

Johannes Kepler.

Vortrag,

gehalten in der Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft am 2. April 1919.

Von J. Sommer.

Unter den großen Gelehrten der Vergangenheit gibt es wenige, deren Leben und Wirken unser Interesse so in Anspruch nehmen können, wie das von Johannes Kepler. In einer aufgeregten unruhigen Zeit durchlebte er ein Leben voller Bewegung und Kämpfe, die ihn nicht abhielten von angestrengtester geistiger Arbeit, gekrönt mit Entdeckungen, welche zu den merkwürdigsten und folgereichsten gehören, die im Gebiet der Naturwissenschaft jemals gemacht worden sind¹). Da es unmöglich wäre, hier eine Lebensbeschreibung zu geben, die Kepler auf allen seinen Leidenswegen und Irrfahrten folgt, so will ich vielmehr nur das hier vorbringen, was zum Verständnis des Keplerschen Lebenswerkes nötig erscheint. Und wirklich muß man einen Blick in seine Zeit werfen, um dem Menschen und dem Gelehrten einigermaßen gerecht werden zu können. Kepler stand auf der Scheide zweier Zeiten. Im Jahre 1571 am Weihnachtstage geboren und in der Zeit von 1594—1630 wissenschaftlich tätig, lebte er noch in den Traditionen des Humanismus der alten Zeit und stand doch in der ersten Reihe im Kampf um die Erfahrungswissenschaften. — Die Reformation war ein Schritt zur Befreiung der Persönlichkeit und hatte das Ansehen der scholastischen Philosophie unterwühlt, aber nicht gebrochen. Das Luthertum wurde bald selbst wieder zur Scholastik und setzte die Bibel überall als höchste Autorität ein. Für Luther und wohl für das ganze 16. Jahrhundert bis Kepler waren die Worte der Bibel Richtschnur und Anlaß des Denkens, es galt ihren Sinn richtig zu deuten, indem man die menschliche Vernunft der göttlichen unterstellte. Auf gelehrtem Gebiet herrschte ein fast ebenso großer Autoritätsglaube gegenüber den griechischen und römischen Philosophen und

¹) Das Studium von Keplers Werken ist erleichtert durch die siebenbändige Gesamtausgabe seiner Werke mit Kommentaren des Herausgebers: *Johannis Kepleri opera omnia* ed. Ch. Frisch. Frankfurt u. Erlangen 1858—1871. Einige der Keplerschen Abhandlungen aus der Mathematik und seine Dioptrik sind übersetzt in Ostwalds Klassikern. Auszüge aus Keplers Werken in deutscher Übersetzung, die ich meist benutzte, findet man in: Johannes Kepler, Die Zusammenklänge der Welten. Herausg. und übers. von O. J. Bryk. Jena 1918.

Mathematikern, ohne daß man die Höhe der griechischen Philosophie oder ihre mathematische Strenge erreicht hätte. Ein wesentlicher Mangel unentwickelter, naiver wissenschaftlicher Methoden besteht darin, daß man die verschiedenartigen Gebiete nicht genügend auseinandehält, daß man aus scheinbaren Analogien Schlüsse zieht und Ideengänge, welche sich auf geisteswissenschaftlichem Gebiet bewährt haben, auf das naturwissenschaftliche Gebiet überträgt. Das muß jeder bedenken, der heutzutage die Werke *Keplers* liest — außer Astronomen, Physikern und Mathematikern wird es wohl kaum jemand wagen — und der ist erstaunt, oder sogar abgeschreckt durch die Vermischung der Stile, die Abschweifungen auf religiöse und okkultistische Fragen, die nach unserem heutigen Gefühl auch gar nichts mit der Astronomie zu tun haben. Aber das war seinerzeit gewiß nicht so auffallend wie heute. Hat doch sogar *Newton* außer seinen naturwissenschaftlichen Werken uns auch noch Schriften über die Apokalypse hinterlassen, und leider war es immer so: während man in Frankreich die naturwissenschaftlichen Werke der großen englischen Forscher las und übersetzte, bearbeitete man bei uns die theologischen Traktate. Es mag zumeist von dem chronischen Mangel an Mitteln bei unseren Altvordern hergerührt haben: jedenfalls war das Interesse an den exakten Wissenschaften bei uns auf auserwählte Kreise beschränkt. *Kepler* beklagt sich verschiedentliche Male, daß Werke rein astronomischen Inhaltes nicht gekauft, also schwer verlegt werden können. So erklären die Zeit und der bittere Kampf ums tägliche Brot vielleicht manche Absonderlichkeit der *Keplerschen* Druckwerke, und sie zwangen ihn zur Ausübung der Astrologie gewiß mehr als ihm lieb war. Während *Kepler* sich entschieden auf den Boden der induktiven Wissenschaften stellte, ist er durch die Umstände zugleich in seinen Neigungen zur Mystik und Idealisierung bestärkt und zu mancher Inkonsequenz des Denkens verleitet worden, welche heute auch viel kleineren Geistern kaum begegnen würde.

Wir vermissen an *Kepler* die strenge, auf ein Ziel gerichtete Begabung, die wir an *Gauß*, *Bessel*, *Helmholtz* etwa bewundern, welche das Leben dieser Männer zu einer Kette fortlaufender, weittragender Erfolge auf der einmal beschrittenen Bahn gemacht hat; er war vielmehr eine komplexe und vielseitige Natur, in welcher gemütliche Affekte und ein starkes Gefühl den reinen Verstandeskraften die Wage hielten und an der äußersten Verfolgung der Abstraktion häufig hinderten. Solche Naturen sind menschlich die interessanteren, und man möchte gerne ihren verschlungenen Wegen folgen, um das Rätsel der Psyche zu entziffern, aber wir müssen uns damit begnügen, aus äußeren Umständen, wie Geburt, Erziehung und Landschaft, die Entwicklung eines geistigen Lebens mehr zu konstatieren als zu erklären. In dieser Absicht lassen Sie mich einige Daten aus *Keplers* Jugendleben vorausschicken.

Kepler ist in Weilderstadt in Württemberg, dem damals zweitkleinsten Freistädtchen Deutschlands, geboren und in Leonberg aufgewachsen. Der Urgroßvater, aus adligem Geschlecht stammend, war von Nürnberg in Weilder-

stadt eingewandert, und der Großvater hatte es zum Bürgermeister der Freistadt gebracht. Der Vater *Keplers* selbst war offenbar ein unruhiger Geist gewesen, den es immer wieder hinauszog in Kampf und Streit der Welt. Er war zuerst in Belgien unter den Fahnen Albas gegen Holland im Felde, führte nach seiner Rückkehr zeitweilig eine Gastwirtschaft, ging dann wieder nach Spanien, wo er als Hauptmann gegen Portugal kämpfte und starb noch jung in Augsburg auf der Rückreise von Spanien. Aber nicht nur der Vater, auch die Mutter scheint die bürgerliche Existenz nicht als die Höhe des Lebens angesehen zu haben. „Ich kenne eine Frau“ — sagt *Kepler* einmal in seinem Werk *Harmonices mundi* — „die fast unter der gleichen Gestirnung (wie ich) geboren ist. Sie ist von äußerst unruhigem Geiste, hat in den Wissenschaften nichts geleistet (was übrigens bei einer Frau nicht merkwürdig ist), bringt jedoch die ganze Stadtverwaltung in Verwirrung und verursacht sich selbst das kläglichste Elend . . .“ Den zweijährigen Knaben überließ die Mutter der Obhut der Großeltern und zog zu ihrem Manne nach Belgien, einem wüsten Lagerleben nach. Da das väterliche Vermögen gering war, war der Knabe bei seinen wissenschaftlichen Bemühungen auf die Freigebigkeit der Obrigkeit angewiesen, und hier kamen ihm die Einrichtungen der Klosterschulen und Seminare zustatten, welche in Württemberg längst, seit der Reformationszeit bis auf die heutigen Tage, unendlichen Nutzen gestiftet und manchem Talent den heute vielbeschrienen Aufstieg ermöglicht haben. Er kam von der Klosterschule zunächst auf das niedere theologische Seminar in Maulbronn und danach als Student in das theologische Stift nach Tübingen. Der Studentenwitz erzählt, daß Chidher, der ewig Junge, alle 500 Jahre nach Tübingen kommt und im Stift, wenn er wieder alles beim alten findet, den Ausruf tut: „Hier sind tausend Jahre wie ein Tag. Woher das nur auch kommen mag?“ Also wer das Stift vor 30 Jahren gesehen hat, der kann sich gut vorstellen, wie es vor 300 Jahren da zugegangen sein mag. Das Stift ist eine konservative Einrichtung, aber es hat doch jederzeit dem Fortschritt gedient und eine große Reihe führender Männer, und zwar nicht allein Theologen, herangebildet.

Hier empfing *Kepler* alle Segnungen einer sorgfältigen, wenn auch engherzigen, theologischen Ausbildung, und man schaudert fast bei dem Gedanken, daß es ihm hätte beschieden sein können, sein Leben auf einer bescheidenen Dorfpfarre zu beschließen, wie das so mancher hervorragend begabte Stiftler aus einfachen Kreisen es mußte. Mir drängt sich hier vor allem die Parallele auf mit dem tief sinnigen *M. Hahn*, dem Gründer einer dauernden pietistischen Sekte, welcher durch seine Rechenmaschine, seine künstlichen Uhren, Wasserkünste und andere Triebwerke den Nachweis einer ganz genialen, exakten Begabung geführt hat. Diese Gefahr war um so mehr vorhanden, als *Kepler* erst spät seinen inneren Beruf zur Astronomie entdeckte. Aber man kann wirklich sagen, sein freier Geist sprengte selbst die Fesseln, die ihm gelegt waren. Die Tübinger Hochschule war eine Hochburg der Lutherischen Orthodoxie geworden, und im Bereich der Professoren erstreckte sich der Glaubenszwang

sogar bis auf den Mathematiker, da kurz vor Keplers Aufzug zur Universität der freier gerichtete Vertreter durch den strenggläubigen Mästlin ersetzt worden war. Dieser hat dann aber trotz allem einen ausgezeichneten Einfluß auf Kepler ausgeübt. Selbst Astronom und Kopernikaner, bestimmte er seinen Schüler zu einer wissenschaftlichen Laufbahn. In dem unduldsamen Machtbereich des orthodoxen Tübingen gab es nämlich für Kepler kein Fortkommen, da er zwar stets ausgesprochen evangelisch gesinnt, jedoch tolerant gegen Andersdenkende war, wie er später ja auch ohne Bedenken unter katholischen Kaisern gedient und seine Dioptrik dem Fürsten Ernst, Erzbischof von Köln, gewidmet hat. Die Tübinger Lehrer, die ihn hochschätzten und wohl erkannten, daß er im Lande nie eine Stellung als Pfarrer finden würde, empfahlen darum den 23 jährigen Magister als Landschaftsmathematikus des Kronlandes Steiermark und Professor der Mathematik und Moral an das ständisch protestantische Gymnasium in Graz. Ein späterer Versuch, in Württemberg eine Stelle zu bekommen, war ohne Erfolg. Kepler verließ daher 1594 die Heimat dauernd. Mit dem Wanderblut seiner Abstammung und erfüllt von den unverlöschlichen Eindrücken jugendlicher Entwicklung in einem von Natur gesegneten heiteren Lande, war er ausgestattet und begabt mit einem später oft sieghaft durchbrechenden Humor. Er besaß eine nach dem damaligen Stande leidliche mathematische Vorbildung und nahm vor allem ein kompaktes System religiöser Anschauungen ins Leben hinaus, das ein Mensch eben nur ganz und gar ablegen kann oder als Grundstock seiner Empfindungen und Gefühle bis an sein Ende mit sich herumtragen wird, wenn er wie Kepler eine religiöse Natur ist. In Graz sollte Kepler nun vor allem Mathematik unterrichten, er kriegte dazu noch Rhetorik und Virgil zugelegt, da er nicht in allen Klassen Tätigkeit fand, weil „*Mathematicum Studiren nicht Jedermanns Thun ist*“, wie die Inspektoren berichteten. Ferner war eine seiner Hauptaufgaben die Herstellung und Herausgabe des Kalenders, worunter insbesondere zu verstehen ist die Voraussage der kommenden Ereignisse aus den Sternkonstellationen. Kepler hat fünf Kalender für 1595—99 herausgegeben und das Glück gehabt, daß seine Prophezeiungen von einem strengen Winter, einer bevorstehenden Türkengefahr und einem Bauernaufstand in Österreich wirklich eingetroffen sind. Es waren das zwar Prophezeiungen, die mit einigem gesunden Menschenverstand jeder machen konnte, und auch Kepler wird hieraus geschöpft haben, aber sie verschafften ihrem Urheber ein gewaltiges Ansehen, und da man auch sonst mit ihm zufrieden war, so gestaltete man ihm seine Lage auch materiell äußerst günstig. Heute können wir uns gar nicht mehr vorstellen, daß die Astrologie mit einer streng induktiven Astronomie im selben Geist zusammenwohnen kann, daß der Entdecker der wahren Bewegungsgesetze der Planeten zugleich mit innerer Überzeugung von einer höheren Wahrheit und nicht etwa nur aus Not Horoskope gestellt hat. Ich selbst habe mir immer vorgestellt, daß Kepler zum Gelderwerb ohne inneren Anteil der Zeitmode gefolgt ist. Und doch belehrt uns das Studium seiner Werke eines anderen. Er hat sich an verschiedenen Stellen der-

selben unzweideutig über die Astrologie ausgesprochen und die Gegner derselben bekämpft, wenn er auch über den krassesten Aberglauben seiner Zeit erhaben war. Ihm war die Dualität von Leib und Seele feststehend, und die göttliche Seele schrieb er auch den Sternen zu, die ihm in ihrem Dasein und ihren Bewegungen den Ausdruck göttlicher Gedanken verkörperten. In den Mittelpunkt jedes Planeten — und insbesondere der Erde — setzte Kepler seine Seele. Er läßt die weitere Möglichkeit einer Weltseele offen, die dann im Mittelpunkt der Welt, das ist die Sonne, ruhen würde, aber er spricht von den verschiedenartigen Charakteren der beseelten Planeten als von Realitäten. Die Seelen der Planeten senden ihre Kräfte strahlenförmig in den Lichtstrahlen aus, und die Wirkungen auf die anderen Planetenseelen und auf die Seelen der Menschen, speziell bei deren Geburt, werden verstärkt oder geschwächt, je nach den Stellungen der Planeten, wenn sie von der Erde aus unter bestimmten Winkeln von 60° , 90° usw. erscheinen. Den Zusammenhang des Eintretens ungewöhnlicher Ereignisse, wie Regengüsse, Dürre, allgemeines Elend, Erdbeben, mit Neuerscheinungen am Himmel hält Kepler durch die Erfahrung bestätigt. Einige Stellen aus Keplers Schriften werden seine Anschauungen und Verirrungen deutlich machen. So schreibt er: „Da die Erdseele den Urgedanken des Tierkreises, oder richtiger seines Mittelpunktes in sich birgt, so fühlt sie, was für ein Wandelstern zu bestimmter Zeit unter einem bestimmten Bogen des Tierkreises dahinwandelt und mißt dann den Winkel der Strahlen, der sich an der Erde ergibt.“ Und: „Ich habe gesehen, daß die Ruhe des Luftkreises mit großer Regelmäßigkeit gestört wurde, so oft die Wandelsterne zu den von den Sterndeutern so gerühmten Hauptgestirnungen zusammentreten. Diese Bewegungstöße sind keine rein mechanischen Vorgänge, sondern gehören notwendigerweise dem geistigen Wirken der Seele selbst zu.“ Jedoch ist Kepler nicht der Ansicht, daß das Horoskop allein z. B. zur Bestimmung der Schicksale und des Charakters eines Menschen genüge. Seinem eigenen Horoskop fügt er in bezug hierauf folgende Worte bei: „Vergebens wird der Sterndeuter aus der Gestirnvereinigung meiner Geburtszeit die Ursachen meiner naturwissenschaftlichen Entdeckungen suchen . . . Nur einen Nutzen ganz allein kann man der Sternvereinigung meiner Geburtszeit zuerkennen: sie hat die schwach leuchtende Kerze meines Geistes und meiner Urteilskraft stets sauber geschneuzt und meine Seele zu unermüdeter Arbeit und Wißbegierde angespornt. Kurz: sie hat weder die Seele noch eines ihrer hier geschilderten Grundvermögen keimen lassen, sie hat sie nur in steter Erregung gehalten. Aus diesem Beispiel kann jedermann leicht erkennen, daß es der Sterndeutung fast ganz unmöglich ist, über die so häufig vorgelegten Schicksalsfragen auf Grund eines einzigen Gestirnplanes getreue Auskunft zu geben. Ich meine die Auskünfte über „Eltern, Geschlecht, seelische Artung, Kinder, Anzahl der Gattinnen, Bekennntnis, Obrigkeiten, Freunde, Feinde, Erbschaften, Sippen, Aufenthaltsorte und unzähliges dergleichen.“ — Das waren die Dinge, die der Vorwitz zu wissen begehrte.

Kepler sah stets die Wirklichkeit an und verleugnete nie seinen gesunden Verstand, wenn er Horoskope stellte, wie aus dem berühmten Horoskop von Wallenstein bekannt ist, aber solche Reden klingen uns ganz fremd, und wie Irrreden mutet es uns an, wenn an anderer Stelle der Vergleich der Erde mit einem Tier bis ins einzelne verfolgt wird und Ebbe und Flut als Atmung des Erdleibes angesprochen werden.

Um nicht ungerecht gegen Kepler zu sein, muß man sich erinnern, daß die von den Arabern nach dem Westen eingeführte Sterndeutung seit tausend Jahren einen unbestrittenen Platz im System menschlichen Wissens einnahm. In alter Zeit nahm man an, „Gott throne über dem achten Himmel, dem Fixsternhimmel, und versetze diesen und damit die sieben anderen Sphären in Schwingungen. Von hier sollte sich die Bewegung weiter fortpflanzen hinunter nach der Erde in der Mitte der Welt, nach der Welt der vier Elemente und hier alle die Bewegungen erregen, welche vom Wechsel der Jahreszeiten, von Ebbe und Flut an bis zu dem Steigen und Fallen der Lebenssäfte in Menschen, Tieren und Pflanzen das bedingten, was man Leben nennt.“ Auch haben wir in der siebentägigen Woche das sichtbare Zeichen für den Siegeszug der Sterndeutung vor uns, denn überall wo eine andere Woche, z. B. die zehntägige, üblich war, ist diese durch die chaldäische Planetenwoche verdrängt worden, in der jeder Tag einem der damals bekannten Planeten geweiht ist.

In dem großen Chor astronomischer und theologischer Stimmen, welcher im 15. und 16. Jahrhundert fast aus ganz Europa sich vernehmen ließ, erhob sich kaum eine Stimme gegen die Astrologie. Der Ungläubige war der Italiener Pico de Mirandola. Die Sterndeuter prophezeiten ihm einen frühen Tod, und er war so unvorsichtig, seine Sache in Mißkredit zu bringen, indem er trotz seines Unglaubens die Prophezeiung im Alter von 32 Jahren wahr machte. Insbesondere glaubte man die Autorität der Bibel für die Berechtigung der Sterndeutung in Anspruch nehmen zu können, und ein Schriftkenner wie Melancthon hielt Vorlesungen über sie. Sogar ein so glänzender Beobachter wie Tycho de Brahe war von der Berechtigung der Astrologie fest überzeugt. Er stellte viele Horoskope und betrachtete seine Tätigkeit als einen Dienst an der Astrologie.

Wir sehen das Wesen des Genies in einer unbefangenen Auffassung jeglichen Vorganges, und wir fordern von ihm, daß es ohne überkommenes Urteil oder gar Vorurteil den Erscheinungen gegenübertritt. Aber schließlich nimmt jeder Mensch Anschauungen und geistige Bedingtheiten aus Erziehung und Jugendeindrücken mit ins Leben hinaus, die er ohne Kritik nicht abstreifen kann. Und niemand ist in der Lage, alle überkommenen Begriffe kritisch zu prüfen und abzustreifen, sondern wird sich einmal beruhigen, bei solchen Vorstellungen und Gedanken, welche mit dem System der allgemein geläufigen und erprobten Anschauungen im Einklang sind. Nun war Keplers Art der Naturbeseelung entschieden schon ein Fortschritt, und ich brauche bloß an das geistvolle Buch Zend-Avesta von G. Th. Fechner zu erinnern, um dar-

zutun, daß eine feinere Naturbeseelung unserer fortgeschrittenen Zeit auch nicht so ganz fern liegt. Dann ist aber auch ein Einfluß der Seelen aufeinander nicht undenkbar oder gar sinnlos, und wir können Kepler wenigstens verstehen. Ja, ich muß sagen, ich kann Keplers Schwärmerei eher verstehen, als den nüchternen Sinn jenes französischen Astronomen, der sagte: „Ich habe alle Räume des Himmels durchforscht, aber von Gott habe ich keine Spur darin gefunden.“

Man liest wohl gelegentlich, daß die Astrologie an Ansehen und Vertrauen verlor von der Zeit an, wo man die Bahnen der Sterne berechnen konnte und gar die Ursachen ihrer Bewegung erriet. Doch liegt hier ein Trugschluß vor. Beseelung der Planeten, Wirkung auf die Seele der Menschen hätte gar nichts mit den Bewegungsgesetzen zu tun. Wenn einmal die Frage dieser Wirkung aufgeworfen ist, kann sie nur durch die Erfahrung entschieden werden, so wie Kepler es auch wollte. Für uns ist heute die Sterndeutung ganz fernliegend, weil wir überhaupt mit der Naturbeseelung vorsichtiger geworden sind und weil wir eher geneigt sind, psychische Vorgänge auf mechanischem Wege durch Bewegungsvorgänge zu erklären, als umgekehrt. Durch die ungeheuer segensreiche Spezialisierung der Wissenschaft und der wissenschaftlichen Forschung, welche jedem Vorgang mit dem ihm eigentümlichen Begriffskomplex nachgehen will, sind wir in den Anwendungen der Analogien und Vermischungen verschiedener Begriffe gewiß übervorsichtig geworden. Im Rahmen der gesamten damaligen Kultur ist Keplers Stellung zur Astrologie indes durchaus verständlich und kaum im Widerspruch zu seinen großen Leistungen, man muß sogar gerechterweise sagen: Auch hier steht Kepler auf der Seite des Fortschrittes, da er immer wieder und wieder verlangt, daß die Prophezeiungen durch die Erfahrung geprüft werden müssen. Und freilich, die Statistik hat Keplers Bau unterhöhlt und leugnet jeden Einfluß der Planeten und des Mondes auf die Ereignisse an der Erdoberfläche.

Eine erregbare Phantasie und ein fast kindliches Gemüt in der empfänglichen Aufnahme der Wunder unserer Sternenwelt hat Kepler auch zum Erben einer altgriechischen Vorstellung werden lassen, nach der das ganze Weltgebäude Harmonie ist. Fast durch sein ganzes Leben hindurch hat Kepler sich bemüht, Symmetrie und Harmonie im geometrischen Bau und in den Bewegungen des Sternsystems nachzuweisen.

In seiner ersten größeren astronomischen Arbeit von dem Geheimnis des Weltenbaus, deren Titel bereits den Dichter offenbart, stellt sich Kepler entschieden auf den Standpunkt der Kopernikanischen Lehre und sucht nach einem Gesetz für die Anordnung der damals bekannten sechs Planeten. Ein Forscher der heutigen Zeit würde darauf ausgehen, etwa die Entfernungen der Planeten von der Sonne bzw. von dem Mittelpunkt ihrer Bahnen in analytischer Form darzustellen oder eine Beziehung in Zahlen zwischen diesen Entfernungen suchen. Dem 16. Jahrhundert lag aber die geometrische Betrachtung einer solchen Frage bequemer, und daran muß man sich stets erinnern bei der uns

heute befremdlich klingenden Lösung. Nach angestregten Versuchen, die Entfernungen auf einfache Zahlenverhältnisse zu bringen, wobei Kepler übrigens auch schon zu der Hypothese geführt wird, einen Planeten zwischen Mars und Jupiter — dem Ort der nachmals entdeckten kleinen Planeten — einzuschieben, geht Kepler von den Zahlenexperimenten ab, besonders, weil hier keine bestimmte Endzahl der Gestirne zu erlangen ist, insofern man jede einfache Proportionenreihe fortsetzen kann. Aus dem gleichen Grunde wird dann auch eine Beziehung regelmäßiger Dreiecke, Vierecke usw. zu den Bahndurchmessern verworfen, bis endlich das Rätsel sich löst und durch die Gestalten der fünf regelmäßigen Körper der „gerechte Baugrund des Himmels“ sich bestimmen ließ.

Das Resultat kann nicht schöner als mit Keplers eigenen Worten beschrieben werden: „Der Erdkreis mißt alles, ihm umschreibe einen Zwölf-flächner. Der Kreis, der diesen umgibt, gehört dem Mars. Dem Mars umschreibe einen Vierflächner; der Kreis, der ihn umfaßt, gehört dem Jupiter; dem Jupiter umschreib' einen Würfel; der Kreis, der ihn umschließt, gehört dem Saturn; schreib' jetzt der Erde einen Zwanzigflächner ein — der Kreis, der ihm eingezeichnet wird, gehört der Venus. Der Venus schreib' noch den Achtflächner ein — der Kreis, der diesem eingelegt wird, gehört dem Merkur.“

Die Planetendistanzen, wie Kopernikus sie berechnet hatte, stimmten leidlich mit dieser Konstruktion überein bis auf die Entfernung des Merkur von der Sonne (welche nach der geometrischen Konstruktion kleiner sein mußte, als die Rechnung ergab). Wenn man ferner noch eine minimale Schichtdicke für die Planetensphären zuließ, so konnte man sogar die Bahn des Mondes noch berücksichtigen, und die Konstruktion behielt noch eine gewisse Bedeutung, als die Kreisbahn der Planeten aufgegeben war.

Keplers Streben ging später viel weiter, indem er Symmetrie und Ordnung im geometrischen Bau des Weltalls oder eben die Raumverhältnisse als etwas Untergeordnetes betrachtet gegenüber den harmonischen Beziehungen in den Bewegungen. Er nahm gewiß mit Grund an, daß die Symmetrie der Bahnen zwar ursprünglich vorhanden war, aber durch die Bewegungen und der Harmonie der Bewegungen zuliebe verändert wurde, und es wurde zum leitenden Gedanken seiner astronomischen Arbeiten, die Harmonie der Bewegung im Weltall, wie es sich nach Kopernikus darstellte, nachzuweisen. Dieses Vorhaben hat er schließlich in einem seiner späteren und merkwürdigsten Werke, den „*Harmonices mundi*“, durchgeführt, nachdem er in seinen nachher zu besprechenden drei berühmten Grundgesetzen die Grundlage für die genaue Erforschung der Planetenbewegung gewonnen hatte. Der Begriff der Harmonie, die sich nach Kepler in den Naturvorgängen des Lichts und des Schalls erkennen läßt, war seit alter Zeit aus der Beobachtung der Wohlklänge entstanden. Schon die Pythagoräer hatten die Beobachtung gemacht, daß die Saitenlängen harmonischer Töne im Verhältnis einfacher Zahlen zueinander stehen: bei der Oktave im Verhältnis 1:2, bei der großen Terz im Verhältnis

4 : 5, bei der Quinte im Verhältnis 2 : 3 usw. Ohne im entferntesten an wirkliche Töne im Himmel oder gar an die alte Musik der Sphären zu denken, suchte Kepler die Harmonie der Welt in diesen selben einfachen Zahlenverhältnissen aus den Bewegungen nachzuweisen, die dann gewissermaßen ein Abbild der harmonischen Zusammenklänge am Himmel bedeuteten, was wiederum durch das Auge, dem Organ der Lichtempfindung, wahrgenommen werden sollte.

Nachdem der Versuch mißlungen war, die Harmonie in den Umlaufszeiten der Planeten selbst zu finden, und nach manchen anderen Versuchen erreichte Kepler sein Ziel in den heliozentrischen Winkelgeschwindigkeiten in Sonnennähe und Sonnenferne der Planeten. Er sagt: „ . . . Wir müssen unseren Blick auf die scheinbaren täglichen Bögen hinlenken, und zwar so, wie sie von einem bestimmten und ausgezeichneten Orte des Weltalls erscheinen, nämlich vom Leibe der Sonne aus, der Quelle aller himmlischen Bewegungen.“ Das ist sein Ausgangspunkt, und so vergleicht er die Winkel, welche die von der Sonne ausgehenden Radien nach den Planeten in einem Tage zur Zeit der Sonnennähe und -ferne beschreiben. Die Geschwindigkeiten eines Planeten in diesen Lagen, also natürlich aus ganz verschiedenen Zeiten, und auch die Geschwindigkeiten verschiedener Planeten zeigten die gesuchten einfachen Verhältnisse harmonischer Töne, so daß ein Planet während seiner Rotation um die Sonne einfache Skalen durchgeht, wenn man von den Zwischenlagen der stetig veränderten Geschwindigkeiten absieht. Die Geschwindigkeiten der verschiedenen Planeten in den ausgezeichneten Lagen der Apsiden können sogar so angeordnet werden, daß sie im Verhältnis zueinander stehen, wie die Saitenlängen der Töne der Dur-Tonleiter oder der Moll-Tonleiter, je nachdem man die kleinen bleibenden Unterschiede ausgleicht. Vielleicht „einmal im ganzen Weltbestand, und das könnte nur der Schöpfungstag sein, mag die Weltenorgel diesen vollen Akkord angestimmt haben“, während sonst die Töne zu verschiedenen Zeiten erklingen.

Diesen Vorstellungen hat die Wissenschaft in ihrem weiteren Fortschreiten keine Berechtigung zuerkannt, und da wir das Genie überall auch darin sehen, daß es seiner Zeit voraneilt und hellseherisch diejenigen Wege beschreitet, welche zu den Höhen der Weisheit führen, während es die Sackgassen vermeidet, so müssen wir uns wohl fragen, ob diesen uns heute so fremden Ideen ein Wert und eine Berechtigung überhaupt zukommt. Phantasie und religiösen Idealismus würden wir ihrem Urheber vielleicht stets zuerkennen, würden wir uns aber auch um sie kümmern, wenn ihr Urheber nicht Kepler wäre, der auf anderer Seite zweifellos Unsterbliches hervorgebracht hat?

Darauf ist nun vor allem zu sagen, daß Kepler selbst in seinen Spekulationen den tiefsten und letzten Grund für die Gültigkeit des Kopernikanischen Weltbildes sah, und darin stimmten ihm die Besten seinerzeit zu. Es ist doch wirklich bezeichnend für die Bedeutung, die man den musikalisch harmonischen Verhältniszahlen beilegte, daß noch Newton die Breite der Farbstreifen im Sonnenspektrum auf diese harmonischen Zahlenverhältnisse glaubte zurück-

führen zu können. Man könnte schon darum das Verdienst Keplers um die Einführung des neuen Weltbildes nicht hoch genug schätzen. Aus dem Altertum war ja damals nur die Lehre vom Gleichgewicht bekannt, während erst Galilei die Bewegungslehre schuf und selbst der erste war, welcher einen physikalisch-astronomischen Beweis für die Kopernikanische Hypothese versuchte. Dazu lieferte ihm erst nach Konstruktion des Fernrohres die Entdeckung der vier Jupitermonde, der Phasenänderung von Venus und Merkur neues Material.

Heutzutage haben wir in dem Foucaultschen Pendelversuch einen wirklichen Beweis für die Umdrehung der Erde um ihre Achse. Die ungeheure Verfeinerung der Meßmethoden hat es ferner ermöglicht, eine ganze Anzahl von Fixsternparallaxen zu messen und daraus die absoluten Entfernungen der Fixsterne von der Erde zu berechnen sowie ihre Massen zu bestimmen, und wir sind nicht mehr so unbescheiden, zu verlangen, daß alle diese zum Teil ungeheuren Massen mit fast unmeßbaren Geschwindigkeiten alsdann sich ausgerechnet gerade um uns drehen. Die Parallaxen der Fixsterne könnte ich mir ohne die Bewegung der Erde um die Sonne überhaupt nicht erklären. Zu Keplers Zeiten dagegen, als alle diese Messungen unbekannt waren, konnte es noch für eine Frage des bloßen wissenschaftlichen Taktes gelten, ob man sich für das Ptolemäische oder für das Kopernikanische Weltbild entschied, und da wollten Keplers Betrachtungen tiefer sein und besaßen wohl mehr als den Wert einer ästhetischen Befriedigung. So zählte man im Ptolemäischen Weltbild sieben um die Erde bewegte Planeten in der Reihenfolge: Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn. Demgegenüber schien es wunderbar zu stimmen, daß die Konstruktion mit den fünf existierenden regelmäßigen Körpern gerade die sechs Planeten lieferte, nicht mehr und nicht weniger, als damals bekannt waren. Seitdem zwei weitere große Planeten und an die tausend kleine Planeten zwischen Mars und Jupiter entdeckt sind, sind wir geneigt, Keplers Konstruktion als Hegelsche Dialektik anzusehen, und in der Tat, von dem Begriff eines Beweises hatte seine Zeit keinen Schimmer, aber ein Gesetz für die Planetendistanzen ist darum doch denkbar, und es lohnte sich wohl, danach zu suchen.

Die Vorstellung der Harmonie der Welt war im Grunde nur das Suchen nach Einfachheit, Klarheit und Übersichtlichkeit im Naturgeschehen und steht gewiß auf derselben Linie wie der Begriff der Zweckmäßigkeit in der Natur. Nachdem es gelungen ist, diese unklare, so menschliche Vorstellung mit dem Begriff des kürzesten Weges in Verbindung zu setzen, bis das Prinzip der kleinsten Wirkung als das tiefste, fast die ganze Physik und Chemie beherrschende Naturgesetz daraus entstand, war mit der Harmonie ganz wohl ein ähnliches denkbar. Es war auch wirklich ein fortschrittlicher, mathematischer Gedankengang, die Weltharmonie in der Existenz einfacher Zahlenverhältnisse zu suchen. Nach den aus der musikalischen Harmonie stammenden Untersuchungen handelte es sich freilich nur um eine beschränkte Möglichkeit

von Verhältnissen, und das war Kepler wichtig, um zu einem endlichen, abgeschlossenen System, in Übereinstimmung mit dem System der sechs Planeten, zu gelangen, aber von da aus war ja der Schritt unvermeidlich, das Auftreten einfacher rationaler Zahlenverhältnisse in Umläufen, Geschwindigkeiten, Distanzen usw. als Naturgesetz zu vermuten. Ein solches Gesetz beherrscht z. B. wirklich den Aufbau, die äußere Begrenzung der Kristalle, indem an einem Kristall nur solche Ebenen möglich sind, welche auf drei geeigneten Achsen Strecken abschneiden, die zueinander in einfachen rationalen Verhältnissen stehen. Auch in den Verhältnissen der Umlaufzeiten der Planeten war man auf das Auftreten rationaler Zahlen besonders aufmerksam und empfand ein solches Verhältnis als eine innere Schönheit. Sogar Gauß, ein Forscher, der nie von philosophischen Voreingenommenheiten und ästhetischen Rücksichten beirrt war, war stolz auf seine Entdeckung, daß die mittleren Bewegungen von Jupiter und Pallas in dem Verhältnis 7:18 stehen, das sich durch die Einwirkung Jupiters immer genau wieder herstellt (wie die Rotationszeit unseres Mondes). Kommensurabilität der mittleren Bewegungen besteht auch nahezu bei Jupiter und Saturn (5 : 2), aber die systematische Störungstheorie der kleinen Planeten zeigte deutlich den Ausnahmecharakter solcher Vorkommnisse in der Astronomie. Die Störungsrechnung muß sich nämlich in jedem Fall danach richten, ob die mittlere Bewegung des gestörten und des störenden Planeten, als welcher hauptsächlich Jupiter in Frage kommt, ein einfaches Verhältnis haben oder nicht. Im ersten Fall werden die Störungen, die der Planet erfährt, ungewöhnlich groß, und hierin liegt ein Grund gegen das Auftreten rationaler Verhältnisse.

Diese Tatsache rechtfertigt aber eben die Frage nach rationalen Beziehungen in den Bewegungskonstanten der Sterne und deutet auf ein wichtiges Naturgesetz, welches wahrscheinlich mit der Stabilität dieser Bewegungen zusammenhängt. An all dieses konnte Kepler indessen nicht denken, zumal er eine Wirkung der Planeten aufeinander für ausgeschlossen hielt. Alle Kraft ging nach seiner Meinung von der Sonne allein aus. Jedoch ist bemerkenswert, daß Kepler seine Forderung der Harmonie selbst als einen Wegweiser genommen hat, um sich davon in der Berechnung der heliozentrischen Geschwindigkeiten und der Sonnendistanzen leiten zu lassen, und er erreichte eine tatsächliche Verbesserung gegenüber den früheren Bestimmungen, was seinen genialen Takt beweist.

Für unser jetziges Gefühl und für die moderne Schulung des Wissenschaftlers ist ein wesentlicher Fehler der älteren Methoden gewesen, immerzu nach dem Warum eines Vorganges zu suchen, statt nach dem Wie. Jedoch liegt das in der Zeit. Für Kepler brachte schon seine erste Schrift über die Schöpfungsgeheimnisse Anerkennung seiner Zeitgenossen und Erfolg, also alles, was man verlangen kann. Denn als in Steiermark unter dem jungen Erzherzog Ferdinand (dem späteren Kaiser Ferdinand II.) eine Protestantenverfolgung einsetzte und Keplers Stellung unmöglich wurde, eröffnete ihm Tycho de Brahe zum erstenmal eine Stätte der astronomischen Arbeit, indem er ihn zu sich nach Prag

bzw. Benatek bei Prag berief. Hatte Kepler bisher mit einem selbstgefertigten Holzdreieck beobachtet, so fand er bei Tycho mehr als er je zu hoffen gewagt, und die Vertreibung aus Graz erwies sich für ihn und für die Wissenschaft von größtem Segen. Zunächst beteiligte sich Kepler an den Marsbeobachtungen, und als Tycho starb, in dem Augenblick, wo die Beziehungen der beiden bedeutenden Männer anfangen schwierig zu werden, da wurde Kepler zum Verwalter der unschätzbaren, wissenschaftlichen Beobachtungen berufen, und fürwahr ist selten ein kostbarer Schatz in würdigere Hände gelegt worden. Nur wenige Jahre war es Kepler vergönnt gewesen, im Besitze reichlicher Mittel zu experimentieren, und die Resultate aus dieser Zeit zeigen, wie stark er für die exakte Naturforschung begabt war. Jene Gewebe schwärmender Gedanken — um einen Keplerschen Ausdruck selbst zu gebrauchen — sind immer entstanden, wenn Kepler, aller Mittel bar, auf rein spekulative Tätigkeit gesetzt war. Aber in Prag entstand seine Optik, welche wenigstens eine quantitative, strenge Formulierung der Tatsachen einleitete. Wenn sie auch nicht zu der heute unerläßlichen mathematischen Eleganz durchgedrungen ist, so ist sie doch die Grundlage der physiologischen Optik geworden und hat später die Lektüre des jungen Newton gebildet. Vor allem aber entstanden in Prag seine grundlegenden astronomischen Werke über den Mars, und die *astronomia nova*, erschienen 1609. Hierin, insbesondere in der klassischen Diskussion der Marsbeobachtungen, zeigt sich der Verfasser als moderner Naturforscher, dem keine Zeit uneingeschränkte Anerkennung versagen kann. Lange ehe die Philosophen die Prinzipien der induktiven Naturforschung aufgestellt hatten, ehe Bacon den Gelehrten seine guten Ratschläge erteilte, hat hier Kepler diese Prinzipien als Meister gehandhabt. Er hat mit genialem Blick, mit dem Fleiß, welchen nur das Genie aufzubringen vermag, aus einem Wust von Zahlen das richtige Gesetz herausgelesen, und man kann diese Tat kaum zu hoch schätzen. Ist es schon eine Seltenheit in der Geschichte der Wissenschaften, daß ein ungeheures Zahlenmaterial so mit einem Schlage seine Deutung gefunden hat, so ist das um so mehr bestaunenswert, wenn man bedenkt, wie schwierig die Frage der Bewegung der Himmelskörper war. Ohne die phantastische Vorstellung eines Atlas, der die Welt auf seinen Schultern trägt und der selbst nirgends steht, können wir uns keinen Stern ruhend denken. Wo aber alles in Bewegung ist, gibt es viele Möglichkeiten, um das zu beschreiben, was man von diesem Getriebe aus irgendeinem Ort, was wir also von der Erde aus sehen. Die alten Astronomen haben die Erde als fest angesehen, alle Bewegungen auf die Erde bezogen und bedurften eines komplizierten Räderwerkes zur Beschreibung der Planetenbahnen. Kopernikus nahm dann zwar die Sonne als fest an und ließ die Planeten um sie kreisen. Er klebte jedoch noch an dem Gedanken der gleichförmigen Bewegung und brauchte auch noch ein Räderwerk, die sogenannten Epizykeln, für jeden Planeten. Man muß sich eben stets vor Augen halten, daß es noch keine Dynamik gab, indem erst 1602/09 Galilei die Gesetze des freien Falles fand,

und man muß einmal das klassische Werk Galileis, den Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme lesen, um zu erkennen, welche Schwierigkeiten der Begriff einer stetig veränderlichen Geschwindigkeit der naiven Vorstellung machte. Kepler besaß diese Vorstellung in durchaus klarer Weise, so konnte er den Schlußstein in den von Kopernikus angefangenen Bau einfügen, und dadurch erst wurde das Kopernikanische Weltbild für die Astronomen wirklich brauchbar. Die Ergebnisse, welche den Gegenstand unserer Bewunderung ausmachen, lassen sich in drei Sätzen, einfach wie alles Große, zusammenfassen. Weil diese Sätze glücklicherweise allgemein bekannt sind, so darf ich mich ganz kurz darin fassen¹⁾.

Der erste Satz lautet: Die Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne sich befindet.

Und ferner der zweite Satz: Der von der Sonne nach dem Planeten gezogene Radiusvektor überstreicht Flächenräume, die den Zeiten proportional sind.

Erst neun Jahre nach dem Erscheinen der *astronomia nova*, am 8. März 1618, somit vor wenig mehr als 300 Jahren, nach zwanzigjährigen Bemühungen, hat Kepler dann den dritten Satz gefunden, der aussagt, daß die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten sich verhalten wie die Kuben der mittleren Sonnendistanzen. Dieser Satz ist zwar nicht genau und ist später durch die exakte Gleichung ersetzt worden: $T^2 (1 + m) : T_1^2 (1 + m_1) = a^3 : a_1^3$, aber dabei sind m und m_1 sehr kleine Größen, die man gegen die Masse der Sonne, die gleich 1 gesetzt ist, vernachlässigen kann.

In diesen Gesetzen steckt die unsterbliche Hauptleistung Keplers, wenn er auch in der Optik, sogar in der ihn weniger fesselnden reinen Mathematik Bleibendes geschaffen hat, ganz abgesehen von der Berechnung viel gebrauchter astronomischer Tabellen. Es könnte darum befremdlich erscheinen, daß ich gerade diesen Dingen weniger Zeit widme, als seinen problematischen Produktionen, mit denen er noch in der alten Zeit steht. Ich glaube aber gerade in dieser Mischung den germanischen Grundzug Keplers sehen zu müssen, und es liegt mir vor allem daran, ein Bild dieses merkwürdigen Geistes zu geben, wie er in seiner Zeit stand und sie beeinflusste. Dazu fehlt uns nun nur noch eine Würdigung der Keplerschen Gesetze und ihr Verhältnis zu dem Newtonschen Weltgesetze.

Die Keplerschen Gesetze sind sogenannte Makrogesetze, sie geben die Bahn und Bewegung der Himmelskörper als Ganzes, ohne Rücksicht auf die Ursachen der Bewegungen. Da Tycho's Beobachtungen die genauesten waren,

¹⁾ Eine eingehende Darstellung von Keplers astronomischen Leistungen findet man in der empfehlenswerten Schrift: K. Goebel, Über Keplers astronomische Anschauungen und Forschungen. Ein Beitrag zur Entdeckungsgeschichte seiner Gesetze. Halle 1871. Eine neuere begeisterte Würdigung Keplers in volkstümlicher Darstellung enthält: Ludwig Günther, Die Mechanik des Weltalls. Leipzig 1909.

die man bis zu seiner Zeit kannte und noch um 1—2 Minuten von der Wirklichkeit abwichen, so entsprach die Beschreibung fast ideal den Beobachtungen, und sie entsprach für fast 100 Jahre vollständig den Anforderungen der Astronomie. Die rechnerische Verfolgung der Bewegungen stellte Kepler selbst auf die richtige Basis und gab die Anleitungen dazu, soweit die Hilfsmittel der damaligen Mathematik reichten. Und diese reichten noch lange nicht aus, sondern erforderten manche algebraische und analytische Verfeinerung. Andererseits konnte man auch nicht mehr aus den Beobachtungsreihen herauslesen als die Keplerschen Gesetze. Ihre Beschränktheit und Bedingtheit mußte sich erst ergeben bei der Übertragung auf den Mond und bei jahre- oder gar jahrzehntelang fortgesetzten Beobachtungen an den Planeten. Alsdann war aber ein Fortschritt auf dem von Kepler beschrittenen Wege kaum mehr möglich, dazu bedurfte es ganz neuer Gedanken und neuer abstrakter Forschungsmethoden. Zunächst einmal brauchte man eine neue Lehre der Bewegungen, ganz neue Begriffe über Geschwindigkeit, Beschleunigung, Trägheit, Kraft. Man brauchte ferner ein Mittel, um beliebige Kurven darzustellen und zu untersuchen. Männer von umfassenden Geistesgaben, wie Galilei, Descartes, Fermat, Chr. Huygens und viele andere mußten vorausgehen, um das Fundamentalwerk der gesamten modernen Naturwissenschaft möglich zu machen, nämlich die *philosophiae principia mathematica* von Newton. Was die Elemente Euklids für die Geometrie, das bedeuten die *principia* für die Mechanik. Sie konnte nur ein Mann schreiben, der als Mathematiker und Physiker gleich hoch stand, der den Geist besaß, die vorhandenen Ansätze in der Analysis der unendlich kleinen Größen zu einem Rechnungsapparat und einer einheitlichen Methode der Differential- und Integralrechnung zusammenzufassen. Die Galileischen Ideen werden dann von Newton vervollständigt und zum Abschluß gebracht dadurch, daß der Begriff der Masse eines Körpers eingeführt wird. Hierdurch gelingt es, den Begriff der Kraft, welche auf irgendeinen Massenpunkt innerhalb eines bewegten Systems zu einer Zeit ausgeübt wird, mathematisch zu definieren und diese Kraft in Beziehung zu setzen mit der Beschleunigung dieses Punktes zur betrachteten Zeit. Kennt man einen Ausdruck für diese Kraft, so kann man unter sehr allgemeinen Voraussetzungen aus jener Beziehung den Weg und alle Einzelheiten der Bewegung des Massenpunktes berechnen. Die Mechanik geht von dem momentanen Zustand aus, sie denkt sich zu jeder Zeit nur die Beziehung zwischen Kraft und Beschleunigung in einem Punkt bekannt und leitet daraus die gesamte Bahn oder, wie man sagt, das Makrogesetz der Bewegung ab. Die Beziehung zwischen Kraft und Beschleunigung ist ein Mikrogesetz, das mathematisch in der Form einer Differentialgleichung erscheint. Man kann nun auch umgekehrt nach dem Mikrogesetz fragen, wenn das Makrogesetz bekannt ist, d. h. wenn Bahn und Masse eines Einzelpunktes oder eines ganzen Systems bekannt sind, so kann man fragen: Gibt es eine und nur eine zu jeder Zeit bestimmte Kraft, so daß die Beziehung zwischen dieser Kraft und

der Beschleunigung gerade die bekannte Bahn ergibt? Die Antwort auf eine solche Frage kann nur ein mathematischer Ausdruck für die Kraft sein und in keiner Weise das transzendente Wesen dieser Kraft beschreiben wollen. Wir stellen nur die Wirkung doppelt dar, mit einer Umgehung des Problems nach Ursache und Wirkung. So lag nun der Fall mit den Planetenbewegungen. Nach den Keplerschen Gesetzen kannte man deren Bahn und den Charakter ihrer Bewegung. Daraus fand Newton die Kraft und leitete den Ausdruck ab, welchen man als das Gravitationsgesetz bezeichnet. Nehmen wir einen Planeten um die Sonne kreisend, so folgt seine elliptische Bahn, wenn wir annehmen, es wirke auf den Planeten in jedem Augenblick eine Kraft, deren Richtung in die Verbindungslinie zwischen Sonne und Erde fällt, auf die Sonne zu gerichtet und deren Größe durch den Ausdruck $f \frac{Mm}{r^2}$ geliefert ist, wobei f eine Konstante, M und m die Masse der Sonne bzw. des Planeten und r den Abstand zwischen Sonne und Erde bezeichnet. Newton war sich über die Art seines Schrittes vollkommen klar. Er hat mehrfach ausdrücklich erklärt, daß er über die Natur der Gravitation nichts auszusagen vermöge, und weiter sind wir heute auch noch nicht. Das Gravitationsgesetz ist bloß eine Form der Beschreibung der Bewegung, wobei wir die Kraft, die zwei Körper aufeinander ausüben, aus den Elementarkräften zwischen den einzelnen Massenpunkten zusammensetzen. Nur in einigen Behauptungen, die durch die Erfahrung geprüft sind, ist Newton über die reine Hypothese hinausgegangen. Er behauptete erstens das Prinzip der Wirkung und Gegenwirkung, nach dem zwei Körper mit entgegengesetzt gleichen Kräften aufeinander wirken. Zweitens sollte die Konstante f für den ganzen Weltraum dieselbe sein, drittens sollte die Gravitation eine allgemeine Eigenschaft der Materie sein, eine Kraft, die sich stetig durch den Weltraum ausbreitet, so daß dieselbe Kraft, welche den Stein zur Erde zieht, auch die Bewegung des Mondes zur Folge hat. In dieser Auffassung liegt die Hauptleistung Newtons.

So wird die Bewegung eines Planeten um die Sonne zu einer Fiktion, denn jeder Planet wird von allen im Weltraum vorhandenen Massen angezogen, wenn auch die von der Sonne ausgehende Anziehung alle anderen weitaus überwiegt. Darum ist die Bahnkurve auch nicht mehr genau eine Ellipse, sondern eine kompliziertere Linie, welche durch die Störung aus der Ellipse hervorgeht. Damit ging die Newtonsche Lösung des Bewegungsproblems weit über die Keplersche hinaus, die überhaupt bloß einen ersten Ansatz zur wahren Bahnbestimmung liefert. Newton stellte der Analysis und der Beobachtung neue Probleme, indem erst wieder durch die Verfeinerung der Beobachtungsinstrumente die Abweichung von der Ellipsenbahn und die Veränderung dieser nachzuweisen und das Newtonsche Gesetz zu prüfen war.

Wenn jetzt gefragt wird, ob Kepler das Gravitationsgesetz gekannt hat, so ist darauf folgendes zu antworten: Kepler erklärte die Bewegung aus der Rotation der Sonne, die er stets behauptete und dachte immer auch an

eine nur von der Sonne ausstrahlende Kraft, die umgekehrt proportional zur Entfernung (gelegentlich sagt er auch wohl zum Quadrat der Entfernung) abnimmt, aber den Gedanken an eine allgemeine Gravitation lehnte er geradezu ab. Es ist auch ganz nebensächlich, welche Form des Kraftgesetzes Kepler etwa angenommen hat, denn das wichtigste war doch die Beziehung zwischen Masse, Beschleunigung und Kraft, d. h. die Grundgleichung der Mechanik. Zu Keplers Zeit waren aber weder die mathematischen noch die physikalischen Voraussetzungen für einen solchen Ansatz gegeben, diese lagen noch in der Zukunft. Endlich entsprach die Lösung in den drei Keplerschen Gesetzen vollkommen den Beobachtungszahlen der damaligen Astronomie und eine bessere Lösung brauchte man nicht. Der Astronom ist heute imstande, im Bedarfsfall noch Winkel von $\frac{1}{10}$, ja $\frac{1}{100}$ Sekunde zu bestimmen und die Uhrzeiten auf 0,3 Sekunden genau in 143 Tagen abzulesen, und wenn der Kampf um die Dezimalen noch weiter siegreich gefochten werden könnte bis zur theoretischen Grenze, so könnten wir vielleicht einmal Dinge berücksichtigen, die wir heute unberücksichtigt lassen müssen, wie die Krümmung der Sonnenbahn. Jedoch, welcher vernünftige Mensch würde heute daran denken? Man müßte einen solchen Gedanken als eine Phantasie bezeichnen, geeignet, den Forscher von den dringenderen, jetzt lösbaren Problemen abzuziehen. An solcher vorausschauender Phantasie hat es Kepler gerade nicht gefehlt, und man begegnet in allen seinen Schriften Ahnungen und sogar Einsichten, über die man nur staunen kann, so wenn er Ebbe und Flut aus der magnetischen Anziehung des Mondes erklärt, über das Vorhandensein weiterer Planeten spricht und schreibt: „Nach dem mir vorschwebenden Verhältnisse erwarte ich zwei Marsumwandler, sechs bis acht Saturnmonde und vielleicht kommt noch einer oder der andere Venus- und Merkurumwandler dazu.“ Man kennt heute zwei Marsmonde und zehn Saturnmonde. Jedoch darf man keinen Moment die Größe eines Naturforschers in solchen Prophetien suchen, besonders nicht, wenn daneben noch mehr seiner Phantasien sich nicht bewährt haben, wie das bei Kepler der Fall ist, der nie ganz von den Banden religiöser und philosophischer Konstruktionen frei wurde. Es ist ein allgemeines, zu tief eingewurzeltetes Urteil gewesen, das auch heute noch mancher guten Absicht der Volksaufklärung hemmend im Wege steht, daß man die Philosophie an den Anfang der Wissenschaft setzte, da sie möglicherweise doch nur einmal ihren Abschluß bilden kann. Die Methode der exakten Naturwissenschaft setzte immer voraus, daß man sich auf eine bloße Beschreibung der Naturvorgänge beschränkte, und es scheint mir der größte Fortschritt der Naturwissenschaften aus der Zeit herzustammen, wo man sich mit der Beschreibung der Vorgänge beschied, zufrieden war mit Bildern, die der Anforderung genügten, daß die Folgen, die wir aus den Bildern ziehen, mit den Bildern der Folgen wiederum übereinstimmten. Zu dieser Freiheit der wissenschaftlichen Auffassung war Kepler nicht vorgedrungen, aber er hat sie mit seinen Planetengesetzen angebahnt.

Darin beruht vielleicht sein größtes Verdienst, und dies entschädigt für so manchen Fehlschlag in einzelnen Problemen. Kepler untersucht z. B. die Lichtbrechung, und wir finden es heute unfaßlich, daß er von der Proportionalität des Einfallswinkels und Brechungswinkels für kleine Winkel nicht zum richtigen Gesetz kam, man wundert sich über seine falschen Folgerungen über die Farben aus den Beobachtungen am lichtbrechenden Glasprisma, aber die Erkenntnis schreitet langsam fort, und welche Fehler und Einseitigkeiten sind nicht sogar einem Newton in seiner Optik untergelaufen! Unsere Bewunderung aber für Kepler steigt aufs höchste, wenn wir bedenken, daß er, durch schwere Krankheiten öfter geschwächt, in seiner Sehkraft gekürzt war, daß er in den Klosterschulen schlecht genährt wurde und unter dem Zwange einer einseitig philologisch-theologischen Lehrmethode aufwuchs, deren Einwirkung er sich nicht entziehen konnte. Dazu kommt ein Leben mit wenig anregendem Verkehr, voller Familiensorgen, Kinderwirtschaft und Drangsal. Ich will daraus zum Schluß nur das Allerwichtigste noch anführen.

Traurig endete die glückliche Prager Zeit, in der Kepler doch einigermaßen auf sein Gehalt als kaiserlicher Hofmathematiker rechnen konnte und in der er den Verkehr mit bedeutenden Männern der Universität und des Hofes: Bacháček, Marek, Jost Bürgi, genoß. Im Jahre 1611 starb der älteste Sohn, bald danach die erste Frau. Keplers Stellung wurde durch die Absetzung des Kaisers Rudolf unsicher. Zwar wurde er von Kaiser Mathias wieder angestellt, aber der Aufenthalt in Prag war ihm verleidet, und das Gehalt wurde unregelmäßig oder gar nicht ausbezahlt. In Linz, wo er dann seit 1612 lebte, mußte er darum wieder Unterricht erteilen, „nichtswürdige Kalender und Prognastika“ anfertigen, und seine Zeit in Nebendingen opfern. Eine tiefe, seelische Erschütterung brachte ihm die Reise, die er 1620 nach Heilbronn machen mußte. Durch den Obervogt von Leonberg war seine alte Mutter als Hexe angeklagt, und nur seiner Beredsamkeit gelang es, sie von der Tortur zu befreien. Er trug sogar zur Abschaffung der schmählichen Hexenprozesse in Württemberg wesentlich bei, indem dieser Prozeß der letzte seiner Art in Schwaben war.

Von Linz wandte sich Kepler wieder nach Ulm zur Überwachung des Druckes seiner Rudolfinischen Planetentafeln, der Summe seiner astronomischen Lebensarbeit, nachdem er die Familie nach Regensburg gebracht hatte. Als seine Forderungen an die Hofkasse auf 12 000 Gulden angewachsen waren, verwies man ihn nach einer Abmachung mit Wallenstein an diesen, und er siedelte mit der ganzen Familie, seiner zweiten Frau und sechs Kindern, nach Sagan über. Jedoch umsonst, Wallenstein hatte mehr Schätzung für Seni als für einen Kepler und verweigerte die Zahlung. Dieser reiste darum nochmals unter Aufbietung aller letzten Kräfte auf den Reichstag nach Regensburg. Einsam, elend und entkräftet ist er hier am 5. November 1630 gestorben. Ich kann mir nicht versagen, den Schluß der Strophen vorzulesen, in denen Mörike sein Schicksal besungen hat:

Wie ein Dichter den Helden sich wählt, wie Homer von Achilles'
 Göttlichem Adel gerührt, schön im Gesang ihn erhob,
 Also wandtest du ganz nach jenem Gestirne die Kräfte,
 Sein gewaltiger Gang war dir ein ewiges Lied.
 Doch so bewegt sich kein Gott von seinem goldenen Sitze,
 Holdem Gesange geneigt, den zu erretten, herab,
 Dem die höhere Macht die dunkeln Tage bestimmt hat.
 Und euch, Sterne, berührt nimmer ein Menschengeschick;
 Ihr geht über dem Haupte des Weisen oder des Thoren
 Euren seligen Weg ewig gelassen dahin!

Schöner als es in diesen Worten geschehen ist, kann man Keplers Begabung nicht zeichnen. Er verleugnete nicht sein Schwabentum, in dem die exakten Talente selten sind, da er ebenso sehr Dichter war als Naturforscher.

Wir dürfen stolz sein auf einen solchen Menschen und ihn als besonderen Ausdruck deutschen Geistes, deutscher Kraft und deutschen Gemütes ansehen. Aber wem leuchtet sein Bild zumal in heutiger Zeit nicht in doppeltem Glanz? In trüben und unruhigen Zeiten hat hier ein Seher seine Stimme erhoben und keine äußere Not hat den Drang nach Wahrheit in seiner Brust betäuben können, so daß das Rätsel des Himmels und der Bewegung ferner Welten zuerst seine Lösung fand, ein vollkommener Lohn menschlichen Strebens nach Erkenntnis der Natur. Wenn wir uns das Resultat vorsagen, ist es eine trockene Formel, aber in Wirklichkeit haben die Kopernikus, Kepler und Newton die Sphären zerbrochen, welche unsere Welt in ein dumpfes Gemach verwandelt hatten. Die Geister wurden befreit, und wer die Entwicklung unserer Kultur unter dem Segen dieser Befreiung verfolgt, der erkennt es, daß der Mensch nicht vom Brot allein lebt.