslibet  
 Custodiam? Cuius rei causa flamma hinc?  
 Hinc ut ego veritas facias non iam occidit illud  
 Pater est solis voluimus igne Cuius

D. Indolentis

D. Indolentis, quibus mirum Quoniam, eorum?  
 Ex admirando sicut studium ab labor.  
 Non ergo o? Solus solium mirare, nat arbor  
 Cuius facit ut? quoniam legis, obsequere  
 Omnia parvitas istudum, istudum, istudum  
 Cuius? fidei, multum, parvitas, videtur  
 Prodit et veteris? Ceterum? Ceterum? Ceterum?  
 Hinc? Ceterum? Ceterum? Ceterum?  
 Iste? Ceterum? Ceterum? Ceterum?  
 Pecunia in malis, diffinitio? Ceterum?  
 Aut? Ceterum? Ceterum? Ceterum?  
 Aut? Ceterum? Ceterum? Ceterum?  
 Hic tamen? Ceterum? Ceterum? Ceterum?  
 Tamen? Ceterum? Ceterum? Ceterum?

I. K. vult videtur

Auf das Vorsatzblatt seines Handexemplars von Copernicus' »De revolutionibus« schrieb Kepler am 22. Dezember 1598 ein Gedicht mit dem Schlußvers: »Dieses Buch möge mit Hilfe der Musen stets den Ruhm des Autors unter den Gelehrten verbreiten«

Seine ersten beiden Gesetze hat Kepler in der »Astronomia nova« 1609 veröffentlicht. Die »Neue Astronomie« zählt zu den großen Werken der wissenschaftlichen Weltliteratur; sie ist das erste Astronomiebuch, in dem die Beschränkung auf kinematische Planetenbewegung »more Ptolemaico« (nach Art des Ptolemaios) aufgegeben und der Weg zur Himmelsmechanik gewiesen wurde. Auch in diesem Werk bezeugt Kepler seine faktisch grenzenlose Hochachtung für Copernicus. Diese kommt auch darin zum Ausdruck, daß er in der »Astronomia nova« die Vorrede A. Osianders (1498–1552) zu des Copernicus »De revolutionibus orbium coelestium« erstmalig als Fälschung entlarvte. Da Osiander seine Vorrede, in der des Copernicus Entdeckung lediglich als mathematische Hypothese dargestellt wurde, nicht als seine Auffassung gekennzeichnet hatte, war sie bis dahin allgemein Copernicus selbst zugeschrieben worden.

Das dritte nach Kepler benannte Gesetz wird erst zehn Jahre später formuliert und steht, ziemlich versteckt, in den »Harmonices Mundi« (Weltharmonik, 1619). Man sollte daraus aber nicht den Schluß ziehen, daß Kepler erst relativ spät

Überlegungen für das dritte Gesetz der Planetenbewegung anstellte. Im Gegenteil, schon seit seiner Jugend suchte er den quantitativen Zusammenhang zwischen der Umlaufzeit der Planeten und ihrem Abstand von der Sonne zu finden. Die Suche nach dem gesetzmäßigen Zusammenhang hatte wider physikalische Motive. Kepler war der richtigen Meinung, daß die Umlaufzeit der Planeten von der Entfernung zur Sonne abhängen muß, wenn die Sonne Ursache der Bewegung ist. Diese physikalische Überlegung war es auch, die Kepler zu diesem Problem hinführte, dem sich vor ihm noch kein Forscher zugewandt hatte.

Physikalische Motive und langwieriges Rechnen und Probieren ergaben schließlich, daß sich die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten wie die Kuben der mittleren Abstände von der Sonne verhalten. (22)

Das Erscheinen von Copernicus' »De revolutionibus orbium coelestium« (1543) pflegen wir als die »copernicanische Wende«, die Begründung eines neuen Weltbildes, zu bezeichnen. Aber erst mit der Entdeckung der Gesetze der Planetenbewegung hat Kepler die »copernicanische Wende«

Ioannis Kepleri  
**HARMONICES**  
**M V N D I**

LIBRI V. QVORVM

Primus GEOMETRICVS, De Figurarum Regularium, quæ Proportionales Harmonicas constituunt, octu & demonstrationibus.  
 Secundus ARCHITECTONICVS, seu GEOMETRIA FIGURATA, De Figurarum Regularium Consequentiæ in plano vel solido:  
 Tertius propriè HARMONICVS, De Proportionum Harmonicarum octu et Figuris, deque Naturæ & Differentiarum eorum ad cantum pertinetiam, contra Veteres:  
 Quartus METAPHYSICVS, PSYCHOLOGICVS & ASTROLOGICVS, De Harmoniarum mensuris Efficièti earumque generibus in Mundo perfectum de Harmoniarum rationum ex corporibus coelestibus in Terram descendens, etique effectus in Natura seu Anima sublimari & Humana:  
 Quintus ASTRONOMICVS & METAPHYSICVS, De Harmonia abfolutissimi motuum coelestium, ornaque Ecclesiasticorum ex proportionibus Harmonicis.  
 Appendix habet comparationem huius Operis cum Harmonicis Cl. Professoris Iulii Leonique Roberti de Fabricis, Ioh. Fried. Medici Cossentis speculationibus Harmonicis, operi de Macrocosmo & Microcosmo insertis.



Cum S. C. M. Privilegio ad annos X<sup>II</sup>.

Lincii Aultrix,

Sumptibus GODOFREDI TAMPAECII Bibl. Francof.  
 Excudebat IOANNES FLANCVS.

ANNO M. DC. XIX.

Titelblatt der Erstausgabe von Keplers »Harmonices Mundi« (Weltharmonik, 1619)

vollendet! Erst in der Mitte unseres Jahrhunderts schloß sich der Kreis der Entwicklung der Gesetze der Planetenbewegung. Die Kepler-Ellipsen waren aufgrund langwieriger Berechnungen aus der Natur abgelesen worden. Am 4. Oktober 1957 kehrten sie zurück in den Bereich der Praxis, denn mit dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten waren die Keplerschen Gesetze in das Stadium der experimentellen Anwendung getreten. Jeder künstliche Erdsatellit, jeder von Menschenhand geschaffene Satellit des Mondes oder eines Planeten, jede Sonde zur Erforschung anderer Planeten des Sonnensystems bewegt sich auf einer Kepler-Ellipse. Auch der Begriff »Satellit« geht auf Kepler zurück.

Es ist nicht möglich, in diesem Rahmen die Bedeutung der Entwicklung der Planetenbewegungsgesetze im einzelnen einzuschätzen. Entscheidend ist jedoch, daß für Kepler bei der Lösung der Probleme immer physikalische Gesichtspunkte und Überlegungen im Vordergrund standen und Kepler damit das Bündnis von Astronomie und Physik begründete. Dieses Bündnis hat sich in den folgenden Jahrhunderten als sehr fruchtbar und entscheidend für die Entwicklung erwiesen und ist heute Grundlage der Erfolge astrophysikalischer Forschungen. Kepler schrieb bereits 1605 dazu: »Ich gestehe . . ., daß ich in den letzten fünf Jahren mindestens die Hälfte der Zeit, die mir von der Inanspruchnahme bei Hof übrigblieb, auf physikalische Betrachtungen über die Bewegung des Mars verwendet habe.« (23) Und nicht nur des Mars!

### Gravitation – eine Eigenschaft der Materie

In seinen weitgehenden physikalischen Überlegungen stand Kepler unmittelbar vor der Entdeckung des Gravitationsgesetzes. Seine Gedanken zu diesem Problem waren ein breites und festes Fundament, auf dem etwa fünfzig Jahre später Newton mit Erfolg aufbauen konnte.

Keplers gesamte Naturphilosophie beruht auf den Vorstellungen von einer Kraft, die zwischen aller körperlichen Materie durch den Raum wirkt, d. h. einer Eigenschaft, die grundsätzlich der Materie innewohnt. Diese Eigenschaft ist die Schwere oder Gravitatio. Seine Vorstellungen von dieser materiellen Eigenschaft vermittelte Kepler in einem Gedan-



Isaac Newton (1643–1727).  
Gemälde

kenexperiment: In der Welt befindet sich ein Stein so fern von allen anderen Körpern, daß er von keinem anderen beeinflußt werden kann. Der Stein befindet sich dann vollkommen in Ruhe. Diesen Zustand nannte Kepler den »natürlichen Zustand der Materie«. Bringt man nun einen zweiten Stein in die Nähe des ersten, so beginnen beide Steine sich aufgrund ihrer Schwere aufeinanderzuzubewegen. Ihr Treffpunkt hängt von der anfänglichen Entfernung und von den Massen der beiden Steine ab. Kepler formulierte das wie folgt: »Wenn man zwei Steine an einen beliebigen Ort der Welt versetzen würde, nahe beieinander außerhalb des Kraftbereiches eines dritten verwandten Körpers, dann würden sich jene Steine ähnlich wie zwei magnetische Körper an einem zwischenliegenden Ort vereinigen, wobei sich der eine dem anderen um eine Strecke nähert, die der Masse des anderen proportional ist.« (24)

Das ist qualitativ die Formulierung des Gravitationsgesetzes. Was Kepler nicht erkannte, was für das Gravitationsgesetz aber von entscheidender Bedeutung ist, war die Entfernungsabhängigkeit der Kraftwirkung, d. h. die quantitative Formulierung. Die Kraft nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab. Diese Entdeckung gelang Newton

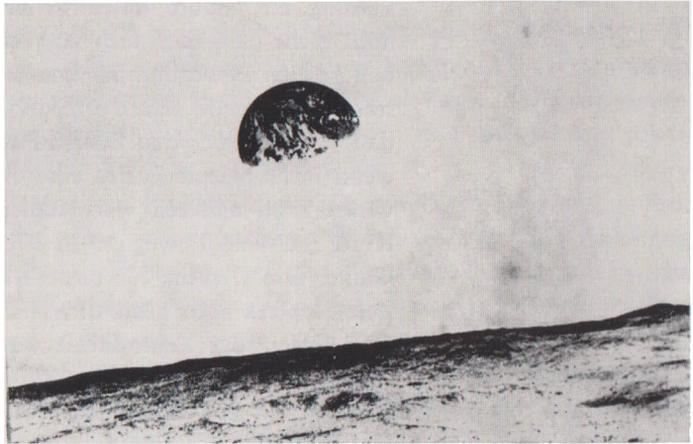
1687. Daß Kepler das quadratische Abnahmegesetz für die Schwerewirkung nicht fand, ruft häufig Verwunderung hervor. Ihm war nämlich bekannt, daß die Intensität einer optischen Lichtquelle mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, und man könnte meinen, der Schluß, daß dieser Fakt auch für die Schwerewirkung gilt, hätte nahegelegen.

Kepler stellte über die Art der zwischen allen Körpern durch den freien Raum wirkenden Kraft Überlegungen an und zog aus der Existenz der Kraft auch richtige Schlußfolgerungen. Die Frage nach der Art der Kraftübertragung von einer Masse auf eine andere, mit der Kepler sich schon zu seiner Zeit plagte, ist bis zur Gegenwart noch nicht gelöst. Man weiß auch heute nur von ihrer Existenz. Es gibt gerade in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Experimente zum Nachweis, z. B. von Gravitationswellen. Die Ergebnisse sind jedoch sehr widersprüchlich.

Kepler verglich die Art der Kraftübertragung der Schwere mit der magnetischen Wirkung. Angeregt wurde er zu diesem Vergleich durch das 1600 erschienene Werk W. Gilberts (1544–1603) »De Magnete«. Darin wurde nachgewiesen, daß ein Magnet seine Kraft ebenfalls durch den freien Raum auf andere Körper überträgt. Hier liegt aber eine spezielle Eigenschaft weniger besonderer Körper vor, während die Schwere eine der Materie grundsätzlich eigene Kraft ist. Ausgehend von Gilberts Magnetismus begann Kepler von einer allgemeinen Attraktionskraft zu sprechen, welche alle Bewegung in unserem Planetensystem verursacht und beherrscht. Dementsprechend heißt es in Keplers zweiter Auflage des »Mysterium Cosmographicum«: »Dereinst war ich des festen Glaubens, daß die die Planeten bewegende Ursache eine Seele sei. Als ich aber darüber nachdachte, daß diese bewegende Ursache mit der Entfernung abnimmt, genau wie auch das Licht der Sonne mit der Entfernung von der Sonne schwächer wird, zog ich den Schluß, diese Kraft sei etwas körperliches, dieses Wort »körperlich« freilich nicht im eigentlichen Sinne, sondern nur der Beziehung nach, wie wir auch sagen, das Licht sei etwas Körperliches, und damit eine von dem Körper ausgehende, jedoch immaterielle Spezies meinen.« (25)

Diesen Gedanken weiterführend, erklärte Kepler auch den Fall eines Gegenstandes auf die Erde als die gegenseitige Anziehung beider Körper. »Die Schwere besteht in dem

Die negative Wiedergabe der Erde am Mondhimmel läßt deutlich den scharfbegrenzten Mondhorizont aufgrund der fehlenden Mondatmosphäre erkennen.



gegenseitigen körperlichen Bestreben zwischen verwandten Körpern nach Vereinigung oder Verbindung . . . , so daß die Erde viel mehr den Stein anzieht, als der Stein nach der Erde strebt.« Der Astronom ging in seinen Überlegungen noch weiter. Es gab für ihn keine räumliche Begrenzung der Wirkung der Schwere. Er nahm an, daß sich »die anziehende Kraft der Erde bis zum Mond und noch viel höher« erstreckt.

Dementsprechend gab es für ihn natürlich auch eine anziehende Kraft des Mondes auf den Erdkörper. Diese Kraft machte Kepler für die Entstehung der Gezeiten verantwortlich. In der Grundkonzeption gab er damit als erster eine richtige Erklärung von Ebbe und Flut als Folge der Anziehung des Mondes und der Rotation der Erde. »Würde die Erde aufhören, die Gewässer zu sich heranzuziehen, so würden alle Meerwasser in die Höhe gehoben werden und auf den Mond fließen.« (26) In seinem postum erschienenen »Traum vom Mond« erklärte Kepler dann die Gezeiten aus der vereinigten Anziehung von Mond und Sonne; er war sich also bewußt, daß die Anziehung der Sonne bis zur Erde reicht. Galilei wies diese Erklärung von Ebbe und Flut scharf zurück und bezeichnete sie als »Kindereien«. Galilei war der falschen Meinung, die Gezeiten seien eine Folge der Bewegung der Erde um die Sonne.

Auch für die Aufrechterhaltung der Bewegung der Planeten um die Sonne wirkt deren Kraft bis zur Erde und den anderen Planeten. Hier beging Kepler aber Fehler in der Er-

klärung. Er glaubte, da es für ihn den Begriff der Trägheit noch nicht gab, daß auch zur Aufrechterhaltung einer reibungsfreien Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit eine ständig wirkende Kraft erforderlich sei. Wir wissen heute, daß jeder Körper den Zustand seiner Bewegung beibehält, wenn nicht beispielsweise eine »bremsende Kraft« auf ihn wirkt. Zum anderen war Kepler der Meinung, daß eine Kraft nur eine Bewegung in Richtung der Kraft erzeugen könne. Die Ursache für diese Auffassung war, daß es zur Zeit Keplers noch nicht die Theorie der Zentralkraft gab. Das Gesetz der Zentralkraft wurde erst von Ch. Huygens (1629–1695) entdeckt.

Aufgrund der Unkenntnis des Trägheitsgesetzes und der fehlenden Theorie der Zentralkraft nahm Kepler an, daß die rotierende Sonne »nicht nachweisbare Kraftarme« hat. Diese Kraftarme kann man sich wie die Speichen eines Fahrrades an der Zentralnabe des Rades vorstellen. Die Kraftarme, die sich um so mehr biegen können, je länger sie sind, schieben die Planeten ständig in ihrer Bahn vorwärts. Kepler hatte damit für sich alles erfüllt: eine ununterbrochen wirkende Kraft und Bewegung in Krafrichtung. War diese Erklärung auch falsch, so hatte er doch etwas vorausgeahnt, was aus den Beobachtungen seiner Zeit keinesfalls hervorgegangen war.

Im ersten Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts hatte Kepler die Grundlagen für die Entdeckung des Gravitationsgesetzes gelegt. Der experimentelle Beweis durch Laboratoriumsmessungen für die Richtigkeit des Massenanziehungsgesetzes gelang erst H. Cavendish (1731–1810) in England im Jahre 1798.

## Von astronomischen Problemen zu mathematischen Fragen



Die astronomischen Probleme, die Kepler in seiner Prager Zeit bearbeitet hat, führten ihn immer wieder zu wichtigen mathematischen Fragestellungen. Er erzielte bei seinen Überlegungen Resultate, die für die Entwicklung der Mathematik der folgenden Jahrzehnte und sogar Jahrhunderte von Bedeutung waren und so hervorragende Mathematiker wie

I. Newton, J.-L. Lagrange (1736–1813), F. W. Bessel (1784 bis 1846), P. S. Laplace (1749–1827) und K. F. Gauß (1777 bis 1855) zu wichtigen Arbeiten anregten. Die wesentlichen mathematischen Ergebnisse Keplers liegen auf dem Gebiet der Mathematik variabler Größen und der Theorie regelmäßiger Vielecke und Vielflächner.

Mit dem Problem der variablen Größen begann er sich sehr zeitig zu beschäftigen. Auf dem Wege zur Ableitung seines zweiten Gesetzes der Planetenbewegung galt es, die Abhängigkeit zwischen der Entfernung des Planeten von der Sonne und der Zeit, in der er einen bestimmten Abschnitt seiner Bahn durchläuft, mathematisch zu formulieren. Zu dieser Zeit arbeitete Kepler noch mit dem exzentrischen Kreis als Bahnform für die Planeten. Um seine Aufgabe zu lösen, unterteilte er vorerst den Exzenter in 360 gleiche Teile und nahm nun an, daß sich im Bereich eines Teiles der Abstand Erde–Sonne nicht ändert, aber von Teil zu Teil eine Variabilität vorliegt. Als nächsten Schritt vollzog Kepler den »Grenzübergang«. Er ging zu unendlich vielen Punkten auf dem Exzenter über, zu denen unendlich viele Abstände Erde–Sonne gehörten, und vermutete, daß in der Fläche des Exzenters alle diese Abstände enthalten seien. Dieses Vorgehen führte ihn schließlich zu seinem Flächensatz. Keplers infinitesimales Herangehen an seine Aufgabe war ein wichtiger Schritt in der Mathematik. In der Sprache der modernen Mathematik würde man sagen, daß Kepler das Problem eines elliptischen Integrals behandelte und die Lösung durch Variation der Variablen versuchte. Der bekannte Kepler-Biograph, M. Caspar, stellte dazu fest, daß die Idee vorhanden war, nur die Mittel, sie auszudrücken, noch nicht erfaßt wurden.

Da Kepler schon bald danach die Ellipse als die Bahnkurve der Planeten fand, interessierte er sich natürlich dafür, wie lang der Ellipsenbogen ist. Wieder löste Kepler die Frage mit einer Näherungsmethode und kam zu dem allgemeinen Ergebnis: »Der ganze Ellipsenumfang ist sehr nahe gleich dem arithmetischen Mittel zwischen dem Kreis mit dem längeren und dem mit dem kürzeren Radius.« (27) Wie eine einfache Rechnung erkennen läßt, war die von Kepler ersonnene mathematische Näherung für seine Zwecke voll- auf ausreichend und deshalb ohne weiteres anwendbar und mathematisch erlaubt. Bei einer Exzentrizität einer Ellipse

von 0,1, was etwa der der Marsbahn entspricht, betrug der Fehler, den er durch seine Näherungsmethode beging, nur 0,001 Prozent.

In Fortsetzung des Gedankengutes von Archimedes (um 287–212 v. u. Z.) berechnete Kepler das Volumen von Körpern, die durch Drehung von Kegelschnittflächen um Geraden allgemeiner Lage entstehen. So erhielt er die Volumen von 92 komplizierten Rotationskörpern.

Die mathematischen Arbeiten Keplers waren eine Grundlage der späteren Entwicklung der Differential- und Integralrechnung, die von I. Newton und G. W. Leibniz (1646 bis 1716) zu einem Höhepunkt geführt wurden.

## Warum ist der Schnee sechseckig?

**S**ÜR Kepler wurden scheinbar nebensächliche Tagesfragen, die andere oft gar nicht sahen, Anlaß wissenschaftlicher Überlegungen und Veröffentlichung. Ein solches Beispiel führte zu einer bedeutsamen Abhandlung über Kristallographie.

Ausgangspunkt für seine kristallographischen Überlegungen ist eine Beobachtung, die zu der Frage führte: »... warum der Schnee beim ersten Fallen, bevor er sich zu größeren Flocken ballt, immer sechseckig, gefiedert wie feiner Flaum und sechsstrahlig herabfällt«. (28) Niemals fand Kepler eine Fünf- oder Siebenstrahligkeit. Demnach konnte hier kein Zufall vorliegen, sondern es mußte eine Gesetzmäßigkeit bestehen. Diese zu finden, war für ihn zur Aufgabe geworden.

Wie stets bei seinen Forschungen verallgemeinerte er die Probleme. Ihm fiel auf, daß die Sechssymmetrie häufiger in der Natur auftritt. Kepler fand sie bei den Bienenwaben, und auch die Kerne des Granatapfels stellen Rhombendodekaeder dar. Er erinnerte sich in diesem Zusammenhang an einen Versuch von großer Wichtigkeit: Wenn man Kugeln gleichen Durchmessers aus einem leicht formbaren Material in ein rundes Gefäß gibt und dann das Gefäß auf seiner ganzen Länge gleichmäßig zusammendrückt, nehmen die Kugeln ebenfalls rhombendodekaederhafte Form an. Von diesem Versuch ging Kepler zur Geometrie der dichten Kugelpackungen über. Er bestimmte in einer großen Anzahl von Kugeln die Zahl benachbarter Kugeln, die eine beliebige

Ausgangskugel berühren. Derartige Kugelpackungsstrukturen spielen noch heute in der Kristallographie eine große Rolle. Wenn man die Kugeln nur durch ihre Mittelpunkte ersetzt, so erhält man ganz bestimmte Gitterstrukturen, je nachdem, ob es sich um sehr dichte oder weniger dichte Kugelpackungen handelt. Die Erkenntnisse über die Geometrie der Kugelpackungen sind eine der bedeutendsten Leistungen Keplers auf dem Gebiet der Kristallographie.

Nach diesen Überlegungen kehrte er in seiner kristallographischen Abhandlung zur Ausgangsfrage zurück, nämlich der Sechsstrahligkeit der Schneeflocken. Erschwerend für die Erklärung der Struktur des Schnees ist, daß die Sechsstrahligkeit immer in einer Ebene liegt. Da die einzelnen Strukturelemente der Schneeflocke sich stets in einem zentralen Punkt kreuzen, glaubte Kepler an eine bildende Kraft, die nach allen Seiten vollkommen gleichmäßig wirkt. Diese Überlegungen erinnern an die modernen Ansichten über die Entstehung und das Wachsen von Kristallen.

Die »Sechseckform«, so meinte Kepler, entsteht möglicherweise deshalb, weil mit dieser Form die Ebene lückenlos ausgefüllt werden kann. Die Verdichtung von Wasserdampf zur Dichtigkeit des Schnees unter Berücksichtigung der von einem Zentrum ausgehenden Kraft könnte sicher am besten in der Kreisform erfolgen. Da aber zwischen Kreisflächen leere Felder übrigbleiben, entsteht die dem Kreis sehr ähnliche, die Ebene lückenlos bedeckende Form des Sechsecks. Die Frage, warum die Grundstruktur der Schneeflocke nur in der Ebene wächst, konnte Kepler nicht klären. Diese Frage ist auch heute noch nicht endgültig beantwortet.

Die Arbeit Keplers, die 1611 unter dem Titel »Strena seu de nive Sexangula« erschien, kann als eine der ersten wissenschaftlichen Abhandlungen über Kristallographie bezeichnet werden.

## Chronologische und meßkundliche Arbeiten

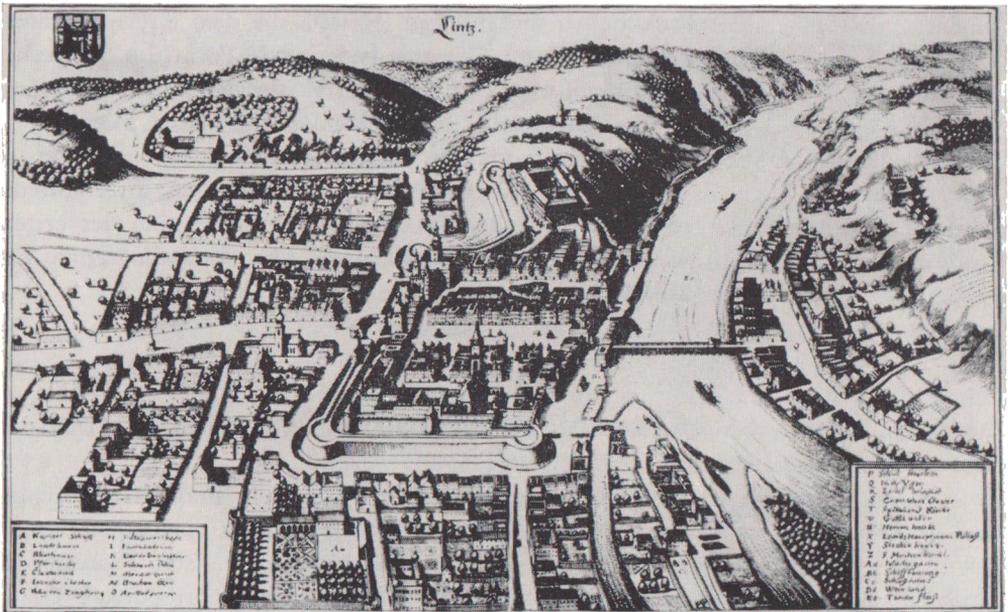


IE wachsenden politischen Unruhen in Prag hatten Kepler genötigt, sich nach einem Wirkungskreis umzusehen, wo er in Ruhe seine Studien betreiben konnte. Eine Professur in der Heimat blieb ihm infolge seines unorthodoxen Glau-

bensbekenntnisses versagt. Seit dem Frühjahr 1612 wirkte er in Linz als Mathematiker der oberösterreichischen Stände und als Lehrer an der evangelischen Landschaftsschule. Diese Stelle richtete man extra für Kepler ein. Er wurde beauftragt, die »Rudolphinischen Tafeln« zu vollenden und eine Karte des Landes anzufertigen. Es schmeichelte die Ständemitglieder, einen Mann von solchem Ruf in ihren Mauern zu wissen, da auch der neue Kaiser, Matthias (1612–1619), Kepler im März 1612 erneut als kaiserlichen Mathematiker bestätigt hatte. In dieser Eigenschaft wurde er 1613 zum Reichstag nach Regensburg geladen, um sein Gutachten zur Kalenderreform abzugeben. Der neue Gregorianische Kalender war bereits 1582 vom Papst gebilligt worden, in den evangelischen Ländern, auch in Württemberg, stieß die »papistische Neuerung« auf erbitterten Widerstand und wurde mit einer Flut von Schmähschriften bedacht. Kepler trat aus wissenschaftlichen Gründen für den neuen Kalender ein, was ihn in den Augen seiner »Glaubensgenossen« noch verdächtiger machte.

In Linz lebte Kepler vom Mai 1612 bis Oktober 1626. Kupferstich von M. Merian d. Ä.

Die Einladung nach Regensburg galt aber weniger dem Astronomen als dem Chronologen Kepler. Die junge, von J. J. Scalinger (1540–1609) begründete wissenschaftliche



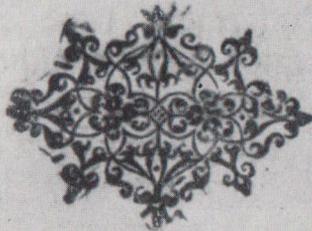
Chronologie sollte durch den Universalgelehrten Kepler bereichert werden. Chronologie war zu Keplers Zeiten nachgerade eine Modewissenschaft. Dabei kam es bald zu Spannungen zwischen ihr und der Theologie: Die Chronologie erwies z. B. die Widersprüchlichkeit der biblischen Zahlenangaben. Aber auch die Kirche brauchte eine zuverlässige Chronologie, um z. B. die einzelnen Kirchenfeste exakt festlegen zu können. So ist es natürlich, daß sich gerade die Jesuiten viel mit chronologischen Problemen befaßten und Kepler in ihnen einen interessanten und interessierten Brief- bzw. Diskussionspartner fand. Er hat, neben seinen astronomischen Arbeiten, auf chronologische Forschungen die meiste Zeit verwandt, sechs chronologische Arbeiten veröffentlicht und reichhaltige chronologische Berechnungen hinterlassen. In »De Anno natali Christi« (1614) und »Bericht vom Geburtsjahr Christi« (1613) geht es, wie der Titel schon besagt, um Berechnungen des Zeitpunktes von Jesu Geburt. Kepler stellte fest, daß nach den Quellen das Geburtsjahr des legendären Begründers des Christentums auf das Jahr 5 v. u. Z. festzulegen sei. Diese Berechnung wird bis heute als gültig angesehen. Natürlich verband Kepler seine chronologischen stets mit astronomischen Forschungen und tadelte anders Vorgehende.

In Linz sollte Kepler 14 Jahre seines Lebens verbringen, die längste Zeit überhaupt, die er an einem Ort gewohnt hat. Linz, inmitten eines Hügellandes zu beiden Seiten der Donau gelegen, ist wahrscheinlich eine Gründung des römischen Kaisers Marc Aurel (121–180). Im Laufe der Jahrhunderte war die Stadt zur Hauptstadt Oberösterreichs, des »Landes ob der Enns« geworden. Hier war 1565 die »Landschaftsschule« als Lateinschule der oberösterreichischen Stände gegründet worden. An dieser protestantischen Schule sollte Kepler wirken. 1624 mußte sie ihre Pforten schließen. An ihre Stelle trat eine Jesuitenanstalt, die 1629 zur Landschaftsschule erhoben wurde. Wenn der Chronist aufzeichnet, daß nach der Belagerung von 1626 die Hälfte der Häuser in Linz leerstand und die Zahl dieser leerstehenden Wohnstätten mit etwa 200 angibt, vermag man einen ungefähren Eindruck von der kleinstädtischen Enge zu gewinnen, in die der Gelehrte nach seinem Wirken in Prag gekommen war.

PROGNOSTICON,

Von aller handt be-  
draulichen Vorhotten künfft-  
gen Vbelstands / in Regiments- vnd Kir-  
chensachen / sonderlich von Cometen  
vnd Erbidem / auff das 1618.  
vnd 1619. Jahr.

JOHANN. KEPLER I,  
Der Röm. Kayf. Mayt. ꝛc.  
vnd dero Getreuer Löbl. Landt. deß  
Erzherzogthums Oesterreich ob der  
Enß / Mathematici.



Gedruckt im Jahr /

---

M·D·C·XIX.

Keplers Aufenthalt in Linz war seinen Studien förderlich, wenn man von den Ergebnissen ausgeht. Er hatte gute Bibliotheken zur Verfügung und unterhielt weiter einen regen Briefwechsel. Aber insgesamt waren die Verhältnisse auch hier, wie in Graz, zu klein für ihn. Es dominierten die ihn nicht verstehenden Kleingeister. Dennoch setzte Kepler, wenn auch mit Unterbrechungen, zäh und unermüdlich die Arbeit an den »Rudolphinischen Tafeln« fort. 1615 war der Druck der »Nova Stereometria Doliorum Vinariorum« (Neue Raumeßkunst für Weinfässer) erfolgt. 1616 wurde in Linz sein »Außzug auß der Uralten Messe Kunst Archimedis« gedruckt. Bei dieser Arbeit kam es ihm darauf an, Leuten mit geringem mathematischem Wissen schwierige Begriffe und Rechnungen der Stereometrie zu erläutern. Nebenbei stellte sich Kepler dabei die Aufgabe, für die lateinischen Fachausdrücke eingängige deutsche Bezeichnungen zu finden. Manche dieser Begriffsbildungen gehören heute zum festen Bestand der mathematischen Fachsprache, so z. B. das Wort »Kegelschnitt«. Mehrfach bekannte Kepler, daß er außer den Wissenschaften keine andere Würze des Lebens kenne. Was ihn stützte und immer weitertrieb war sein Drang nach Erkenntnis. Wissenschaft war ihm Berufung. Davor trat alles andere zurück. Und trotz aller Schicksalsschläge, die ihn in seinem wechselvollen Leben ereilten, bewahrte er stets seinen Humor. So schrieb er: »Nach meiner Ansicht (ist) der Humor die feinste Würze eines Wortstreites . . . Andere freilich suchen wenn sie philosophieren, durch gewichtigen Ernst in ihren Aussagen zu imponieren, machen sich jedoch gar oft gegen ihre Absicht lächerlich. Ich glaube, ich bin von Natur aus dazu geschaffen, die Mühe und Plage wissenschaftlicher Arbeit durch eine sich im Stil ausdrückende frohe Laune zu mildern.« (29) Mit diesem Humor, diesem Lebensoptimismus, ging er offenen Auges durchs Leben und versäumte nie, aus dem Leben zu lernen. So war der Anlaß für seine Schriften »Nova Stereometria« und »Außzug auß der Uralten Messe Kunst Archimedis« ein höchst trivialer. Er berichtete: »Als ich im vergangenen November eine neue Gattin in mein Haus eingeführt hatte, gerade zu der Zeit, da . . . das ganze Ufer in Linz mit Weinfässern, die zu erträglichem Preis ausgebauten wurden, belagert war, da verlangte es meine Pflicht als Gatte und guter Familienvater, mein Haus mit dem notwendigen Trunk zu versorgen. Ich

ließ daher etliche Fässer in mein Haus schaffen und daselbst einlegen. Vier Tage hernach kam nun der Verkäufer mit einer Meßrute, die er als einziges Instrument benutzte, um ohne Unterschied alle Fässer auszumessen, ohne Rücksicht auf ihre Form zu nehmen oder irgendwelche Berechnung anzustellen. Er steckte nämlich die Spitze des Eisenstabes in die Einfüllöffnung des vollen Fasses schief hinein bis zum untersten Rand der beiden kreisförmigen Holzdeckel, die wir in der einheimischen Sprache die Böden nennen. Wenn dann beiderseits diese Länge vom obersten Punkt des Faßrunds bis zum untersten Punkt der beiden kreisförmigen Bretter gleich erschien, dann gab er nach der Marke, die an der Stelle, wo diese Länge aufhörte, in den Stab eingezeichnet war, die Zahl der Eimer an, die das Faß hielt, und stellte dieser Zahl entsprechend den Preis fest . . . Als neuem Ehemann erschien es mir als angemessene Aufgabe, zur neuen Einleitung meiner mathematischen Arbeiten die Zuverlässigkeit dieser einfachen, für den Haushalt so notwendigen Meßmethode an den geometrischen Gesetzen zu prüfen und ihre Grundlagen, falls es solche gäbe, klar darzulegen.« (30)

Die Aufgabe, die sich Kepler gestellt hatte, die Inhaltsberechnung von Fässern, die er sich aus zwei Kegelstümpfen zusammengesetzt dachte, sowie von Körpern, welche durch Rotation von Kegelschnitten oder Teilen derselben entstehen, löste er, anknüpfend an Archimedes, glänzend. Auch hier erwies er sich als schöpferischer Mathematiker und leistete dabei nicht nur grundlegende Vorarbeiten zur Methode der Integralrechnung, sondern rückte auch die Disziplin der Körperberechnung in den aktuellen Themenbereich. Direkt oder indirekt von Kepler angeregt, beschäftigten sich Gelehrte wie P. Guldin (1577–1643), F. Bonaventura Cavalieri (um 1598–1647), E. Torricelli (1608–1647) u. a. mit stereometrischen Problemen.

Der Ulmer Magistrat bediente sich später ebenfalls des Mathematikers Kepler. Im 17. Jahrhundert gab es noch keine allgemeingültigen Maß- und Gewichtsnormen. Fast jede Stadt hatte eigene Maße und Gewichte. Dazu kam noch, daß Maße, die in den verschiedenen Ländern den gleichen Namen trugen, untereinander keineswegs übereinstimmten. Auf diese Weise wurde Handel und Wandel gelähmt, unlauteren Geschäften Vorschub geleistet. Zur Abhilfe schlug Kepler vor, die Ulmer Längen-, Gewichts- und Hohlmaße

in einem Modellgefäß zu vereinigen, und zwar so, daß die grundlegenden Einheiten geometrisch und rechnerisch aneinander gebunden seien. Kepler beriet sich mit Kennern des Problems, und nach seinen Angaben wurde 1627 ein Normal-Eichkessel zugerichtet und gegossen. In diesem Eichkessel wurden alle Alt-Ulmer-Maße und Gewichte zusammengefaßt; was alles aus dem Kessel abgeleitet und entnommen werden kann, besagt die auf ihm angegebene von Kepler stammende Umschrift:

»Zween Schuch mein Tiefe, ein Eln mein Quer,  
Ein gerechter Aymer macht mich leer,  
Dan sein mir Vierthalb Centner blieben,  
Voll Thonawasser wäg ich Siben  
Doch lieber mich mit Kernen eich  
Und 64 mahl abstreich,  
so bistu Neunzig Imi reich.« (31)

## Kometen sind Himmelskörper



N den Jahren 1617–1620 erschienen in Linz Keplers »Ephemerides novae Motuum Coelestium« für die Jahre 1617 bis 1620. 1618, 1620 und 1621 kamen die sieben Bücher der »Epitome Astronomiae Copernicanae« heraus. Es ist dies seinem Umfang nach das größte Werk Keplers, ein in Katechismusform nach Frage und Antwort gegliedertes erstes Lehrbuch der Himmelsmechanik. Grundlage sind die Auffassungen des Copernicus, angereichert mit eigenen Ideen, Erfahrungen und Entdeckungen. Dabei spielten Finalursachen noch eine große Rolle. So z. B. bewege sich die Erde um die Sonne, damit es den Menschen möglich sei, die Welt und ihre Ausmaße kennenzulernen. Der erste Teil der »Epitome« (Bücher I–III) wurde bereits 1619 auf den Index der katholischen Kirche gesetzt. Kepler hatte einmal geschrieben: »Mögen sich andere zu ihr (der copernicani-schen Lehre – d. Verf.) stellen, wie sie wollen, ich erachte es ihr gegenüber als meine Pflicht und Aufgabe, sie, die ich in meinem Innern als wahr anerkannt habe . . . , auch nach außen hin . . . mit allen Kräften meines Geistes zu verteidigen.« (32) Dementsprechend nannte er sein astronomisches Lehrbuch bescheiden »Epitome Astronomiae Copernicanae«.

1492		m. D. m. a. l. f. a. l. f. a. l. f. a.													
Junius		☉	☽	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♁	♂	♆	♁		
h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m		
1	19	44	27	54	20	14	11	7	29	34	49	29	25	11	45
2	20	41	10	18	20	13	14	4	21	25	58	1	17	11	42
3	21	33	11	14	10	17	14	3	27	8	1	10	11	39	
4	12	25	5	41	20	26	14	50	5	43	28	18	7	11	36
5	23	37	18	25	20	27	15	3	25	19	27	7	2	11	33
6	24	29	1	10	20	14	15	10	7	6	0	17	8	12	30
7	25	26	14	44	20	27	15	20	7	47	1	40	10	40	27
8	26	23	28	23	20	21	15	41	3	39	2	57	12	27	24
9	27	20	15	19	20	10	17	11	0	40	4	53	14	21	21
10	28	17	26	27	20	10	16	8	0	51	5	48	15	19	17
11	29	14	10	47	20	14	16	21	10	31	6	23	17	44	14
12	0	11	2	3	20	12	16	24	11	13	7	33	19	28	11
13	1	8	10	12	20	9	16	47	11	54	8	42	21	10	8
14	2	5	25	16	20	7	17	0	12	55	9	51	22	11	5
15	3	2	10	8	10	4	17	12	12	10	11	0	24	21	11
16	3	59	24	30	20	1	17	20	12	57	12	9	26	11	58
17	4	56	8	27	19	50	17	39	14	28	12	18	27	47	10
18	5	53	21	12	19	56	17	52	15	19	14	26	29	21	10
19	6	50	5	10	19	53	18	6	16	0	15	25	0	12	10
20	7	47	18	9	10	50	18	10	1	41	16	44	2	21	10
21	8	44	0	49	19	47	19	32	17	22	17	52	3	48	10
22	9	41	13	8	19	44	18	46	18	2	19	1	5	12	10
23	10	38	25	15	19	40	18	59	18	43	10	0	6	27	10
24	11	35	7	25	19	37	19	42	19	24	11	18	7	50	10
25	12	32	19	24	10	34	10	26	20	4	12	26	9	11	10
26	13	29	11	22	10	31	19	39	20	45	23	24	10	23	10
27	14	26	13	17	10	27	10	52	21	55	26	41	11	31	10
28	15	23	24	11	19	24	10	7	22	5	25	40	12	37	10
29	16	20	16	2	19	20	80	21	22	46	20	50	13	35	10
30	17	17	15	19	16	10	24	23	26	25	4	14	29	10	13

1492		Aspectus in n. ad solem et planetas.												Solis et planetarum inter se	
Junius		☉	☽	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♁	♂	♆	♁	☉	☽
h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m
1	19	44	27	54	20	14	11	7	29	34	49	29	25	11	45
2	20	41	10	18	20	13	14	4	21	25	58	1	17	11	42
3	21	33	11	14	10	17	14	3	27	8	1	10	11	39	
4	12	25	5	41	20	26	14	50	5	43	28	18	7	11	36
5	23	37	18	25	20	27	15	3	25	19	27	7	2	11	33
6	24	29	1	10	20	14	15	10	7	6	0	17	8	12	30
7	25	26	14	44	20	27	15	20	7	47	1	40	10	40	27
8	26	23	28	23	20	21	15	41	3	39	2	57	12	27	24
9	27	20	15	19	20	10	17	11	0	40	4	53	14	21	21
10	28	17	26	27	20	10	16	8	0	51	5	48	15	19	17
11	29	14	10	47	20	14	16	21	10	31	6	23	17	44	14
12	0	11	2	3	20	12	16	24	11	13	7	33	19	28	11
13	1	8	10	12	20	9	16	47	11	54	8	42	21	10	8
14	2	5	25	16	20	7	17	0	12	55	9	51	22	11	5
15	3	2	10	8	10	4	17	12	12	10	11	0	24	21	11
16	3	59	24	30	20	1	17	20	12	57	12	9	26	11	58
17	4	56	8	27	19	50	17	39	14	28	12	18	27	47	10
18	5	53	21	12	19	56	17	52	15	19	14	26	29	21	10
19	6	50	5	10	19	53	18	6	16	0	15	25	0	12	10
20	7	47	18	9	10	50	18	10	1	41	16	44	2	21	10
21	8	44	0	49	19	47	19	32	17	22	17	52	3	48	10
22	9	41	13	8	19	44	18	46	18	2	19	1	5	12	10
23	10	38	25	15	19	40	18	59	18	43	10	0	6	27	10
24	11	35	7	25	19	37	19	42	19	24	11	18	7	50	10
25	12	32	19	24	10	34	10	26	20	4	12	26	9	11	10
26	13	29	11	22	10	31	19	39	20	45	23	24	10	23	10
27	14	26	13	17	10	27	10	52	21	55	26	41	11	31	10
28	15	23	24	11	19	24	10	7	22	5	25	40	12	37	10
29	16	20	16	2	19	20	80	21	22	46	20	50	13	35	10
30	17	17	15	19	16	10	24	23	26	25	4	14	29	10	13

In dem dargestellten Teil der Tabelle des Regiomontanus (1436–1476), die im Jahre 1484 erschienen ist, sind die Ephemeriden der Wandelgestirne für den Monat Juni des Jahres 1492 wiedergegeben. Diese Ephemeriden sind noch auf der Grundlage des geozentrischen Modells des Planetensystems berechnet worden.

Verschwunden sind in diesem Werk die von Ptolemaios, Copernicus und Brahe benötigten Epizyklen: Die Planeten umlaufen als frei im Raum schwebende Kugeln nach den drei Keplerschen Gesetzen die Sonne.

Neben anderen Arbeiten verfaßte Kepler zwischen 1617 und 1624 sechs Kalender, die sich großer Beliebtheit erfreuten, und die Schrift »De Cometis libelli libri tres« (1619). Das zweite der drei »libelli« ist die lateinische Übersetzung der 1607 erschienenen Kometenschrift »Ausführlicher Bericht/von den newlich im Monat Septembri und Octobri diß 1607. Jahrs erschienen Haarstern/ oder Cometen/ und seinen Bedeutungen«. Sie ist das Kernstück der ganzen Arbeit und enthält jene maßgeblichen Gedanken zum Thema der Kometen, mit denen die physikalische Struktur dieser Himmelskörper eindeutig und richtig so erfaßt wird, wie wir sie in den Grundzügen auch heute noch bestätigen.

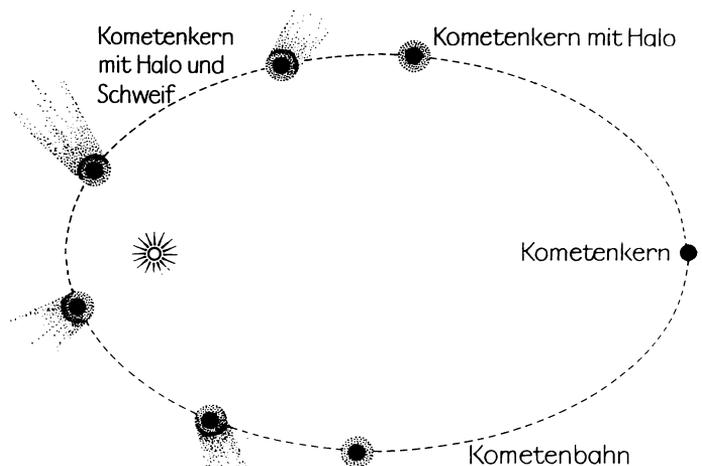
Die Frage nach den Kometen war zu Keplers Zeit ein höchst aktuelles astronomisches Problem. Bis zum Ende des 16. Jahrhunderts war es keinesfalls entschieden, ob die Kometen in das Gebiet der Meteorologie oder der Astronomie gehören. Die vorherrschende Meinung bis zu diesem Zeitpunkt war, Kometen seien Objekte der Erdatmosphäre und

gehören demzufolge nicht in den Aufgabenbereich der Astronomie. Die Gelehrten des Altertums hatten angenommen, es handle sich um Ausdünstungen der Erdoberfläche, die wirbelartig in die Atmosphäre aufstiegen, in den oberen Regionen, wo ihrer Meinung nach das Feuer heimisch sein sollte, zu brennen beginnen und durch ihre Aufwärtsbewegung lange Rauchschwaden hinter sich herziehen. Zu dieser Auffassung trug wesentlich bei, daß Kometen vollkommen unerwartet erschienen, oft sehr schnell verschwanden und nicht wieder zu sehen waren. Diese Deutung des Kometenphänomens ist auch die Ursache dafür, daß in dem zusammenfassenden Werk der griechischen Astronomie, dem »Almagest«, die Kometen keine Erwähnung finden. Es gab aber auch schon in der Antike Auffassungen, die dieser Lehrmeinung entgegenstanden.

Brahe und vornehmlich Kepler leisteten aufgrund neuer Beobachtungen erste entscheidende Beiträge zur wissenschaftlichen Klärung des Kometenphänomens, erkannten sie eindeutig als Himmelskörper und ordneten sie dadurch der Astronomie zu. Der große Beobachter Brahe bestimmte die Parallaxe des hellen Kometen des Jahres 1577. Aufgrund des beobachteten Parallaxenwinkels ergab sich eine Entfernung für den Kometen, die größer war als der Abstand Erde-Mond. Damit gehörten Kometen zu den »außeratmosphärischen« Körpern.

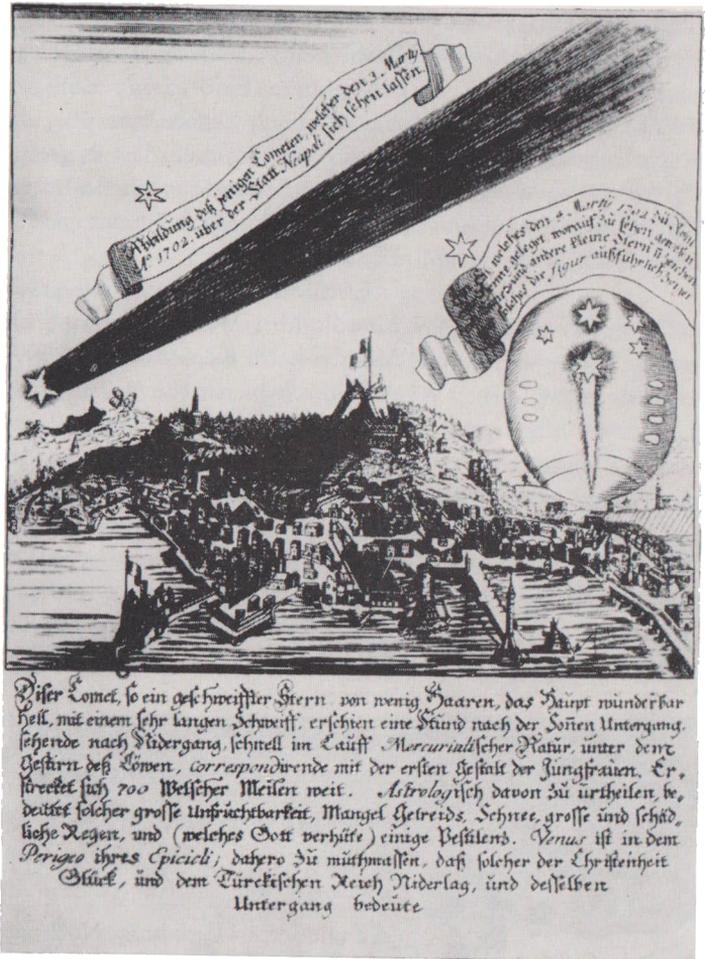
Der helle Komet des Jahres 1607 veranlaßte Kepler zu einer ersten im gleichen Jahr erschienenen Arbeit über diese

Auf seiner Ellipsenbahn um die Sonne bildet der Kometenkern bei Annäherung an die Sonne ein Halo aus. In unmittelbarer Sonnennähe kommt es zur Entstehung des Schweifes, der stets von der Sonne weggerichtet ist.



seltene Himmelserscheinungen. Erst 100 Jahre später konnte E. Halley (1656–1742) zeigen, daß der von Kepler in seiner Schrift beschriebene Komet ein periodisch wiederkehrendes Objekt und identisch mit den Kometenerscheinungen der Jahre 1531 und 1682 war. Es gibt Kometen, die auf Keplerellipsen die Sonne umlaufen. Zu Ehren von Halley, der diesen Beweis erbringen konnte, erhielt der Komet seinen Namen. Der Halleysche Komet wurde 1910 zum bisher letzten Mal beobachtet und wird 1985 wieder sichtbar werden. Kepler hatte noch nicht erkannt, daß auch Kometen geschlossene Bahnen um die Sonne beschreiben können. Er nahm an, daß sie gradlinig mit hoher Geschwindigkeit an der Erde vorbeifliegen. Er vermutete aber vollkommen richtig, daß die Kometen auch erhalten bleiben, wenn sie nach kurzer Zeit wieder unsichtbar werden. Ihr Verschwinden erklärte er mit der wachsenden Entfernung von der Erde oder mit dem Hineinlaufen in den hellen Taghimmel. Neben diesem optischen Effekt nahm Kepler aber auch an, daß in Einzelfällen Kometen durch echte physikalische Auflösung verschwinden können. Diese Aussage konnte im vergangenen Jahrhundert durch die Beobachtung der Auflösung des Bielaschen Kometen zu einem Meteorstrom bestätigt werden. Obwohl Kometen seltene Naturerscheinungen sind, kann man aus Keplers Kometenarbeit entnehmen, daß er an die Existenz von sehr vielen Kometen glaubte: »Solcher Cometen halte ich der Himmel so voll seye/als das Meer voller Fische ist. Das man aber selten solcher Cometen ansichtig wird/ geschiehet wegen der unermesslichen weite der himlischen Luft.« (33) Kepler traf, wie wir heute wissen, ins Schwarze. Man nimmt an, daß die Kometenwolke der Sonne bis in die große Entfernung von 150 000 Astronomische Einheiten reicht und aus  $10^{14}$  Mitgliedern besteht. Es war eine kühne Vermutung Keplers, die Zahl der Kometen mit der der Fische im Meer zu vergleichen, denn bis zum Jahre 1600 waren erst 75 Kometenerscheinungen bekannt geworden.

Das typische Kometenbild, die Ausbildung des Schweifes, wurde von Kepler schon prinzipiell richtig erklärt. Aufgrund von Beobachtungen wußte er, daß die Schweife der Kometen immer von der Sonne weggerichtet sind, so daß anzunehmen war, zwischen den Kometenschweiften und der Strahlung der Sonne müsse ein Zusammenhang bestehen: »Das ich gesagt/ die Sonnenstraalen durchgehen das *Corpus*



Kometendarstellungen aus dem 16. und 17. Jahrhundert waren größtenteils mit der Wiedergabe furchterregender Folgen verbunden. Kometen stellten in dieser Zeit noch ein schwer erklärbares Phänomen am Himmel dar.

des Cometen/ und nemen augenblicklich etwas von dessen Materi mit sich/ iren weg hinauß/ von der Sonne entan/ daher halte ich/ komme der Schwantz des Cometen/ der sich allwegen von der Sonnen entan streckt.« (34) Tatsächlich entsteht der Kometenschweif durch Sonnenstrahlung, allerdings in der Hauptsache durch die Partikelstrahlung der Sonne, den sogenannten Sonnenwind, der Gas aus dem Kometenkopf »wegbläst«. Kepler versuchte auch die Schweiffausdehnung zu bestimmen. Für den hellen Kometen des Jahres 1607 kam er auf die Länge von 150 000 km. Dieser Wert ist wesentlich zu klein, denn 1910 hatte der Halleysche Komet einen Schweiff von 30 Millionen km Länge.

Mit seinen Arbeiten aus den Jahren 1607 und 1619 zur Problematik der Kometen legte er wichtige Grundlagen für die weitere Erforschung des Kometenphänomens. Kepler war in seinen Ergebnissen über die Natur der Kometen wesentlich progressiver als sein großer Zeitgenosse Galilei, der, trotz der Beobachtungen Brahes und der ersten Arbeit Keplers, die Kometen immer noch als »Ausdünstungen der Erde« bezeichnete.

Ebenfalls im Jahre 1619 erschien Keplers »Harmonices Mundi, libri V« (Weltharmonik). An seinen »Harmonices Mundi« hatte Kepler bereits 1599 zu arbeiten begonnen.

Wir sehen also Kepler unermüdlich schaffend. Beflügelt haben mag ihn neben der gesicherten Stellung in Linz auch seine zweite Ehe mit der vierundzwanzigjährigen Schreinerstochter Susanne Reutinger. Die Heirat fand am 30. September 1613 statt. Es wurde eine glückliche Verbindung; sieben Kinder gingen aus ihr hervor, von denen fünf allerdings früh verstarben. Keplers reiches Schaffen und persönliches Glück wurden aber jahrelang durch schweres persönliches Leid überschattet: Seine Mutter war als Hexe angeklagt worden.

## Der Hexenprozeß der Mutter

**K**

EPLERS Mutter lebte bei ihrem Sohn Christoph, einem Zinngießer, in Leonberg. Noch in dieser Zeit beherrschte der Glaube, daß es mit dem »Teufel« unmittelbar in Verbindung stehende »Hexen« gäbe, die Masse der Menschen. Kirchliche und weltliche Obrigkeit verbündeten sich zur Hexenverfolgung. Theoretische Grundlage bildeten eine päpstliche Bulle von 1484 und der »Hexenhammer«, eine Art juristischer Kodex der Hexenprozesse. Auf ihrer Grundlage wurden in Europa bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts etwa eine Million Menschen verfolgt und nach schrecklichen Foltern hingerichtet. In Weil der Stadt, dem Geburtsort Keplers, wurden von 1615–1629 38 Frauen wegen Hexerei hingerichtet; in Leonberg allein im Winter 1615/16 sechs Frauen! Auch Katharina Kepler wurde unter nichtigen Vorwänden von ihrer Nachbarin der Hexerei beschuldigt. Der Verdacht fiel auf fruchtbaren Boden. Das wunderliche Wesen der alten Keplerin,

ihre Kenntnis von Heilkräutern usw. beförderten ihn. Kepler schildert selbst seine Mutter als »von beißendem Witz, streitsüchtig, von schlimmem Wesen«. (35) Die alte Frau Kepler hatte es wahrlich in ihrem Leben nicht leicht gehabt. In ihrer Jugend war es der Mann, der selbst die Schwangere schlug und sie dann verließ. Ihre Schwiegereltern gaben ihr die Hauptschuld an dem Ehezerwürfnis und behandelten sie entsprechend. Ihre Kinder mußte sie allein erziehen. Zudem war ihr Sohn Heinrich ein Tunichtgut geworden.

Zunächst versuchten die württembergischen Verwandten der alten Katharina Kepler die Gefahr durch eine Verleumdungsklage abzuwenden. Aber das Vorurteil gegen die Verdächtige war inzwischen schon tief verwurzelt, auch angesehenen Bürger und Amtspersonen hatten sich gegen die Keplerin gewandt, der Entlastungsprozeß wurde verschleppt. Sobald Kepler die Nachricht von den Verdächtigungen gegen seine Mutter erreichte, schrieb er einen scharfen Protestbrief an die Behörden von Leonberg. Er fruchtete nicht. Im Dezember 1616 reiste Keplers Mutter nach Linz, um Belästi-

Kepler besuchte in Leonberg, wo er bis zu seinem Tode Heimatrecht besaß, 1576 die deutsche Elementar- und Lateinschule. Kupferstich



Der Dichter und Jurist  
F. v. Spee (1591–1635)  
wandte sich in seiner »Cautio  
criminalis« (Vorsicht bei der  
Rechtsprechung) als einer  
der ersten Zeitgenossen  
gegen die Folter und herr-  
schende Gerichtspraktiken.  
Gemälde



gungen zu entgehen. Schon im Oktober 1616 war infolge der von Behörden der Stadt Leonberg nach Stuttgart gelieferten Berichte vom dortigen für Kriminalprozesse zuständigen Oberrat der Befehl erlassen worden, die Katharina Kepler ihrer »Hexerei halben« zu verhaften. Wenn im Januar 1617 derselbe Oberrat seine ursprüngliche Entscheidung abmilderte und eine genauere Prüfung des Falles beantragte, so ist das wohl nicht zuletzt dem energischen Eingreifen, den Argumenten und Bittgesuchen Keplers zu danken. Im Oktober 1617 kehrte Katharina Kepler nach Württemberg zurück, der Sohn folgte ihr bald, um der Mutter beizustehen. Jedoch konnte er sich nicht lange aufhalten. Nach seiner Rückkehr nach Linz wogten Anklage und Gegenklage hin und her. Die Hauptklägerin gegen Katharina Kepler faßte ihre Anklage in 49 Punkten zusammen. Unter anderem die folgenden: Die Keplerin habe eine Frau am Schenkel so verletzt, daß diese davon arbeitsunfähig geblieben sei. Mehreren Personen habe sie einen Trunk gegeben, wovon diese gelähmt wurden bzw. andere Schäden davongetragen hätten. Sie habe ihren Mann Heinrich, ohne Zweifel

mit Hilfe von Unholden, von zu Hause vertrieben. Die Keplerin habe auch gesagt, »daß sie eines Burgers töchterlin das Hexenwerck lehrnen wölle, auch darbey aussgeschlagen, es sey weder Hell noch Himel, sondern wann ein Mensch sterbe, seye es mit demselbigen, alls einem vnvernünftigen Vieh beschaffen vnd alles auss . . . Sie Keplerin ist auch so vermessen, das sie von dem Todtengräber Ihres Vatters Kopff beghrt, fürgenbdt sie welte selbigen zu einem Trünckgeschirr gebrauchen«. (36)

In der Anklage wurde so ziemlich alles zusammengetragen, dessen man damals eine »Hexe« für schuldig hielt. Ja, eigentlich genügte schon der Erweis einer der 49 Punkte, um Katharina Kepler »rechtskräftig« zu verurteilen. Am 7. August 1620 wurde sie schließlich im Hause ihrer Tochter verhaftet. Da die Keplerin standhaft leugnete, eine Hexe zu sein, drohte ihr die Folter. Kepler unternahm alles nur Mögliche, um seine Mutter zu retten. Er wandte sich an den Herzog von Württemberg, brachte seine angesehene Stellung als kaiserlicher Hofmathematiker ins Spiel, machte Eingaben und reiste schließlich im September 1620, trotz der Kriegsergebnisse, selbst wieder nach Württemberg. Dennoch wurde am 4. September 1620 der Hexenprozeß, der Kepler über



Hexenverbrennung  
in Amsterdam, 1571. Stich

1000 Gulden kostete, gegen die Mutter eröffnet. Er dauerte etwa ein Jahr, und fast während der ganzen Zeit war Kepler dabei. Am 22. August legte die Verteidigung dem Gericht ihre Conclusions-Schrift (das letzte Wort) vor; es waren 60 Folioseiten, ein großer Teil davon war von Kepler selbst geschrieben. Die Verteidigung war so angelegt, daß für jeden einzelnen Anklagepunkt, der die Keplerin der Hexerei und Zauberei beschuldigte, eine natürliche Erklärung gegeben wurde. Eine bloße Zurückweisung hätte der Anklage nur geholfen. Die geschickte Verteidigung wurde also wesentlich durch Kepler selbst geführt und inspiriert. Das gestand auch der Gerichtsschreiber ein, der in einem der Protokolle vermerkte: »Verhaftetin erscheint auch gehorsamblichen, »Laider« mit Beystandt Ihres Herrn Sohns Johann Keplers Mathematici.« (37) Im Original ist »Laider« noch durch eine andere Schriftart hervorgehoben. Dies zeigt wohl am anschaulichsten und prägnantesten, wie sehr die Verteidigung Keplers bei der Gegenpartei gefürchtet war. Der »Sohn der Hexe« zwang die Anklage, Schritt um Schritt zurückzuziehen.

Der Herzog entschloß sich schließlich, die Prozeßakten der Juristischen Fakultät der Tübinger Universität zur Entscheidung vorzulegen. Diese befand, die gegen Katharina Kepler vorgebrachten Anklagen wegen Zauberei und Hexerei seien zur Verurteilung noch nicht ausreichend. Man befahl, die Beschuldigte in die Folterkammer zu führen und ihr die Folterwerkzeuge vorzuweisen, zu erklären und einige davon durch den Nachrichter anlegen zu lassen. Die jeweils Beschuldigte wußte nicht, daß nicht die Folter selbst, sondern nur die Territion (Einschüchterung) in Anwendung gebracht werden sollte. Auch Katharina Kepler, die inzwischen 73jährige Greisin, wußte dies nicht, als sie am 28. September 1621 in die Folterkammer geführt und der psychischen Tortur der Territion unterworfen wurde. Aber sie blieb bei dem grausamen Verfahren standhaft und bekannte nicht, was nicht zu bekennen war. Vor Entsetzen wurde sie schließlich ohnmächtig. Darauf entschied der Herzog am 4. November 1621, die Beschuldigte sei, da sie ohne Wissen, daß die Folterung nur eine Drohung gewesen und sie sich durch die Schreckung von den eingebrachten Anklagen gereinigt habe, nunmehr freizusprechen. Nach einer Haft von 14 Monaten kam Katharina Kepler endlich wieder frei. Die unglückliche alte Frau

starb im April des folgenden Jahres bei ihrer Tochter. Hätte Kepler nicht seinen ganzen Scharfsinn und Verstand, seine ganze Gelehrsamkeit und alle Kraft aufgeboten, wäre seiner Mutter der Scheiterhaufen, der Familie die gesellschaftliche Ächtung sicher gewesen.

## Die »Rudolphinischen Tafeln«

**K**

EPLER kehrte nach Linz zurück. Der unselige Prozeß um die Ehre und das Leben seiner Mutter hatte ihm viel Zeit geraubt. Der Fortgang des Dreißigjährigen Krieges brachte neue Unsicherheit, neue Gefahren. Immerhin wurde der Gelehrte 1621 von Kaiser Ferdinand II. in seinem Amt als kaiserlicher Hofmathematiker bestätigt. Auch in Linz wurden diejenigen Bürger, die nicht zum katholischen Glauben übertreten wollten, 1626 zur Auswanderung gezwungen. Aber Kepler genoß kraft seines Amtes als Hofbeamter des Kaisers Immunität. Er mußte lediglich den katholischen Gottesdienst besuchen, und auch sein letztes in Linz geborenes Kind wurde 1625 katholisch getauft. Seine Bibliothek wurde zeitweilig versiegelt.

Nach Abschluß des »Hexenprozesses« gegen seine Mutter war er mit wahrem Feuereifer an die Fertigstellung der »Rudolphinischen Tafeln« gegangen. An finanziellen Versprechungen und entsprechenden Anweisungen hatte es ohnehin nicht gefehlt. Die Schulden des Kaisers bei Kepler schwollen jedoch an, nur von der oberösterreichischen Landschaft erhielt er regelmäßig sein Gehalt.

Im Jahre 1621 war das »Mysterium Cosmographicum« in zweiter Auflage erschienen. Im gleichen Jahr kam der zweite Teil der »Epitome Astronomiae Copernicanae« heraus. Ende 1623 näherten sich Keplers Arbeiten an den »Rudolphinischen Tafeln« dem Ende, einer Arbeit, der er ein Vierteljahrhundert gewidmet hatte und die er selbst für die Hauptaufgabe seines Lebens hielt. Es erhob sich die Frage nach den Druckkosten und dem Druckort. 1624 reiste er in dieser Angelegenheit nach Wien. Der Kaiser gab ihm zwar kein Geld, aber eine Schuldverschreibung auf einige Städte, besonders auf Nürnberg. Aber Nürnberg war zahlungsunfähig; die Stadt hatte gerade an den Herzog von Wallenstein eine

Rudolf II., deutscher Kaiser von 1576 bis 1612, war Auftraggeber der »Tabulae Rudolphinae« (Rudolphinischen Tafeln), an denen Kepler 25 Jahre arbeitete.  
Holzschnitt

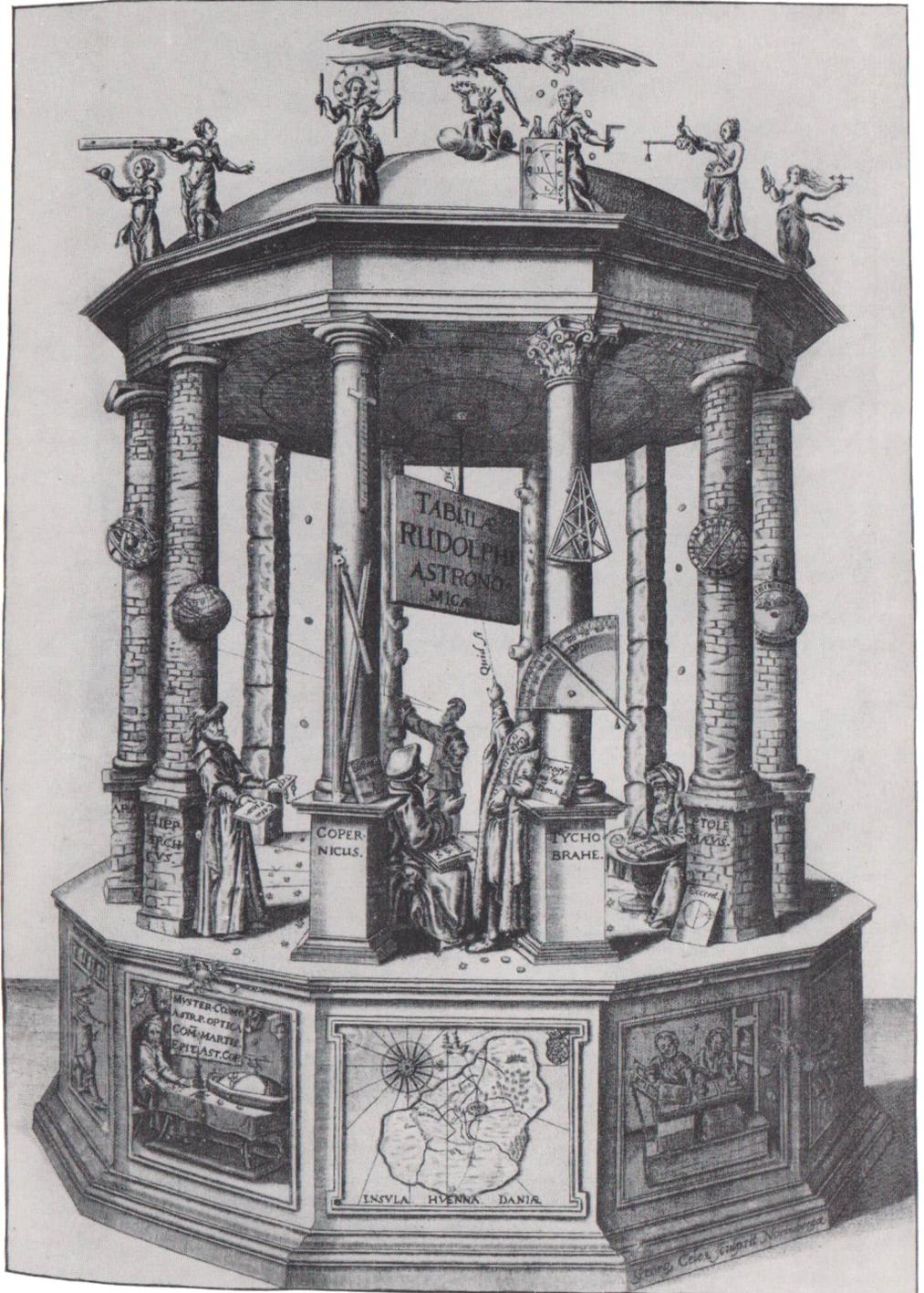


maßlos hohe Summe für Verschonung von durchziehenden kaiserlichen Truppen entrichten müssen. Kepler »hing in der Schwebe«. Schließlich kehrte er über Passau nach Linz zurück. Hier erlebte er die Belagerung der Stadt durch aufständische Bauern.

Der oberösterreichische Bauernaufstand von 1626 war die größte Aktion der Volksmassen während des Dreißigjährigen Krieges. Er richtete sich, wie es in einem zeitgenössischen Gedicht heißt, u. a. gegen »die Gleißnerei der Jesuiten«, die allgemein verhaßten Repräsentanten der mit allen Mitteln im Lande ob der Enns betriebenen Rekatholisierung. Dabei ist aber gleichzeitig zu beachten, daß die Forderungen nach Religionsfreiheit nur eine – letztlich äußere – Ursache waren, die zu diesem Bauernaufstand führten. Die Bauern verlangten u. a. den Wegfall oder die Milderung vieler Abgaben, Schutz vor Wildschaden, der immer größere Ausmaße angenommen hatte. Es war gleichzeitig ein Aufstand gegen den bei allen Bevölkerungsschichten verhaßten bayerischen Stadthalter. Ebenso richtete sich der Zorn der Aufständischen gegen die das Land ausplündernden bayerischen Beamten. Oberösterreich war 1619 zur Deckung der Kriegslasten an Bayern verpfändet worden.

In mehreren größeren Treffen besiegten gut organisierte

Rechte Seite:  
Frontispiz der »Rudolphinischen Tafeln«, Ulm 1627.  
Stich von G. Celes



# Newe Bauren-Klag!

## Über die Unbarmherzige Bauren Reutter dieser zeit

Lieber Leser tritt herben  
Beschaw die seltsam Reutterey

Die dieser zeit in der Welt  
Von den Soldaten angefielt.



P. Aubry Es del.

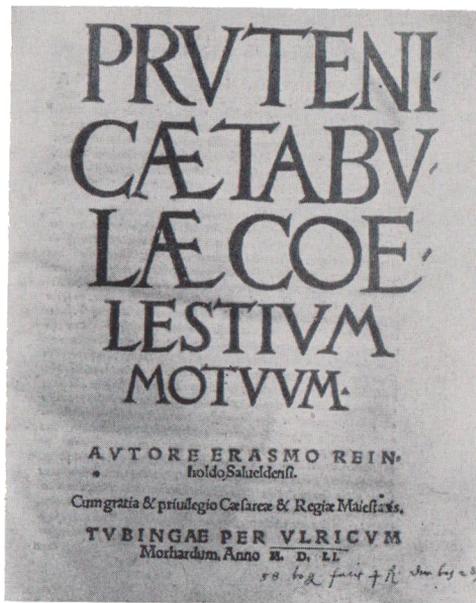
Et auch jetzt wol ein Mensch in diser welt zu finden/  
Den jederman begehrt an haut vnd haar zu schinden/  
So sendts wir Vdureiten! wir sein die ärmsten Leut/  
Dann vnsrer Vieh vnd Pferde/ seind der Soldaten Deut.  
Was nur der Bauer hat/ das wird gleich preßig gegeben/  
Der Bruder Weitz ist Hertz gar vber vnser Leben/  
Die Häuser seind verbrant/ die Kirchen seind zerfört/  
Die Dörffer seind verkehrt/ der Dorff hat ist verzehrt/  
Mann siht der Länder trost die grossen Städte verbrannt/  
Die Herzligkeit des Lands mag keiner mehr erkennen/  
Durch Krieg/raub/mord vnd brand wird es zur wüsteney/  
Das freye Römisch Reich wird jetzt zur Barbaren/  
Trägt schon der acker frucht/ vnd meinen wir zu schneiden/  
Es dörfen wir nicht hin/ vnd müssen solches ledten/  
Das sie der Reuter nimt/ vnd vns noch drüber schmirt/  
Das wir nit mehr gesät/ weil ihm noch mehr gebürt/  
Wir werden auff das blut vnd marck gang aufgesogen/  
Ja gar biß auff die Haut/ gang nahtend außsorgen/  
Es geht Gut/ Blut vnd Wurz/ mit samdt dem Leben auff/  
Es herrschet vber vns der mehr als Hellen hauff/  
Das schwerd frist weib vnd kind/ nach dem die pferd gestolt/  
Vnd nichts mehr übrig ist/ das die Soldaten holen/  
So muß der arme Baur ö übergrosse pein!  
Wie einem Maul/ Gebiß das Noß vnd Esel sein/  
Der Reuter dummelt ihn/ gibt ihm die scharpffe sporen/  
Womit wann er nicht so renn/ er hät die sach verlohren/  
Er treibt ihn hin vnd her/ wohn er nur begehrt/  
Hält ihn viel härter als ein vnversändig pferd/

Dann wann die Pferde müd/ so laßet mann sie rasten/  
Sie haben Habern genug/ wir aber müssen fasten/  
Vñ vns die Seel aufgicht/ wir haben keine ruh/  
Vnd können wir nit fort/ so gehn die stöß darzu.  
Wir sagen aber daß/ vnd wollen es bekennen/  
Dir Mars vnd deiner Wack/ daß die so seund rennen/  
Dazu gang grausamlich/ mehr als ein ägel thut/  
Aufsangen vnser blut/ vnd rauben vnser Gut/  
Daß wann die lanze kling/ muß einen Dratspieß geben/  
Vnd in dem finstern Helm/ die spinnen künstlich weben/  
Wann auch der Säbel selbst/ zur Sensen wird verwend/  
Vnd wann die Dächenschäff/ zum fochen all verbrent/  
So wird ja mancher Knecht/ bevorab solch g'fellen/  
Die kein Handwerc gelernt/ auch nit nichts lernen wöllten/  
Sich zu vns müssen thun/ vnd vmb ein stücklein brod/  
Sehr grosse arbeit thun/ vnd wann sie dann in noth/  
So werden wir auch gewiß der schmach vnd schlag gedens/  
Vnd keiner vnser vns/ das lang geborgte schencken/ (den/  
Die Instrument seindt vns all in wosht betandt/  
Dñ was der jähr zorn gibt selber an die hand/  
Wir haben Dreuel genug/ auch solben/ haften/ schlägel/  
Die gabeln seind gar gut/ die harte Tröschker vstigel/  
Dadurch wird manche haut/ gar mürb vnd fein geschlacht/  
Vnd thut viel besser gut/ als einer hāt gedacht/  
Ihr Reutter dencket daran/ vnd laßet ewer schinden!  
So lassen wir den zorn auch deso cher schwinden/  
Wer sich nicht warnen läßt/ vnd kriegt darüber stöß/  
Dir sey vber sich/ vnd keinen andern böß.

Bauernhaufen unter Führung des Bauernhauptmanns Stefan Fadinger das reguläre Kriegsvolk. Die Bauern besetzten auch mehrere Städte, so Wels, Steyr und Freistadt. Linz wurde von ihnen zwar vom 24. Juni bis 28. September 1626 belagert, konnte aber nicht eingenommen werden. Die feudalreaktionären Kräfte warfen im September und Oktober 1626 die Erhebung nieder.

Kepler weilte zu dieser Zeit in Linz. Während die Soldaten in dem Ständehaus an der Stadtmauer, in dem er wohnte, faktisch neben ihm ihre Geschütze abfeuerten, beschäftigte er sich so angestrengt mit chronologischen Untersuchungen, daß er gar nicht merkte, wie schnell die Wochen der Belagerung vorübergingen. Bei einem der während der Belagerung entstandenen Brände wurde auch die von Kepler bis dahin benutzte Druckerei in Mitleidenschaft gezogen. Der im Satz vorbereitete Druck der Tabellen zu den »Rudolphinischen Tafeln« wurde zerstört. Nun hielt Kepler nichts mehr in Linz. Obwohl er erst offiziell im Juli 1628 aus dem Dienst der oberösterreichischen Stände entlassen wurde, beschloß er, zunächst den Druck der Tafeln zu besorgen. Am 8. Oktober verließ er Linz. Seine Familie brachte er in Regensburg unter. Er selbst traf am 9. Dezember 1626 in Ulm ein und überwachte Tag für Tag das Voranschreiten des schwierigen Satzes der Tafeln. Parallel mit dem Satz verliefen Auseinandersetzungen mit den Erben Brahes, die Rechte zu haben vermeinten. Mit seinem Drucker, Jonas Saur, geriet Kepler in mancherlei Konflikte. Immerhin, Ende September 1627 war er am Ziel. Tausend Exemplare der »Rudolphinischen Tafeln« lagen gedruckt vor – das Ergebnis eines Vierteljahrhunderts harter Arbeit. Hatte Kepler diese Aufgabe zu ernst genommen? Rechtfertigte das Ergebnis den Aufwand?

Seit die Menschen erkannt hatten, daß es am Himmel zahlreiche periodische Vorgänge gibt, waren sie aus verschiedenen Gründen daran interessiert, bestimmte Ereignisse und Planetenstellungen vorauszusagen. So benötigten sie solche Vorhersagen aus ökonomischen Gründen, denn die Bewegung und Stellung der Gestirne waren Grundlage der Zeitrechnung und der Ortsbestimmung. Beides war für Landwirtschaft, Handel und Gewerbe von großer Bedeutung. Die Vorausberechnung von bestimmten Himmelskörperkonstellationen war aber auch für kultisch-religiöse Handlungen von



Titelblatt der Erstausgabe der »Prutenischen Tafeln« von E. Reinhold (1511–1553)

großer Wichtigkeit. Die Menschen befürchteten z. B. Unheil durch Verfinsterung der Sonne und wollten dies rechtzeitig durch Opfer abwenden. Dazu waren Voraussagen erforderlich. An der Vorausberechnung der Stellung der Planeten waren schließlich auch die Astrologen stark interessiert.

Für Vorhersagezwecke waren umfangreiche Daten notwendig. Diese waren vielfach in Tafelwerken zusammengefaßt, aus denen man direkt die vorausberechneten Örter, die Ephemeriden der Planeten, des Mondes und der Sonne entnehmen konnte oder in denen man zumindest die Formeln und das Zahlenmaterial zur Vorausberechnung von Planeten-, Mond- und Sonnenstellung fand. Derartige Tafeln waren bereits bei den alten Chinesen, den alten Indern, den Mayas und Arabern bekannt. Die historisch bedeutungsvollsten Tafeln des Mittelalters sind die »Alfonsinischen Tafeln«. Sie wurden 1260–1266 im Auftrag Alfons X. von Kastilien (1221–1284) hergestellt. Etwa 50 Astronomen hatten daran gearbeitet. Die Grundlage dieser Planetentafeln war das geozentrische Modell des Planetensystems von Ptolemaios mit seinen komplizierten Epizykelbewegungen. Die »Alfonsinischen Tafeln« waren jahrhundertlang eine wichtige Grundlage für die Vorausberechnungen von Pla-

netenkonstellationen. In Wittenberg entwickelte E. Reinhold (1511–1553) auf heliozentrischer Grundlage neue Planetentafeln. Sie erschienen 1551 als »Prutenicae Tabulae coelestium motuum« (Preußische Tafeln der Himmelbewegung), stellten eine gewisse Verbesserung der »Alfonsinischen Tafeln« dar und wurden der Kalenderreform von 1582 zugrunde gelegt. Durch Brahe war die Beobachtungsgenauigkeit ganz wesentlich verbessert worden. Dadurch kamen Ungenauigkeiten in den »Alfonsinischen Tafeln«, die weiter in Gebrauch geblieben waren, zum Ausdruck. Die Ungenauigkeiten machten sich in Differenzen zwischen Voraussage und Beobachtung bemerkbar. Der Ruf nach neuen Planetentafeln war demzufolge ganz natürlich und aus ökonomischen Gründen auch notwendig.

Die Einstellung Keplers als Assistent Brahens war mit der Zielstellung erfolgt, an der Erarbeitung neuer Planetentafeln teilzunehmen. Auftraggeber des neuen Tafelwerkes war Kaiser Rudolf II. Ihm zu Ehren sollten die neuen Planetentafeln »Rudolphinische Tafeln« heißen. Unmittelbar nach Brahens Tod war Kepler (1601) dessen Nachfolger mit der ausdrücklichen Maßgabe geworden, die Ausarbeitung der »Rudolphinischen Tafeln« zu vollenden. Diese Aufgabenstellung veranlaßte ihn, nach den besten Darstellungen

¶ Tabulę astronomięc illustratiōni Alfonsij regio castelle, incipiūt fidere foelic.

**A**bulā differentię q̄ vni<sup>9</sup> regni ad aliud & nomina regum atq; ciuitatib; eę cogniti: que quidē diuersitas graꝝ erat necessaria: ut diuersis gentibus possent huiusmodi tabulę delectare: tam romanis q̄ grecis: tam arabibus q̄ latinis: & cęteris alioquin.

Differentię omnium erant hic posita: ad muticā in 4<sup>to</sup> 3<sup>to</sup> 2<sup>to</sup> & p<sup>to</sup> eę: pollutib; quib; p̄positis annis: quatuor prior & maior in tempore senq; p̄ interueniunt: & minor: & posterior: secundario habet scribiti.

	4	3	2	1	n <sup>o</sup>
Dfa	Hispanij & regio alfonsij	2 11	40	15	
Dfa	Tabuchodonosor & regio alfonsij	3 12	44	15	
Dfa	Pbilippi & alfonsij	2 19	45	5	
Dfa	Alexandri magni & alfonsij	2 15	33	44	
Dfa	Cęsaris & alfonsij	2 10	49	19	
Dfa	Incarnatiōnis & alfonsij	2	6	67	59
Dfa	Diocletiani & alfonsij	1 15	11	13	
Dfa	Arabum & alfonsij	1	3	54	24
Dfa	Secydager. i. perfarum & alfonsij	1	2	54	0
Dfa	Babij & nabuchodonosor	3 15	56	13	
Dfa	Babij & pbilippi	4 41	55	37	
Dfa	Babij & alexandri magni	4 47	7	54	
Dfa	Babij et cęsaris	5	10	11	19
Dfa	Babij et incarnatiōis	5	14	42	39
Dfa	Babij et diocletiani	5 43	29	25	
Dfa	Babij et arabum	6	17	46	14
Dfa	Babij et perfarum	6	18	46	15
Dfa	Tabuchodonosor et pbilippi	6 42	59	30	
Dfa	Tabuchodonosor et alexandri	6 44	11	41	
Dfa	Tabuchodonosor et cęsaris	1 11	53	5	
Dfa	Tabuchodonosor et incarnatiōis	1 15	46	36	
Dfa	Tabuchodonosor et diocletiani	1 44	33	12	
Dfa	Tabuchodonosor et arabum	2 18	50	1	
Dfa	Tabuchodonosor et perfarum	2 19	50	25	
Dfa	Pbilippi et alexandri magni	0	1	12	21

c

Blatt aus den »Alfonsinischen Tafeln«, die König Alfons von Kastilien in der Zeit von 1260 bis 1266 von etwa 50 Astronomen anfertigen ließ.

der Planetenbewegungen als Grundlage für die Ausarbeitung der neuen Tafeln zu suchen. Wenn man bedenkt, daß an der Ausarbeitung der »Alfonsinischen Tafeln« 50 Astronomen mehr als 5 Jahre tätig waren, so erscheint es nicht verwunderlich, daß Kepler, der sich allein der Aufgabe der Berechnung der neuen Tafeln unterzog, diese erst nach 25 Jahren vorlegen und zur Veröffentlichung geben konnte. Es war nahezu eine Einmannarbeit, denn Kepler schuf zur Berechnung der Tafeln nicht nur neue theoretische Grundlagen und führte die praktischen Rechnungen aus, sondern er war z. T. auch an der tatsächlichen drucktechnischen Herstellung beteiligt. Dieses Werk blieb für mehr als 100 Jahre einzige Grundlage jedes praktischen Studiums des Himmels.

Keplers neues Tafelwerk enthält, neben den Regeln zur Vorhersage der Planetenstellungen, 1005 Sternörter, Refraktionstabellen, ein Verzeichnis von Städten, deren Längengrade auf den Meridian von Uranienburg auf der Insel Hven, dem Beobachtungsort Brahes vor seiner Übersiedlung nach Prag, bezogen sind, und erstmals Logarithmen zur Anwendung für astronomische Zwecke.

Eine wichtige Vorbereitungsarbeit Keplers zur Berechnung der »Rudolphinischen Tafeln« war die Bestimmung der Bahnparameter der bekannten Planeten. Wir sprechen heute in diesem Zusammenhang von den Bahnelementen: Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik, Länge des aufsteigenden Knotens, Abstand des Planeten vom aufsteigenden Knoten, große Halbachse, numerische Exzentrizität und Periheldurchgangszeit. Die Genauigkeit, mit der es Kepler vor 350 Jahren gelang, die Bahnelemente zu bestimmen, ist ganz wesentlich für die Abweichungen, die sich zwischen den berechneten Positionen nach den »Rudolphinischen Tafeln« und den tatsächlichen beobachteten Planetenörtern ergaben.

Vergleicht man die modernen Zahlenwerte mit den von Kepler errechneten, so zeigt sich in den meisten Fällen eine gute Übereinstimmung. Man muß dabei immer bedenken, daß Kepler noch keine teleskopischen Beobachtungen zur Verfügung standen, d. h., daß die Genauigkeit der Einzelmessung geringer als die heutige war. Außerdem mußte er seine umfangreichen Rechnungen in langwieriger »Handarbeit« durchführen, was von vornherein im Vergleich zu »Computerrechnungen« mehr Fehlerquellen in sich birgt.

Anfang 1628 überreichte Kepler in Prag Kaiser Ferdi-

Ferdinand II., deutscher Kaiser von 1619 bis 1637. Kepler stand bis 1628 als kaiserlicher Hofmathematiker im Dienste Ferdinands. Stich von E. Sadeler



mand II. die unter unsäglichen Mühen fertiggestellten Tafeln. Der Herrscher zeigte sich »von seiner besten Seite«, bewilligte Kepler 2000 Gulden Gnadengeld und Erstattung der Druckkosten. Auch diese kaiserliche Versprechung blieb unerfüllt. Weder Kepler noch seine Erben haben das Geld je erhalten.

1627 waren verschärfte Bestimmungen erlassen worden, die die Entlassung aller Nichtkatholiken aus dem Dienst der kaiserlichen Stände forderten. Es war der Wunsch des Kaisers, den berühmten Hofmathematiker weiterhin in seinen Diensten zu halten. Kepler sollte jedoch zum Katholizismus übertreten. Ein glänzendes Angebot soll ihm unterbreitet worden sein, auch die Jesuiten sparten nicht mit Versprechungen. Aber der von seiner eigenen Kirche verstoßene Kepler ging darauf nicht ein. Er wollte in Glaubensdingen frei und unabhängig sein, keinen Zeremonien unterliegen. Der Entschluß fiel ihm schwer, er erklärte sich sogar zu bestimmten Zugeständnissen bereit. Aber das reichte dem Kaiser und den Jesuiten nicht aus. Sie wollten den ganzen Kepler. Und dieser zog die Konsequenzen. Er löste seine fast drei Jahrzehnte währende Bindung an das österreichische Kaiserhaus und bat am 3. Juli 1628 um die Entlassung aus

den Diensten der Landschaft ob der Enns. Seinem Gesuch wurde entsprochen.

Erneut war Kepler heimatlos. Er plante Vorträge über den Gebrauch der »Rudolphinischen Tafeln« in Deutschland, Italien, Frankreich, Belgien und England, nur um den Lebensunterhalt für sich und seine Familie zu sichern. Aber diese und andere Pläne ließen sich nicht realisieren. Als Retter bot sich ihm Wallenstein an.

## Im Dienste Wallensteins

**K**

EPLER hatte Wallenstein bereits 1608 das Horoskop gestellt, das zu dessen vollster Zufriedenheit ausgefallen war. Er schilderte seinen Kunden wie folgt: Das »wachsende, aufgemunterte, emsige, unruhige« Gemüt Wallensteins sei nach Änderungen begierig, das gemeine menschliche Wesen und Handeln gefalle ihm nicht, er trachte nach neuen, unversuchten, seltsamen Mitteln, habe viel mehr Gedanken, als er äußerlich spüren und sehen lasse. Er neige zur Melancholie, verachte menschliche Gebote und Sitten, auch die Religion. Wie Gott und die Menschen handeln, betrachte er argwöhnisch, als sei alles nur Betrug und etwas ganz anderes dahinter. Er sei einsam, unbarmherzig, ohne brüderliche und eheliche Liebe, niemand achtend, nur sich selbst und seinen Lüsten ergeben, geizig, betrügerlich, ungleich im Verkehr, oft ungestüm, meist stillschweigend, streitbar, unverzagt, aber auch furchtsam. (38) Wenngleich diese Charakteristik keinesfalls schmeichelhaft war, hat sie Wallenstein offenbar akzeptiert. Der in Schillers »Wallenstein« auftauchende »Seni« ist übrigens nicht mit Kepler, sondern mit dem Genuesen Zeno identisch. Ihm sollte Kepler, als er später in Sagan lebte, genaue Angaben über Planeten liefern.

In den Jahren 1624/25 hatte Kepler erneut die Aufforderung erhalten, dem inzwischen berühmten Wallenstein das Horoskop zu stellen.

Wallenstein wollte sein neues Besitztum »aufwerten«. Daher lud er Kepler ein, nach Sagan zu übersiedeln und in seine Dienste zu treten. Der Gelehrte zögerte zunächst, aber Wallenstein ging auf alle seine Forderungen ein und ver-

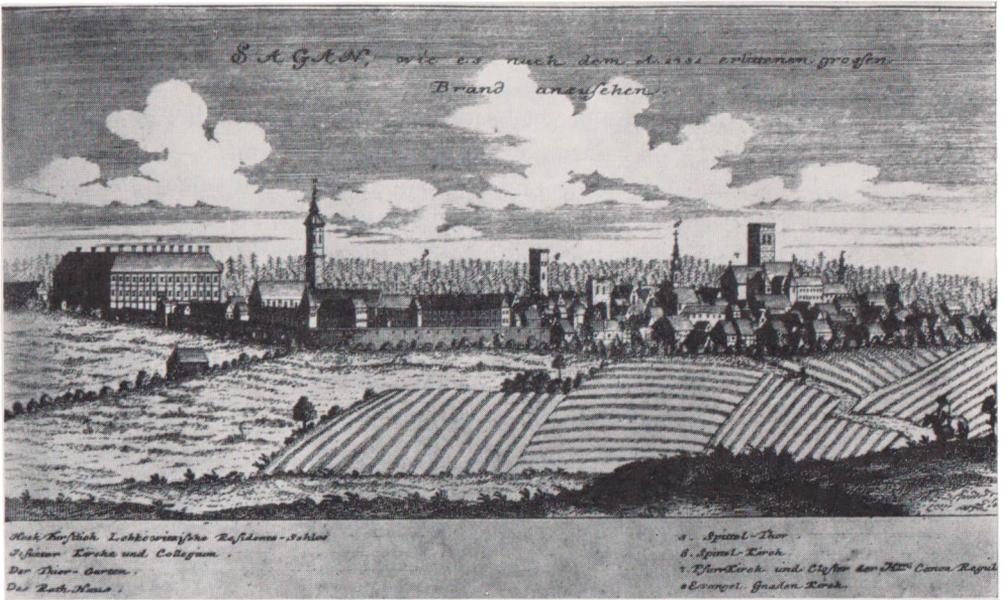
sprach ihm ein Jahresgehalt von 1000 Gulden. Entscheidend war auch der an Wallenstein ergangene Auftrag, Keplers Forderungen an die Hofkasse in Höhe von 12 694 Gulden zu bereinigen. Über Regensburg und Linz begab sich Kepler nach Sagan, wo er im Juli 1628 eintraf.

Das schlesische Herzogtum Sagan mit seiner gleichnamigen »Hauptstadt« war schon von den Schrecken des großen Krieges hart getroffen worden und hatte unter häufigen Einquartierungen von Söldnerhaufen gelitten. Plünderungen, Religionsdruck, übermäßige Steuerforderungen gehörten fast schon zum Alltag. Wallenstein suchte seine neue Residenz zu verschönern, deshalb begann er den Bau eines neuen Schlosses. Auch sollte Sagan nach seinen Plänen wieder Bevölkerungszuwachs erhalten. Die Tuchmacherstadt – 1612 gab es hier über 300 Tuchmacher – wies 1628 150 leerstehende Häuser, 1631 bereits 180 auf. Als Kepler in das kleine Provinzhauptstädtchen einzog, hatte es wohl 4000 Einwohner. Die Mehrzahl der Einwohner der von Mauern umgebenen Stadt war protestantisch.

Das Hauptaugenmerk Keplers richtete sich auf die Einrichtung einer Druckerei. Bis dahin gab es in Sagan keine einzige Druckerei. Und wieder geriet er in den Strudel der

Auf Veranlassung Ferdinands II. wurde Wallenstein wegen angeblichen Verrats im Februar 1634 in Eger (Cheb) von kaisertreuen Offizieren ermordet. Kupferstich von M. Merian d. Ä.





Sagan (Zagán). Stich

Religionsstreitigkeiten. Wallenstein forderte die protestantischen Bewohner des Herzogtums auf, entweder zum Katholizismus überzutreten oder das Land zu verlassen. Diese und weitere Maßnahmen betrafen Kepler zwar nicht, aber es gelang ihm daher zunächst auch nicht, einen evangelischen Drucker nach Sagan zu bekommen. So wurde Kepler auch hier wieder mit dem Kleinkrieg des Alltags beschäftigt, dem er so abhold und dennoch sein Leben lang ausgeliefert war. Erst im Dezember des Jahres 1629 hatte er seine eigene Druckerei.

Wallenstein war weit, und Kepler fühlte sich in Sagan nicht wohl. Sein Gehalt wurde ihm zwar pünktlich gezahlt, jedoch beengte ihn, wie er selbst schrieb, die Einsamkeit, die Entfernung von den großen Städten des Reiches. Briefe aus den Zentren des Landes brauchten lange bis nach Sagan, zumal unter den Bedingungen des großen Krieges. Kepler bekannte: »Ich bin Gast . . . und Fremdling, fast völlig unbekannt und verstehe kaum den Dialekt, wie ich selbst als Barbar angesehen werde.« (39) Aber all diese Umstände hinderten ihn nicht daran, unermüdlich weiterzuarbeiten. Als eine Hauptaufgabe betrachtete er die Herausgabe der Beobachtungen Brahes, obwohl ihm bewußt

war, daß das Wichtigste davon bereits in den «Rudolphinischen Tafeln» seinen Niederschlag gefunden hatte. Auch die Fortsetzung der »Ephemeriden« war in Angriff zu nehmen, und die Arbeit am »Traum vom Mond«, der ihn schon 1609 beschäftigt hatte, galt es fortzusetzen. Dieses Werk, das Kepler in Sagan fertigstellte, wurde nach seinem Tode 1634 von seinem Sohn herausgegeben.

»Gib nur die Schiffe oder richte Segel für die Himmelsluft her, und es werden auch die Menschen da sein, die sich vor der entsetzlichen Weite nicht fürchten.« (40) K. E. Ziolkowski (1857–1935) und seine Nachfolger haben die Schiffe gebaut und die Segel gerichtet, J. A. Gagarin (1934–1968) und seine Nachfolger sich nicht vor dem Weltraum gefürchtet. Ursprünglich wollte Kepler wohl auch auf gesellschaftliche Probleme anhand seines »Somnium« eingehen. Jedenfalls schrieb er am 4. Dezember 1623 an seinen Freund M. Bernegger (1582–1640): »Campanella schrieb einen »Sonnenstaat«. Wie, wenn ich einen »Mondstaat« schriebe? Wäre es nicht ausgezeichnet, die zyklischen Sitten unserer Zeit in lebhaften Farben zu schildern, dabei aber der Vorsicht halber die Erde zu verlassen und auf den Mond zu gehen?« Kepler hat aber diesen Plan schon bei seiner Entstehung verworfen, denn unmittelbar darauf schrieb er: »Doch was wird eine solche Flucht nützen? Waren doch weder Morus in »Utopia« noch Erasmus im »Lob der Narrheit« nicht sicher, so daß sich beide verteidigen mußten.« (41)

Keplers Traum vom Mond war rein naturwissenschaftlicher und weniger utopischer Art. Als »Verkehrsmittel« benutzte er statt der damals nicht bekannten Raketen Dämonen. Diese benötigte er, um die schwere Arbeit gegen die Anziehung der Erde zu leisten. Den Reisenden ließ er bandagieren, damit er die starke Beschleunigung besser vertragen konnte. Auf der Reise zum Mond gab es einen Punkt, in dem »Schwerelosigkeit« herrscht, weil sich die Anziehung der Erde und des Mondes die Waage halten. Dämonen müssen dann wieder den Fall auf den Mond bremsen. Auch für den Mondaufenthalt erteilte Kepler wichtige Ratschläge. Er warnte vor der langen Sonneneinstrahlung während des Mondtages und vor den Gefahren der langen Mondnacht. Schutz gegen die starke Sonneneinstrahlung könnten die Reisenden im Schatten der Bergwälle finden.

Das Beispiel seines »Traumes vom Mond« zeigt, daß Kep-

ler selbst im »Traum«, d. h. in der utopischen Darstellung, physikalische Gesichtspunkte nicht außer acht ließ.

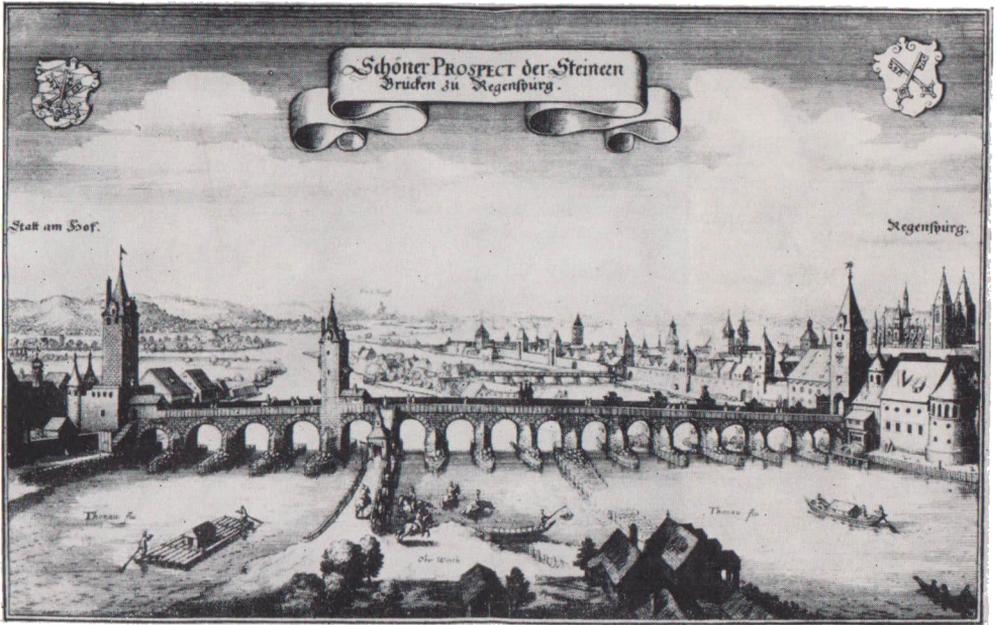
Einen begabten und zuverlässigen Helfer erhielt Kepler in Sagan mit dem astronomisch interessierten Mediziner J. Bartsch (gest. 1633), der 1630 Keplers Tochter Susanne heiratete. Bartsch übernahm für Kepler die Berechnung der Ephemeriden der Jahre 1629 bis 1636.

## Die letzten Monate



Die politische Situation in Deutschland war während Keplers Aufenthalt in Sagan noch komplizierter geworden. Der Druck auf die Protestanten verstärkte sich. Im Mai 1629 wurde ein Restaurationsedikt erlassen, wonach alles seit 1552 säkularisierte Eigentum der katholischen Kirche den Katholiken zurückzugeben sei. Im Sommer 1630 griff der schwedische König Gustav II. Adolf (1594–1632) in den Krieg ein, angeblich um den »evangelischen Glaubensbrüdern« zu Hilfe zu eilen, in Wahrheit, um höchst eigennützige Interessen der schwedischen Krone zu realisieren.

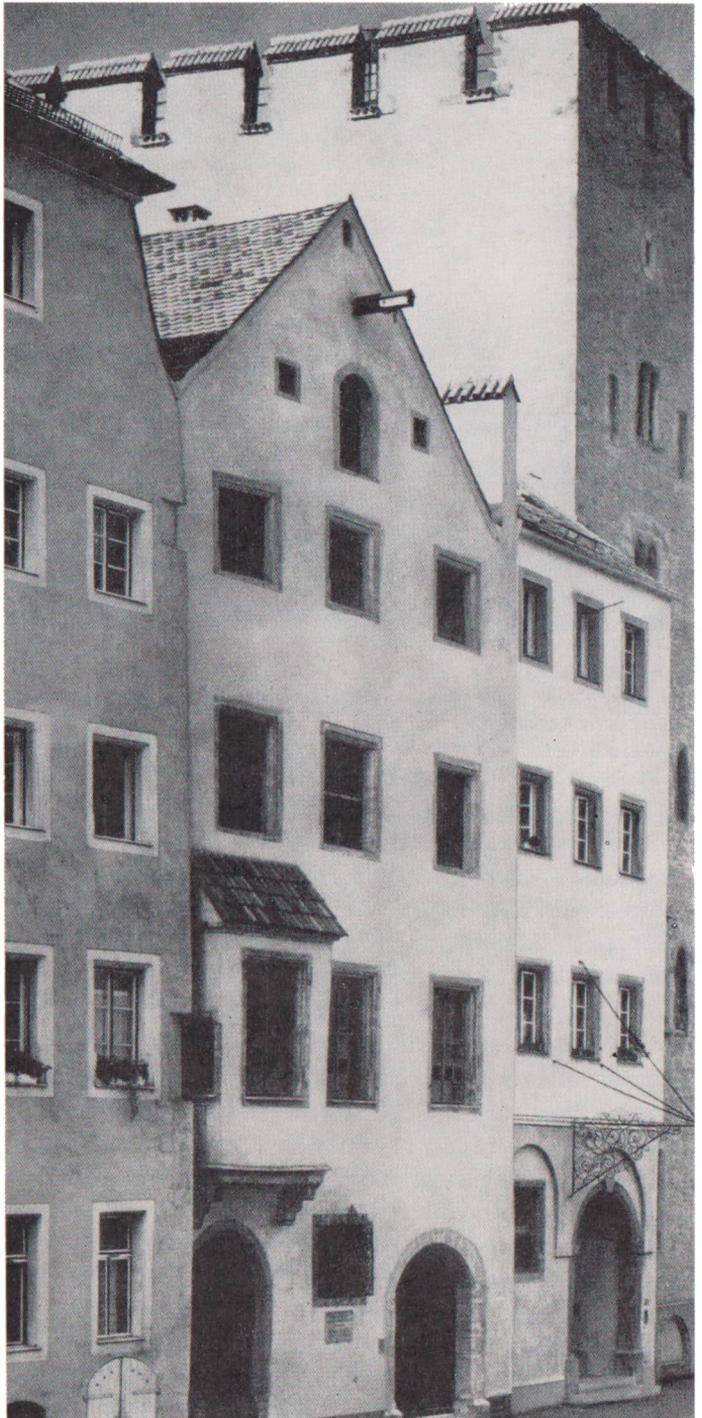
Kaiser Ferdinand II. hatte zu dieser Zeit die deutschen Fürsten in Regensburg versammelt. Die Gegensätze im katholischen Lager führten dazu, daß Ferdinand im August 1630 Wallenstein den Abschied geben mußte. Wallenstein hatte aber die Schulden des Kaisers, Kepler betreffend, übernommen. Sie jetzt, nach Wallensteins Abschied, einzutreiben, war unmöglich geworden, aber Kepler wollte zumindest mit dem Kaiser darüber sprechen. Sein eigentliches Reiseziel war jedoch Linz. Hier wollte er Zinsen eintreiben. Außerdem wollte Kepler Wallenstein ein Exemplar des im September 1630 fertiggestellten Ephemeridenbandes überreichen. Er vermutete Wallenstein in Nürnberg oder Memmingen. Außerdem bedrohten die schwedischen Truppen Schlesien. Der Gelehrte wollte daher für sich und seine Familie einen Zufluchtsort suchen. Viele Möglichkeiten hatte er nicht. Schon früher hatte er geäußert: »In Deutschland besteht nur die Wahl zwischen einer Stadt, die schon zerstört ist und einer, die noch zerstört wird.« (42) Wahrlich, treffender läßt sich die Situation wohl kaum zusammenfassen.



Am 2. November 1630 kam  
Kepler nach Regensburg.  
Kupferstich von  
M. Merian d. Ä.

Am 8. Oktober 1630 brach Kepler, das billigste Reisege-  
fährt – ein Pferd – wählend, auf. Anfang November 1630  
traf er, erkältet und überanstrengt, in Regensburg ein. Kurz  
nach seiner Ankunft verschlechterte sich sein Zustand er-  
heblich. Am 15. November 1630 endete sein arbeitsreiches,  
von Leid und Mühen erfülltes Leben. Zwei Tage später  
wurde er auf dem lutherischen Friedhof beigesetzt. Der Ge-  
denkstein, den ihm seine Freunde setzten, blieb nicht lange  
erhalten. Zwischen 1632 und 1634 waren Regensburg und  
seine Umgebung Schauplatz erbitterter Kämpfe. Auch der  
Friedhof wurde restlos zerstört. Von Keplers Grabmal blieb  
keine Spur. In der Nähe der vermutlichen Ruhestätte des  
großen deutschen Astronomen wurde 1808 ein Denkmal er-  
richtet.

Am 1. Dezember 1630 erreichte die Nachricht vom Tode  
Keplers seine Familie in Sagan. Seine Frau und seine vier  
kleinen Kinder, das jüngste war gerade 7 Monate alt, sahen  
einem ungewissen Schicksal entgegen. Der Druck des »Som-  
nium« und der Ergänzung zu den »Rudolphinischen Tafeln«  
mußte eingestellt werden. Da Gustav II. Adolf Sagan be-  
drohte, wandte sich die Familie Kepler zunächst nach Lau-  
ban (Lubán). Um Mittel zur Edition der unvollendeten



Wenige Tage nach seiner  
Ankunft, am 15. November  
1630, verstarb Kepler in  
Regensburg im zweiten Haus  
von links auf dieser  
Abbildung.

Werke zu erhalten, versuchten Susanne Kepler und ihr Schwiegersohn Jakob Bartsch, die noch ausstehenden Schulden des Kaisers einzutreiben. Im Dezember 1633 wurde Bartsch im heimatlichen Lauban von der Pest dahingerafft. Damit wurde die Edition der Keplerschen Werke auf unbestimmte Zeit verschoben. Susanne Kepler hatte mit der Eintreibung der Schulden keinen Erfolg. Als später Keplers Sohn Ludwig (1607–1663) erneut versuchte, die Schuld beim kaiserlichen Hof in Wien einzutreiben, wurde ihm lediglich die schon genannte Schuldsomme – 12 694 Gulden – bestätigt.

Kepler hatte ein umfangreiches wissenschaftliches Erbe hinterlassen sowie seine eigenen Handschriften und die Sammlung der Beobachtungen Brahes. Sowohl der Kaiser als auch die Jesuiten versuchten, das Material in ihren Besitz zu bringen. Im Jahre 1655 verkaufte Ludwig Kepler die Beobachtungen Brahes an den dänischen König Frederik III. (1648–1670) für das geringe Entgelt von 600 Talern. Die Handschriften seines Vaters behielt er bis zu seinem Tode. Von den Erben Ludwig Keplers erwarb der Danziger Astronom J. Hevel (1611–1687) die Handschriften. Im Jahre 1707 erwarb sie der Leipziger Mathematiker und Theologe M. G. Hansch (1683–1749). Er ordnete die 22 Bände Nachlaß. Einige Arbeiten veröffentlichte er, jedoch hinderten ihn eigene finanzielle Schwierigkeiten an weiteren Editionen. Danach wechselten die Manuskripte häufig ihre Besitzer, die sich alle um die Herausgabe bemühten. Zu ihnen gehörten u. a. der Göttinger Mathematiker, Dichter und Astronom A. G. Kästner (1719–1800), der Direktor der Berliner Sternwarte J. Bernoulli (1667–1748), der Mathematiker J. H. Lambert (1728–1777). Schließlich kaufte, auf Empfehlung L. Eulers (1707–1783), Katharina II. von Rußland im Jahre 1774 den Nachlaß Keplers, nachdem alle Versuche, Keplers Erbe in seinem Heimatland in würdiger Form zu verwalten, ergebnislos geblieben waren. Seit 1937 werden die nachgelassenen Arbeiten Keplers im Archiv der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Leningrad aufbewahrt.

## Mit Kepler beginnt die klassische Naturwissenschaft



RELIGION und Philosophie existierten zur Zeit Keplers noch nicht völlig getrennt voneinander. Diese Trennung erfolgte, wie K. Marx (1818–1883) feststellte, erst mit dem Sieg der englischen bürgerlichen Revolution (1642–1660). Aber natürlich erfährt das Verhältnis von Philosophie und christlicher Religion seit seinem Entstehen bis zu Kepler wesentliche Veränderungen. Keineswegs soll behauptet werden, daß etwa Kepler kein subjektiv gläubiger Mensch gewesen wäre! Das Gegenteil ist der Fall! Aber der Keplersche Gott ist nicht mehr der Gott irgendeiner christlichen Konfession. Copernicus hatte sein Hauptwerk noch dem Papst gewidmet. Für Kepler wäre das undenkbar gewesen. Sein kritischer Geist nahm bereits in seiner Studienzeit an der lutherischen Allgegenwartslehre Anstoß. Nach christlicher Lehre soll Jesus, der Sohn Gottes, eine Doppelnatur besitzen – er ist zugleich Geist und Fleisch. Nach der Allgegenwartslehre ist nun das Fleisch Christi allgegenwärtig. Der Gläubige empfängt beim Abendmahl mit dem ihm dargereichten Brot auch Christi Fleisch (Leib). Diese Verwandlung war dem rational denkenden Kepler zeitlebens ein Mysterium. Die Nachteile ließen nicht auf sich warten. 1612 wurde er in Linz vom Abendmahl der lutherischen Kirche ausgeschlossen, dies kam einer Exkommunikation gleich. Man bedenke, was das für das Leben eines Menschen in einer Zeit bedeutete, in der das gesamte gesellschaftliche Leben religiös überformt war. Keplers einziger Schutz vor Verfolgungen war sein Patent als kaiserlicher Hofmathematiker. Verständlich also, daß er jahrelang darum kämpfte, zum Abendmahl zugelassen zu werden. Kompromisse ging er jedoch nicht ein. »Was aber meine Ausschließung anlangt«, schrieb er 1618 voller Stolz und Trotz in einem Brief, »so denke ich nicht daran, sie durch ein geschminktes Bekenntnis zu beseitigen.« (43)

Gegen die zweite damals herrschende Religionsgemeinschaft, den Calvinismus, hatte Kepler andere, aber nicht weniger gewichtige Einwände. Sie betrafen die vom Calvinismus vertretene absolute Prädestinationslehre. Nach J. Calvin (1509–1564) ist, vereinfachend gesagt, dem Menschen ewige Verdammnis oder ewige Seligkeit vorherbestimmt.

Nach ihm war es Aufgabe der »Auserwählten«, die Majestät Gottes auf Erden immer herrlicher strahlen zu lassen. Die frühe Bourgeoisie wurde durch wirtschaftliche Erfolge im Gefühl des Auserwähltseins bestärkt. Da Gott alles Geschehen bei der Schöpfung der Welt vorbestimmt hätte, galt die Vermehrung von Besitz, Vermögen und Kapital als Gott wohlgefällig. Den Armen erwuchs die religiöse Pflicht, fleißig zu arbeiten. Diese Prädestinationslehre sah Kepler als unmenschlich an. Dennoch ist er als Kryptocalvinist (heimlicher Calvinist) angesehen worden. Natürlich vermochte er nicht zu erkennen, daß das Dogma des Calvinismus »den kühnsten der damaligen Bürger angepaßt« war (F. Engels).

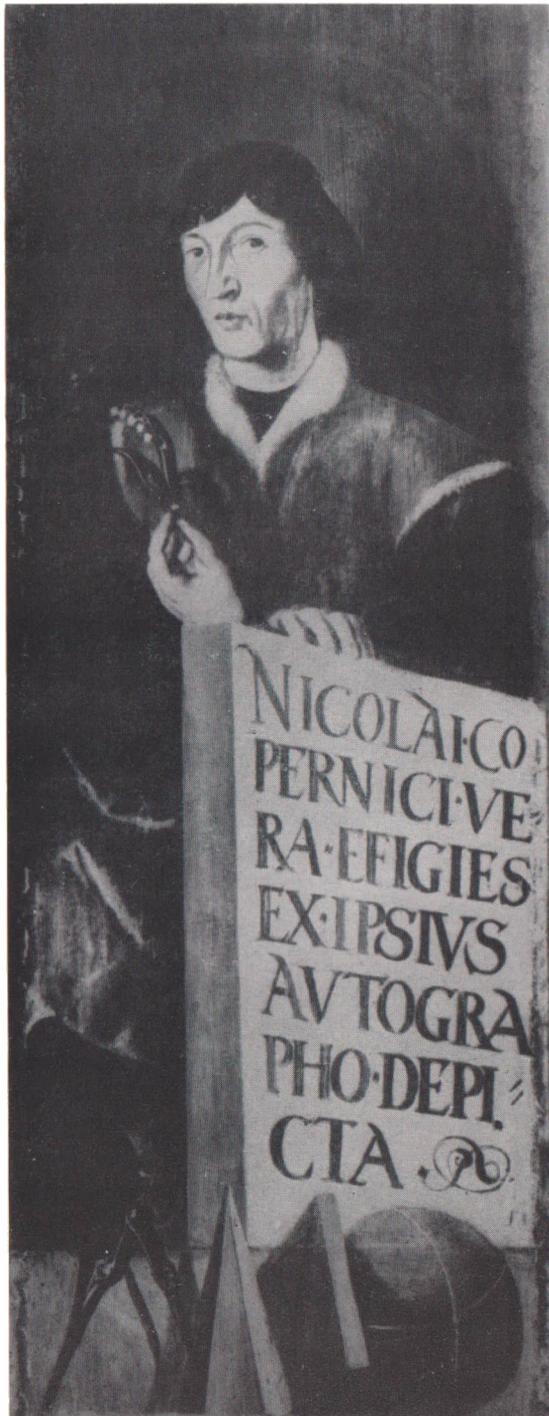
Die katholische Kirche, vornehmlich die Jesuiten, wußten um Keplers Streit mit der evangelischen, seine Ablehnung der calvinistischen Kirche. So war es verständlich, daß sie sich mühten, den international geachteten und geschätzten Wissenschaftler für ihre Kirche zu gewinnen. Kepler wies sie zurück. In Briefen aus dem Jahre 1628 an den Jesuitenpater Paul Guldin faßte er die Hauptpunkte zusammen, in denen er von der katholischen Kirche abwich. Es sind dies: die Bilderverehrung, die Anbetung des eucharistischen Gottes, die Heiligenverehrung, das Meßopfer und die Kommunion unter einer Gestalt. All dies hält er für unstatthafte Neuerungen, die Anliegen und Wesen des Christentums verfälschen.

Kepler stellte sich somit in seinem Denken *außerhalb* der drei zu seiner Zeit bestehenden großen Religionsgemeinschaften. Gleichzeitig war er zu sehr Naturwissenschaftler, um an kleinlichem Theologengezänk Gefallen zu finden. Aber er war auch zu groß und zu weitsichtig, um sich zu beugen. Offen und klar formulierte Kepler in der »Neuen Astronomie« gleichsam als Glaubensbekenntnis: »Auf die Meinungen der Heiligen aber über diese natürlichen Dinge antworte ich mit dem einzigen Wort: In der Theologie gilt das Gewicht der Autoritäten, in der Naturwissenschaft aber das der Vernunftgründe. Heilig ist nun zwar Laktanz, der die Kugelgestalt der Erde leugnete, heilig Augustinus, der die Kugelgestalt zugab, aber Antipoden leugnete, heilig das Offizium unserer Tage, das die Kleinheit der Erde zugibt, aber ihre Bewegung bestreitet. Aber heiliger ist mir die Wahrheit, wenn ich, bei aller Ehrfurcht vor den Kirchenlehrern, aus der Philosophie beweise, daß die Erde

rund, ringsum von Antipoden bewohnt, ganz unbedeutend und klein ist und auch durch die Gestirne hin eilt.« (44)

Kepler war, das sei nochmals betont, subjektiv zutiefst gläubig. Aber welcher Gott schwebte ihm vor? In der »Weltharmonik« stellte er unter Berufung auf Plato und Proklos (410–485) fest: » . . . daß der Christ sehr wohl unter dem Platonischen Geist Gott den Schöpfer und unter der Seele die Natur der Dinge verstehen kann.« (45) Der Zugang zu Keplers Gottesbegriff erschließt sich aus seiner Philosophie, und seine Philosophie wirkt auf die Formung seines Gottesbegriffes ein. Welches aber sind seine philosophischen Auffassungen und deren Quellen?

Besehen wir uns zunächst die philosophischen Gewährsleute des großen Naturwissenschaftlers. Pythagoras ist für ihn der Großvater des von ihm verehrten Copernicus. Zugleich ist Kepler der pythagoreischen Zahlenspieler abhold. Plato, dessen Auffassung er als ihm sinnverwandt bezeichnete, nannte er voller Hochachtung, vor allem den Dialog »Timaios«. Für die »Weltharmonik« sind neben Euklid und Ptolemaios die Auffassungen des Neuplatonikers Proklos von großer Bedeutung. Zustimmung zitiert er Cusanus und bewundert Bruno. In der Tat: Kepler fußte auf einer philosophisch-idealistischen Ahnenreihe! Aber wie nutzte er seine Ahnen? Kepler war Naturwissenschaftler. Sein Ziel war die Erforschung der Natur. Naturforschung bedeutete für ihn, geometrische Beziehungen aufzuspüren. Daher entnahm er den genannten idealistischen Philosophen im wesentlichen deren rationalen Kern. Ein Grundgedanke der pythagoreischen Schule war z. B. die Harmonie des Kosmos, die sie dialektisch, in Gegensatzpaaren, zu erfassen suchte. Für sie war das gesamte Weltall »Harmonie und Zahl«. Ungeachtet ihrer mystisch-reaktionären Ideen finden wir bei den Pythagoreern die Umwandlung der Geometrie und im gewissen Maße auch der Arithmetik in eine theoretische, deduktive Wissenschaft. Der pythagoreische Gedanke der Sphärenharmonie und des Kosmos taucht später bei Plato wieder auf. In seinem Dialog »Philebos« beschäftigte er sich mit der Dialektik von Begrenztem und Unbegrenztem und faßte diese als dialektische Einheit. Im Neuplatonismus, so auch bei Proklos, finden wir den Emanationsgedanken. Es gibt ein »Ur-Eines«, aus dem über verschiedene Stufen die Vielfalt der Erscheinungen entspringt, ohne daß dieses Eine



Nicolaus Copernicus, wahrscheinlich im Alter von 40 Jahren, als Arzt dargestellt. Gemälde von T. Stimmer an der astronomischen Uhr zu Strassbourg

dadurch abnimmt, und alles kehrt in dieses Eine wieder zurück. Diese Ideen wurden in der Philosophie der Renaissance progressiv verarbeitet.

Kepler gehörte in seinem Denken schon weitgehend einer Epoche an, die die exakten Naturwissenschaften begründete. Wie weit er aber noch der Renaissancephilosophie verhaftet und verpflichtet war, mögen einige Beispiele belegen, die gleichzeitig erneut zeigen, wie fern Kepler der kirchlichen Lehrmeinung seiner Zeit stand. So schrieb er 1605 an Fabricius: »Ich stehe der Lehrmeinung nahe . . . das ganze All sei von einem und demselben fortwährend gestaltenden Geist beseelt, der um des Schönen und Besseren willen tätig ist und weiß, was aus jeder überschüssigen Materie am besten zu machen ist. So verwandelt er den Schweiß der Frauen und Hunde in Flöhe und Läuse, den Tau in Heuschrecken und Raupen, . . . die Erde in Pflanzen, das Aas in Würmer, den Kot in Käfer, neben unendlich vielem Neuen und Ungewöhnlichen . . . Überall könnt Ihr irgendetwas Feuchtes beobachten, das Samennatur besitzt und die Mannigfaltigkeit der Arten hervorbringt . . . Jener allgemeine Weltgeist scheint zu leisten, daß alles gegenseitig geordnet ist, daß eine neue Kreatur geeignete Körperorgane erhält . . .« Im gleichen Brief, in dem Kepler auch die Seele von Erde und Mond als ihre Schwere bezeichnete, heißt es: »Da aber fast nichts im ganzen Körper ist, was nicht dereinst gelebt hat, was nicht bis zu einem gewissen Grad schlammig ist, so gibt es nichts, was nicht in ein Lebewesen überginge, teils schneller, teils langsamer, wie bei alten Bäumen, je nachdem die von der Herrschaft der Seele noch übrigbleibende Wärme lang oder kurz in dem betreffenden Stoff herrscht.« (46) Keplers Gedanke der Allbeseeltheit, der hier anklingt, entsprungen seinem Streben nach universeller Weltharmonie, birgt also auch gleichzeitig dialektische Elemente in sich. Der Humanist Kepler nimmt auch eine Erdseele an. Eine ihrer Hauptaufgaben ist es, die Rotation der Erde zu bewerkstelligen. Von der Existenz einer Erdseele zeuge die stetige unterirdische Wärme, die sich im Ätna und in den zahlreichen Thermen äußert, denn die Materie an sich ist kalt, weshalb die Wärme immer eine Seele zur Voraussetzung hat, die von Feuer oder Licht begleitet wird. Auch die Metalle, Mineralien, Versteinerungen usw. sind Schöpfungen einer solchen Seele. Neben anderen Er-

scheinungen ist auch Äußerung dieser Seele die bildende Kraft (*facultas formatrix*), die Kepler in allen Teilen der Welt wahrnimmt. In der Luft bringt sie z. B. Heuschrecken, Fliegen, die sechseckige Gestalt des Schnees hervor. Für die Tätigkeit einer Seele spricht auch die Anwendung der geometrischen Formen. Am meisten aber kommt die Tätigkeit der Erdseele in der Erfassung der himmlischen Geometrie zum Ausdruck. Das Wesen der »Erdseele« versucht er im 7. Kapitel des 4. Buches seiner »Weltharmonik« näher zu kennzeichnen. Wie auf der Oberfläche der Körperhaut sich Haare befinden, so bringt die Erde Bäume und Pflanzen hervor. Den Ausflüssen aus Augen, Nasen und Ohren beim Tier entsprechen Bernstein und Asphalt bei der Erde, an Stelle der übrigen Ausscheidungen der Lebewesen bemerken wir bei der Erde Quellen und Bäche, Schwefel, unterirdische Feuer, Donner, Blitze. Wie in den Adern der Tiere Blut erzeugt wird, so bilden sich in den Gängen der Erde Metalle, Fossilien und Regendämpfe. Wie die übrigen Lebewesen sich durch Speise ernähren, so nimmt der Erdkörper Nahrung in sich auf: das gesalzene Meerwasser. Wir finden mit diesem Beispiel (vgl. dazu besonders Keplers Schrift »De Stella Nova . . . Serpentarii«) eine Anthropomorphisierung der Natur. Das »Lebewesen Erde« kann z. B. in schwere Krankheit verfallen. So geraten bei Sonnenfinsternis nicht nur alle Lebewesen in Aufregung – auch das gewaltige »Erdtier« selbst wird erschreckt. Dieses Erdtier vermag sogar zu empfinden. Kepler bezieht sich auf Berichte, wonach sich gewaltige Stürme erheben, wenn man in tiefe Krater hoher Berge bzw. in tiefe Bergseen Steine wirft.

Insgesamt gilt für Keplers Naturauffassung: Die Natur »bleibt dem Bewußtsein wesentlich Gegenstand des Ergötzens, des intellektuellen Genusses. Die Natur soll als ein geordnetes, geregeltes Bauwerk angeschaut werden; sie als ein Dasein in *exakten Proportionen* zu erweisen, ist das Bedürfnis der theoretischen Naturaneignung. Das Naturbild ist *künstlerisch* wie die Kunst Reproduktion der Natur.« (47) Ebenso trifft für Kepler zu: »Das Zusammenfallen der Gegensätze wird also noch gedacht . . ., aber doch schon unabhängig von der an sich trägen Materie . . . Diese Einschränkung der Dialektik beim Übergang vom Pantheismus zum Materialismus ist charakteristisch für das bürgerliche Denken.« (48)

Kepler deutet das Auf- und Abschwellen der Meere in den Gezeiten auch als Atmung des Erdkörpers. Er vergleicht diese Erscheinung mit der Tätigkeit der Fische, die das Wasser mit dem Maul »einschlürfen und dann wiederum durch die Kiemen herauspressen«. An H. von Hohenburg schrieb er über die Idee des Mikro- und Makrokosmos: »Der Leib ist ein Bild der Welt (daher Mikrokosmos); die Form der Körper, die Mannigfaltigkeit der Seelen, der Schicksale sind Bilder der Mannigfaltigkeit, die unter den Gestirnstellungen im Himmel herrscht . . .« (49) In seiner »Weltharmonik« meint er, daß das Abbild des ganzen sichtbaren Tierkreises in das Innerste der Seele einströmt.

Dennoch ist Kepler nicht völlig den Renaissancephilosophen zuzurechnen. Er will, ausgehend von seiner pantheistischen Weltanschauung, die Weltharmonie exakt naturwissenschaftlich bzw. mathematisch beweisen. Dies gelingt ihm, soweit es zu seiner Zeit und mit seinen Mitteln überhaupt möglich war. Dieses der exakten Wissenschaft Verhaftetsein führt Kepler selbst über seinen Ausgangspunkt und Ursprung hinaus. Er arbeitet die neuplatonische Emanationslehre so weit um, daß Gott als Baumeister des Universums erscheint. Dabei gelangt Kepler zu der Schlußfolgerung: ». . . wir sehen hier, wie Gott gleich einem menschlichen Baumeister, der Ordnung und Regel gemäß, an die Grundlegung der Welt herantreten ist und jegliches so ausgemessen hat, daß man meinen könnte, nicht die Kunst nähme sich die Natur zum Vorbild, sondern Gott selber habe bei der Schöpfung auf die Beweise des kommenden Menschen geschaut.« (50) So ist also Gott ein verschämter Abschreiber menschlicher Baupläne: »Gott ist so der extrapolierete, auf die Bedeutung des Gattungsdaseins gebrachte menschliche Werkmeister. In ihm den Repräsentanten eigentlicher Menschlichkeit zu sehen, ist die Leistung der Philosophie Keplers, die ihren Schöpfer in die Reihe der Ahnherren des sozialistischen Humanismus stellt. Denn dieser ist eben ein Humanismus der Produzenten.« (51) Es wäre falsch, daraus auf einen Materialismus Keplers schließen zu wollen. Daran ändert auch nichts, daß Kepler oft und an entscheidenden Stellen Gott als bloße naturwissenschaftliche Erklärungshypothese benutzte, Kepler ist seiner weltanschaulichen Haltung nach u. E. idealistischer Pan-

theist mit starken materialistischen Zügen. Daß sich über den Pantheismus hinausführende Ansätze in seinem Werk finden, sei hier nur an einem Keplerwort verdeutlicht. Er schrieb: »Mein Ziel . . . ist es zu zeigen, daß die himmlische Maschine nicht eine Art göttlichen Lebewesens ist, sondern gleichsam ein Uhrwerk (wer glaubt, daß die Uhr beseelt ist, der überträgt die Ehre des Meisters auf das Werk), insofern darin nahezu alle die mannigfaltigen Bewegungen von einer einzigen, ganz einfachen magnetischen Kraft besorgt werden, wie bei einem Uhrwerk alle die Bewegungen von dem so einfachen Gewicht. Und zwar zeige ich auch, wie diese physikalische Vorstellung rechnerisch und geometrisch darzustellen ist.« (52)

Wir haben Kepler als idealistischen Pantheisten mit starken materialistischen Zügen bezeichnet. Er gehört dadurch, daß er sich zu keiner Religionsgemeinschaft bekannte, letztlich zu den antikirchlichen Kräften in seiner Zeit. Selbstverständlich dachte Kepler in den Kategorien seiner Zeit, und in ihr war eben alles theologisch überformt. Verständlich wird Keplers Haltung nur im historischen Kontext.

Stets strebte Kepler nach Württemberg zurück. Immer wieder hatte er versucht, in Tübingen eine Professur zu erhalten. Aber immer wieder scheiterte dieser Wunsch – vorwiegend an seiner »unklaren« Haltung gegenüber der lutherischen Kirche seines Heimatlandes. Mit der faktischen Ausschließung aus der Kirche im Jahre 1612 war ihm dieser Rückweg versperrt. So erscheint es nicht verwunderlich, daß er um seine Rehabilitierung kämpfte. Schließlich setzte er einen Schlußstrich: »Nun in Gottes Namen . . .«, schrieb er 1618, »schließt mich aus aus Eurer Gemeinschaft wegen der Aufrichtigkeit, mit der ich bekenne, daß bezüglich dieses einen Artikels von der Allgegenwart des Leibes Christi und der anderen Ansichten, die man mir zuschreibt, die Aussprüche, Beweise und exegetischen Erläuterungen der alten Väter (Patristiker, auf sie berufen sich alle Feinde der neuen Orthodoxie – d. Verf.) mehr Beweiskraft enthalten als die Eurigen in der Konkordienformel.« (53) Dieser Johannes Kepler, dieser unerschrockene Kämpfer gegen jegliche Orthodoxie, den führende Vertreter der lutherischen Kirche 1619 als »Schwindelhirnlein« abtaten (54), wird heute von christlichen Kreisen häufig als Ahnherr des Christentums der Gegenwart gedeutet. Welch Ahistorismus!

Kepler lebte und wirkte in einer Epoche, in der, im Gegensatz zu späterer bürgerlicher Naturbetrachtung, Philosophie und Einzelwissenschaft, Experiment und Spekulation, Naturphilosophie und Naturwissenschaft noch eng verwoben waren. Er bezeichnet den Beginn der klassischen Naturwissenschaft und war gleichzeitig der Naturphilosophie der Renaissance verhaftet. Will man also Keplers Weltanschauung richtig bestimmen, in den fortschreitenden Entwicklungsgang der Wissenschaft richtig einordnen, so muß man diese dialektisch sehen, aus unserer Zeit rückschauend auf die Bedingungen der seinen. Folgt man einer solchen dialektischen Betrachtungsweise nicht, so gelangt man bewußt oder unbewußt zu einem verzerrten Keplerbild.

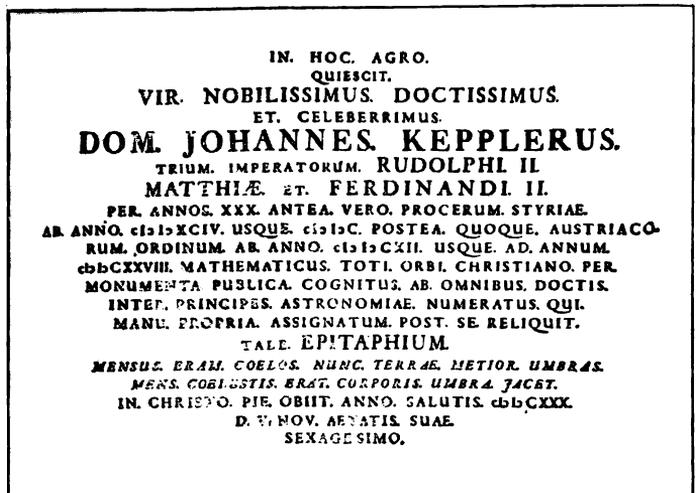
»Kepler verdient als einer der Größten betrachtet zu werden . . . «



N seiner möglicherweise selbst verfaßten Grabinschrift bezeichnet sich der große Astronom als der »Hochangesehene, hochgelehrte und weltberühmte Mann Herr Johannes Kepler . . . der ganzen Christenheit bekannt durch seine Schriften, von allen Gelehrten den Fürsten der Astronomie zugehört . . .« Dies war zwar objektiv wahr, aber zu seinen Leb-

Grabinschrift Johannes Keplers. Das Grab wurde 1632/33 bei einer Belagerung Regensburgs zerstört, die Inschrift, vermutlich von Kepler selbst verfaßt, blieb jedoch erhalten:

»Der ich Himmel durchmaß,  
nun Schatten meß ich der  
Erde. War auch himmlisch  
der Geist, liegt als Schatten  
der Leib.«





René Descartes (1596–1650).  
Gemälde von F. Hals

zeiten wurde der eigentliche Wert seiner Forschungsergebnisse kaum im Ansatz erkannt.

Selbst seine engsten Freunde lehnten sie z. T. ab. Aber schon R. Descartes (1596–1650) bekennt, daß Kepler in der Optik sein erster und zugleich anregendster Lehrer gewesen sei.

G. W. Leibniz (1646–1716) verwies ergänzend darauf, daß die Descartessche Wirbelhypothese von Kepler ange-regt wurde. Newton stieß von den drei Keplerschen Gesetzen zu dem sein Werk krönenden Gravitationsgesetz vor. Kepler hat er dabei mit keinem Wort erwähnt, obwohl er dessen Gesetze, überhaupt die neue Astronomie und Physik, nachweislich durch das Studium der »Epitome Astronomiae Copernicanae« kennenlernte. Schon unmittelbar nach dem Tode Keplers hatte der große Atomist P. Gassendi (1592–1655) an Keplers Freund und Mitarbeiter W. Schickard (1592–1635) geschrieben: »Solche Männer wie Kepler dürften eigentlich gar nicht sterben oder sollten wenigstens gleich Halbgöttern ein jahrhunderte langes Leben haben. Man soll zu ihnen aufschauen wie zu einem hoch in den Wolken in unerreichbarer Höhe dahinschwebenden Adler.« (55) Und J. S. Bailly (1736–1793) sagte: »Kepler ver-

dient als einer der Größten betrachtet zu werden, die auf der Erde erschienen. Er hat das Gebäude der Alten zerstört, um ein neues zu gründen, das stabiler und höher ist. Er ist der wahre Gründer der modernen Astronomie, sie ist ein Geschenk, das Europa erhielt.« (56) Im 18. Jahrhundert wurde Keplers Werk immer bekannter, es fand immer mehr Anerkennung.

Die Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung, die Newtonsche Mechanik und dessen Gravitationsgesetz bilden den Grundstein, auf dem im 18. Jahrhundert das groß-

théorie d'Uranus qui m'a conduit à ce résultat. Il va paraître: c'est extrait de mes recherches dans le Opt. Nachr. J'aurais tout pu, Messieurs, que de proposer de vous en s'occuper, si je n'avais eu à remplir le devoir de vous en remercier pour l'intéressant ouvrage que vous m'avez adressé.

Vous voyez, Messieurs, que j'admets qu'on ne peut satisfaire avec précision d'Uranus qu'en ayant cette dernière l'action d'une nouvelle planète, jusqu'à présent inconnue: c'est ce qui est remarquable, et il y a dans l'élévation qu'une seule planète qui puisse être attribuée à cette planète perturbatrice. Voici les éléments de l'orbite que j'alligne à cet effet:

Semi-grand axe de l'orbite	36,114
Durée de la révolution sidérale	297,387
Excentricité	0,10768
Longitude du périhélie	286° 41'
Longitude moyenne le 1 <sup>er</sup> janvier 1847	318° 27'
<u>Qu'il</u>	<u>9300</u>
Longitude héliocentrique vraie	286° 32'
le 1 <sup>er</sup> janvier 1847	318° 27'
Distance au Soleil	33,06

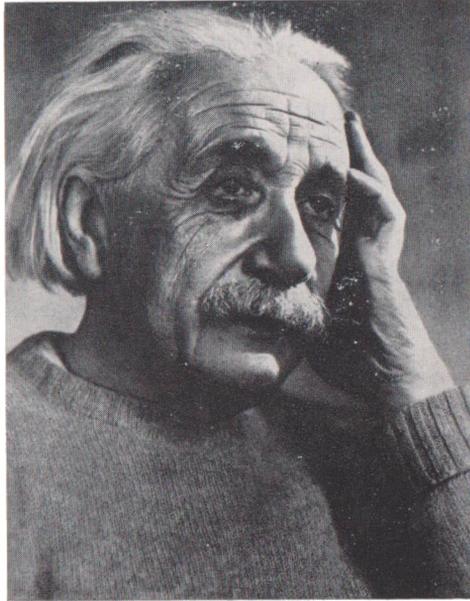
Am 18. September 1846 teilte der französische Astronom Leverrier dem Berliner Astronomen J. G. Galle die Ergebnisse seiner theoretischen Rechnungen über die Existenz eines weiteren Planeten mit. Die Koordinatenangaben im Brief, die zur Auffindung des Neptun durch Galle am 23. September 1846 führten, gelten für den 1. Januar 1847.

artige Gebäude der Himmelsmechanik errichtet wurde. Die Himmelsmechanik ist der Prototyp einer exakten Naturwissenschaft. Sie behandelt die Bewegung der Himmelskörper unter dem Einfluß der Massenanziehung. Typische Problemkreise dieses Gebietes der Astronomie, für das Kepler die entscheidende Basis gelegt hat, sind die Theorie des Zwei-, Drei- und Mehrkörperproblems. Während das Zweikörperproblem noch exakt lösbar ist, lassen sich für das Drei- und Mehrkörperproblem im allgemeinen nur Näherungen als Lösungen angeben. Die Himmelsmechanik behandelt auch Fragen der Ephemeriden- und Störungsrechnung.

Gerade durch die Störungsrechnung errang die Himmelsmechanik, ca. 230 Jahre nach der Entdeckung der Bewegungsgesetze der Planeten, einen ihrer größten Erfolge überhaupt. Zur Zeit Keplers waren sechs Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn) bekannt. 1783 wurde zufällig von F. W. Herschel (1738–1822) ein weiterer Planet beobachtet und auch als solcher erkannt. Er erhielt den Namen Uranus. Die Durchsicht älterer Beobachtungsprotokolle zeigte, daß schon vor Herschel Beobachter diesen Himmelskörper gesehen, aber nicht als Planeten erkannt hatten.

Gegen Mitte des vergangenen Jahrhunderts versuchten U. J.-J. Leverrier (1811–1877) und J. C. Adams (1819–1892) auf der Grundlage der Gesetze der Himmelsmechanik, aus den Störungen in der Bewegung des Uranus die Existenz einer weiteren, die Sonne umlaufenden Masse zu berechnen. Sie hatten Erfolg. Damit war rein theoretisch, aufgrund der Arbeiten Keplers und der darauf aufbauenden Weiterentwicklung, ein neuer Planet entdeckt worden, der den Namen Neptun erhielt. J. G. Galle (1812–1910) fand den Neptun am Himmel, aber nicht zufällig, sondern zielgerichtet nach den theoretischen Positionsangaben von Leverrier. Der direkte Beweis für die Erddrehung wurde erst 1850 mit L. Foucaults (1819–1868) Pendelversuch im Pantheon in Paris gegeben.

Emphatisch schrieb Leibniz: »Unvergleichlicher, dem das Schicksal diente, daß er als erster den Sterblichen künde: die Satzung der Welt, die Gewißheit der Dinge, die Gesetze der Götter.« J. G. Herder (1744–1800) meinte: »Dem Glückessohn Isaac Newton wars aufbehalten, ein Gesetz in seiner Allgemeinheit auszusprechen und anzuwenden, das,



Albert Einstein  
(1879–1955)

wenn man will, aus Keplers Grundsätzen folgte.« (57) J. W. Goethe (1749–1832), F. Hölderlin, A. v. Humboldt (1769 bis 1859) verneigten sich voller Bewunderung vor dem Keplerschen Genius. Die klassische deutsche Philosophie hat in Liebe und Verehrung auf Kepler hingewiesen. I. Kant (1724 bis 1804) wie F. W. J. Schelling und G. W. F. Hegel (1770 bis 1831), W. Heisenberg (1901–1976), W. Pauli (1900 bis 1958) – sie alle haben sich zu Kepler mehr oder weniger ausführlich bewundernd bekannt. Sehr tiefe Gedanken hat A. Einstein (1879–1955) über Johannes Kepler geäußert (58). Der bedeutende Experimentalphysiker und Nobelpreisträger W. Gerlach (geb. 1889) ist zugleich einer der bedeutendsten Keplerforscher des 20. Jahrhunderts.

Schließen wir mit dem Bekenntnis eines Mannes, der mit seiner Lehre die Gesellschaft revolutionierte und der Menschheit den Weg in das Reich wahrer Freiheit und Menschlichkeit wies: Karl Marx. Anfang der 60er Jahre des 19. Jahrhunderts bezeichnete er gegenüber seiner Tochter Jenny als seine Liebingshelden Spartakus und Kepler. (59)

# Quellennachweis

- [1] K. Marx/F. Engels, Die deutsche Ideologie. In: Marx/Engels, Werke, Bd. 3, Berlin 1959, S. 178
- [2] M. Steinmetz, Deutschland von 1476–1648. (Von der frühbürgerlichen Revolution bis zum Westfälischen Frieden), Berlin 1965, S. 253 f.
- [3] F. Engels, Die Mark. In: Marx/Engels, Werke, Bd. 19, Berlin 1969, S. 328
- [4] Joannis Kepleris Astronomi Opera Omnia ed. Chr. Frisch, Vol. VIII/2, Francofurti a. M. MDCCCLXXI, S. 671
- [5] J. Kepler, Das Weltgeheimnis. Übersetzt und eingeleitet von M. Caspar, Augsburg 1923, S. 19
- [6] J. Kepler, Bemerkungen zu einem Brief Matthias Hafenreffers (1625). In: J. Kepler, Selbstzeugnisse. Ausgewählt und eingeleitet von F. Hammer, Stuttgart–Bad Canstatt 1971, S. 62 f.
- [7] Johannes Kepler in seinen Briefen. Herausgegeben v. M. Caspar und W. von Dyck, Bd. I, München–Berlin 1930, S. 83 f.
- [8] J. Kepler, Tertius interveniens. In: Johannes Kepler, Gesammelte Werke, Bd. IV. Herausgegeben v. M. Caspar und F. Hammer, München 1941, S. 161
- [9] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 105
- [10] Ebenda, Bd. I, S. 18–20
- [11] J. Kepler, Das Weltgeheimnis, S. 24
- [12] Ebenda, S. 11
- [13] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 187
- [14] Joannis Kepleris Astronomi Opera Omnia, Vol. VIII/2, S. 718
- [15] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 221
- [16] Zit. nach J. H. Schmidt, Johann Kepler. Sein Leben in Bildern und eigenen Berichten, Linz 1970, S. 193
- [17] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 293
- [18] J. Kepler, Neue Astronomie. Übersetzt und eingeleitet von M. Caspar, München–Berlin 1929, S. 267
- [19] Ebenda, S. 344
- [20] Ebenda, S. 246
- [21] Vgl.: Ebenda, S. 245–252
- [22] J. Kepler, Harmonice mundi. In: Johannes Kepler, Gesammelte Werke, Bd. VI. Herausgegeben v. M. Caspar, München 1940, S. 302
- [23] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 239
- [24] J. Kepler, Neue Astronomie, S. 26
- [25] J. Kepler, Das Weltgeheimnis, S. 129
- [26] J. Kepler, Neue Astronomie, S. 26 f.
- [27] Ebenda, S. 346
- [28] J. Kepler, Neujahrgabe oder vom sechseckigen Schnee. Übertragen von F. Roßmann, Frankfurt a. M. 1943, S. 9
- [29] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 49
- [30] Ebenda, Bd. II, S. 40 f.
- [31] Ebenda, S. 249
- [32] Ebenda, S. 74

- [33] Joh. Kepler, Ausführlicher Bericht/Von dem newlich im Monat Septembri und Octobri diß 1607. Jahrs erschienenen Haarstern/oder Cometen und seinen Bedeutungen . . . In: Johannes Kepler, Gesammelte Werke, Bd. IV, a. a. O., S. 59
- [34] Ebenda, S. 60
- [35] Joannis Kepleris Astronomi Opera Omnia, Vol. VIII/2, S. 935
- [36] Ebenda, Vol. VIII/1, Frankofurti a. M. MDCCCLXX, S. 387 u. 392
- [37] Ebenda, S. 491
- [38] Ebenda, Vol. I, Frankofurti a. M. – Erlangae MDCCCLVIII, S. 388
- [39] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. II, S. 292
- [40] J. Kepler, Unterredung mit dem Sternboten. Übersetzt von F. Hammer, Hamburg 1964, S. 31
- [41] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. II, S. 199
- [42] Zit. nach: J. Hemleben, Johannes Kepler in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten, Reinbek bei Hamburg 1971, S. 124
- [43] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. II, S. 106
- [44] J. Kepler, Neue Astronomie, S. 33
- [45] Joh. Kepler, Weltharmonik. Übersetzt und eingeleitet von M. Caspar, München–Berlin 1939, S. 255
- [46] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 250 f.
- [47] P. Ruben, Geschichtliche Bildung und theoretisches Konzept der klassischen bürgerlichen Naturanschauung. In: Naturphilosophie von der Spekulation zur Wissenschaft. Hrsg. v. H. Hörz/R. Löther/S. Wollgast, Berlin 1969, S. 31
- [48] Ebenda, S. 41
- [49] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 108
- [50] J. Kepler, Widmungsschreiben zum Mysterium Cosmographicum. In: Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 33 f.
- [51] P. Ruben, Von der Wirklichkeit zur Abstraktion: Harmonices Mundi. Zum 400. Geburtstag Keplers. In: Wissenschaft und Fortschritt, 21 (1971), Heft 12, S. 534
- [52] Johannes Kepler in seinen Briefen, Bd. I, S. 219
- [53] Ebenda, Bd. II, S. 105
- [54] Ebenda, S. 133
- [55] Zit. nach W. Gerlach, M. List: Johannes Kepler. 1571 Weil der Stadt – 1630 Regensburg. Dokumente zu Lebenszeit und Lebenswerk, München 1971, S. 7.
- [56] Zit. nach J. H. Schmidt, Johann Kepler, S. 193
- [57] J. G. Herder, Adrastea. In: Herders sämtliche Werke. Herausgegeben von B. Suphan, Bd. 23, Berlin 1885, S. 509
- [58] Vgl. u. a.: A. Einstein, Mein Weltbild, Berlin (West) 1956, S. 147 bis 151; A. Einstein, Aus meinen späten Jahren, 2. Aufl., Stuttgart 1953, S. 227–230
- [59] K. Marx, Bekenntnisse. In: Marx/Engels, Werke, Bd. 31, Berlin 1965, S. 597

# Hauptwerke bzw. erwähnte Arbeiten Keplers

Bis zu seinem Tode veröffentlichte Kepler 84 Werke. Zwei weitere erschienen postum. Seit 1937 werden von der deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayerischen Akademie der Wissenschaften die gesammelten Werke Keplers herausgegeben. Die Ausgabe wird nach Abschluß 22 Bände umfassen. Das gesamte gedruckte Schrifttum Keplers wurde in der »Bibliographia Kepleriana« erfaßt (herausgegeben von Max Caspar unter Mitarbeit von Ludwig Rothenfelder, München 1936. 2. Auflage 1968, besorgt von Marta List). Darin findet sich auch eine Zusammenstellung der Veröffentlichungen über Kepler. Die nachstehend aufgeführten Titel von Arbeiten Keplers sind in Kurzform wiedergegeben. In Klammern ist meistens die gebräuchliche deutsche Kurzform der Arbeit beigelegt.

1. Prodomus Dissertationum Cosmographicarum continens *Mysterium Cosmographicum*, Tübingen 1596  
2. Auflage Frankfurt a. M. 1621 (Weltgeheimnis)
2. Ad Vitellionem Paralipomena, quibus *Astronomiae pars Optica* traditur, Frankfurt a. M. 1604 (Geometrische Optik)
3. Gründtlicher Bericht von einem ungewöhnlichen newen Stern/wellicher im October ditz 1604. Jahrs erstmahlen erschienen, Prag 1604
4. De Stella Nova in pede Serpentarii et de Trigono igneo, Prag 1606
5. Ausführlicher Bericht/von dem newlich im Monat Septembri und Octobri dieß 1607. Jahrs erschienenen Haarstern/oder Kometen und seinen Bedeutungen, Halle 1608
6. *Astronomia nova seu Physica Coelestis tradita commentariis De Motibus Stellae Martis*, Prag 1609 (Neue Astronomie)
7. Antwort auff Rösli Discurs von heutiger zeit beschaffenheit, Prag 1609
8. Tertius interveniens, das ist Warnung an etliche Theologos, Medicos und Philosophos, Frankfurt a. M. 1610
9. *Dissertatio cum Nuncio Sidereo*, Prag 1610 (Unterredung mit dem Sternenboten)
10. *Strena seu de nive Sexangula*, Frankfurt a. M. 1611 (Vom sechseckigen Schnee)
11. *Dioptrice* . . ., Augsburg 1611 (Dioptrik)
12. Bericht vom Geburtsjahr Christi, Straßburg 1613
13. *De Anno natali Christi*, Frankfurt a. M. 1614
14. *Eclogae Chronicae*, Frankfurt a. M. 1615
15. *Nova Stereometria Doliorum Vinariorum*, Linz 1615 (Neue Stereometrie)
16. Außzug auß der Uralten Messe kunst Archimedis, Linz 1616
17. *Ephemerides novae Motuum Coelestium ab anno vulgaris aerae MDCXVII*, Linz 1617
18. *Epitome Astronomiae Copernicanae liber I–III: Doctrina Sphaerica*, Linz 1618
19. *Harmonices Mundi, libri V*, Linz 1619 (Weltharmonik)
20. *De Cometis libelli libri tres*, Augsburg 1619

21. Epitome Astronomiae Copernicanae lib. IV, Linz 1620
22. Kanones puerilles, Ulm 1620
23. Epitome Astronomiae Copernicanae lib. V–VII, Frankfurt a. M. 1621
24. Chilias Logarithmorum, Marburg 1624 (Logarithmentafel)
25. Tychonis Brahei Dani Hyperaspistes, Frankfurt a. M. 1625
26. Tabulae Rudolphinae, Ulm 1627 (Rudolphinische Tafeln)
27. Tomi primi Ephemeridum Pars II . . . Pars III, Sagan 1630
28. Somnium seu opus postumum de Astronomia Lunari, Frankfurt a. M. 1634 (Der Traum vom Mond)

## Bildnachweis

- Deutsche Bücherei Leipzig, S. 20, 21, 24, 31, 36, 98, 102, 112  
 Deutsche Fotothek Dresden, S. 10, 11, 12, 13, 15, 17, 37, 39, 42, 47, 48,  
 52, 55, 65, 78, 84, 85, 88, 89, 92, 93, 95, 97, 107, 113, 116  
 Forschungsbibliothek Gotha, S. 40  
 Rothenberg, Berlin, S. 2, 63  
 Sächsische Landesbibliothek Dresden, S. 22, 27, 43, 59, 74, 83  
 Sternwarte Tautenburg, S. 49, 51, 67, 81  
 Universitätsbibliothek Leipzig, S. 16, 29, 35, 61, 62, 72, 101  
 Urania-Verlag, Leipzig · Jena · Berlin, S. 23, 45, 56  
 VEB Verlag der Kunst, Dresden, S. 90  
 Verlag Nauka, Moskau, S. 34  
 Wattenberg, Berlin, S. 114