

Zum 400. Geburtstag von Johannes KEPLER am 27. Dezember 1971 Hans Wußing



Johannes Kepler, Portrait, 1619,
(aus [1], S. 96)

In KEPLER tritt uns eine höchst beeindruckende Persönlichkeit gegenüber.

Phantasiereiches, gedankentiefes Spekulieren über die Natur ist in einmaliger Weise gemischt mit geduldiger, vorurteilsfreier Beobachtung und einer nahezu beispiellosen Beharrlichkeit des Rechnens.

Erregend ist das Leben KEPLERS verlaufen, geprägt von einer bewegten Zeit religiösen Fanatismus, bestimmt durch hoffnungsvolle Ansätze progressiver Entwicklungsgänge, überschattet schließlich durch den schrecklichen Krieg, der dreißig Jahre dauern sollte.

KEPLERS Schriften faszinieren noch heute. Zeitbedingtes und Unvergängliches, Schwärmerei und sachliche, fast trockene Darlegung durchdringen sich.

Sein Werk gehört einer der markantesten Perioden der Neuorientierung in Astronomie und Mathematik an: Ablösung der durch die Antike und die christliche Kirche des Mittelalters geformten Naturanschauung durch eine wissenschaftliche Naturerkenntnis, Kampf um Anerkennung des heliozentrischen, kopernikanischen Weltbildes, Heausbildung infinitesimaler Methoden der Mathematik.

Johannes KEPLER stammt aus dem Württembergischen. Er wurde am 27. Dezember 1571 in Weil der Stadt geboren, einer sehr kleinen freien Reichsstadt von nur etwa 200 Bürgern.

Um diese Zeit war der Großvater mütterlicherseits Bürgermeister der Stadt. Der Vater, Heinrich KEPLER, aber wurde nicht recht sesshaft. Abenteuerlust trieb ihn in den kriegerischen Zeiten als Soldat in die weite Welt. Anfangs zog Keplers Mutter mit dem Manne umher, während Johannes und weitere Geschwister in der Obhut der Großeltern blieben.

Nach einem gescheiterten Versuch der Eltern, durch den Betrieb eines Gasthofes in der Nähe der Stadt Fuß zu fassen, zerfiel die Ehe schließlich. Der Vater kehrte zum Söldnerdienst zurück und verließ die Frau. Inzwischen hatte Johannes sechs weitere Geschwister bekommen. Der Vater starb 1590 als Hauptmann in der Gegend von Augsburg.

Die Mutter erkannte früh die besondere geistige Regsamkeit des Johannes und strebte für ihn einen geistigen Beruf an, zumal der Junge von schwächlicher Konstitution war.

Sie vermochte es, Johannes im nahegelegenen Leonberg auf einer Lateinschule unterzubringen. Durch Fleiß und Begabung gelang es Johannes, am 17. Mai 1583 das gefürchtete Landesexamen zu bestehen. Damit eröffnete sich ihm der Weg zum Universitätsstudium.

Nach einer harten Ausbildung an den Klosterschulen in Adelber und Maulbronn unter der KEPLER sehr litt, und nach Ablegung des Baccalaureatsexamens in Tübingen gelangte er schließlich 1589 als Stipendiat an die Universität Tübingen.

Hier studierte KEPLER protestantische, und zwar lutherische Theologie. Dem damaligen Studiengang entsprechend durchlief er zunächst die sogenannte Artistenfakultät, an der die sieben freien Künste (*artes liberales*) gelehrt wurden. Neben einer strengen Schulung in Latein, Griechisch und Hebräisch gehörten dazu auch Unterweisungen in Mathematik und Astronomie.

In Tübingen erhielt KEPLER eine für die damalige Zeit vorzügliche Ausbildung, freilich eingewängt in religiöse Unduldsamkeit und starre Orthodoxie. Hier wuchs er zu einem Meister der Sprache heran; die in diesem Beitrag wiedergegebenen Zitate werden auch von dieser höchst

bemerkenswerten Fähigkeit KEPLERS zeugen.



KEPLERSs Geburtshaus am Markt
in Weil der Stadt (aus [2], S. 56)

Einen besonders nachhaltigen Einfluss übte der Tübinger Professor für Mathematik und Astronomie, Michael MAESTLIN (1550 bis 1631), auf KEPLER aus. Durch ihn wurde er mit der höchst umstrittenen Lehre des KOPERNIKUS bekannt, die von MAESTLIN allerdings nur als mathematische Hypothese, nicht mit dem Anspruch auf Widerspiegelung des wirklichen Sachverhalts aufgefasst wurde.

Die schlimmsten weltanschaulichen Auseinandersetzungen um die neue Lehre, welche - entgegen einigen Textstellen der Bibel - die Sonne in den Mittelpunkt der Welt rückte, standen allerdings erst bevor:

Im Jahre 1600 wurde Giordano BRUNO (1548 bis 1600) in Rom als Ketzler verbrannt; der Prozess gegen Galileo GALILEI (1564 bis 1642) wurde 1633 geführt und endete mit dessen lebenslänglicher Inhaftierung.

Damals aber, 1594, trug man in Tübingen keine Bedenken, den jungen Magister, einen erklärten Anhänger der kopernikanischen Lehre, in die Hauptstadt Graz der protestantisch gewordenen Steiermark zu empfehlen.

Obwohl KEPLER seine theologischen Studien noch nicht abgeschlossen hatte, folgte er auf Zureden von MAESTLIN der Berufung.

Im Frühjahr 1594 trat KEPLER sein Amt an, als Lehrer der Malthematik und der Moral an der dortigen Stiftschule und als Mathematiker der Landschaft, d.h. der Landesregierung. Damit gehörte es zu KEPLERS Aufgabenbereich, Kalender zu berechnen und drucken zu lassen, die, damaligem Brauch gemäß, mit allerlei Prognostica gewürzt waren, also mit Voraussagen über Wetter, Ernteaussichten, politische Ereignisse, Sternkonstellationen und daraus abgeleiteten astrologischen Prophezeiungen.

Mit seinem ersten Kalender von 1594 hatte KEPLER Glück und konnte seinen Ruf als Astrologe begründen: Seine Voraussagen über große Winterkälte und einen gefährlichen Einfall der Türken trafen zufälligerweise erstaunlich genau zu.

KEPLER hat die sich aus dem Kalendermachen und dem Stellen von Horoskopern ergebenden zusätzlichen Einnahmen gern mitgenommen. Sein Gehalt war mager. Auch später besserte sich seine finanzielle Lage nicht durchgreifend, da ihm zwar bessere Gehälter versprochen, aber nur höchst unregelmäßig gezahlt wurden. So blieb ihm, da er seine Bücher auch im wesentlichen auf eigene Kosten drucken musste, oftmals nur der Ausweg, dort Geld zu verdienen, wo es zu haben war, durch Anfertigung von Horoskopern.

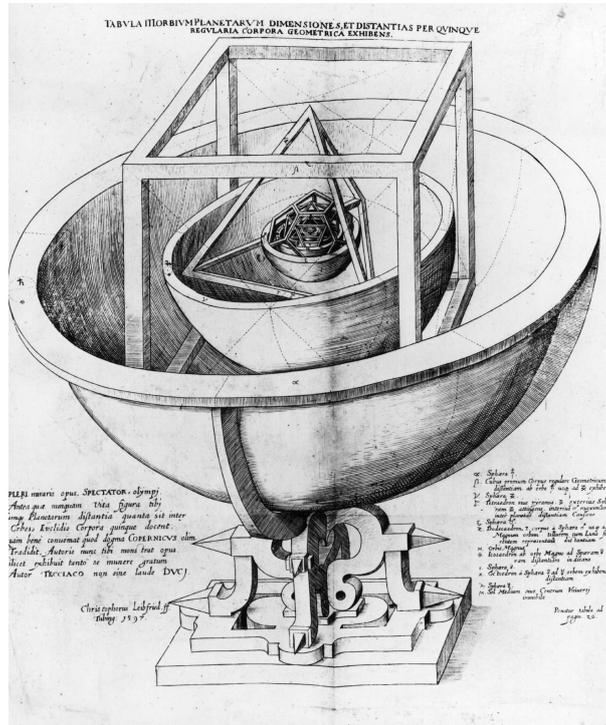
Selbstironisch zieht KEPLER zum Verhältnis von Astrologie und Astronomie den folgenden Vergleich:

Wenn Gott jedem Tierlein Werkzeuge zur Erhaltung seines Lebens gegeben hat, warum soll es dann nicht recht sein, wenn er in derselben Absicht den Astronomen die Astrologie zuteil! ([2], S. 28)?

Gelegentlich wird er noch drastischer:

Die Dirne Astrologie muss ihre Mutter Astronomie aushalten, sind doch der Mathematiker Gehälter so gering, dass die Mutter gewisslich Hunger leiden müsste, wenn die Tochter nichts erwürbe ([2], S. 16).

Dabei war KEPLER zutiefst vom Einfluss des kosmischen Geschehens auf den Menschen überzeugt, da dieser seinerseits ein Teil des Kosmos sei. In diese Gedankengänge von einer umfassenden kosmischen Harmonie versenkt, erschien ihm, wie er es empfand, am 19. Juni 1595 die Lösung des "Weltgeheimnisses", das *Mysterium Cosmographicum*.



Figur des Weltgeheimnisses (aus [3], S. 114)

Eine kühne spekulative Zusammenschau ordnet den fünf regulären Polyedern sechs kugelförmige Sphären zu, auf denen die kreisförmig gedachten Bahnen der damals bekannten Planeten verlaufen. Im Mittelpunkt steht dabei die Sonne. Die genaue Vorschrift gibt KEPLER so an:

Die Erde ist das Maß für alle anderen Bahnen. Sie umschreibt ein Dodekaeder; die dieses umspannende Sphäre ist der Mars. Die Marsbahn umschreibe ein Tetraeder; die dieses umspannende Sphäre ist der Jupiter. Die Jupiterbahn umschreibe einen Würfel; die dieses umspannende Sphäre ist der Saturn. Nun lege in die Erdbahn ein Ikosaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist die Venus. In die Venusbahn lege ein Oktaeder; die diesem einbeschriebenen Sphäre ist der Merkur ([4], S. 24).

Die Begeisterung über die vermeintliche Enthüllung des göttlichen Bauplanes für das Universum riss KEPLER mit sich fort. Im Geleitwort des 1596 im Druck erschienenen Werkes bricht er in die Worte aus:

Den Genuss, den mir meine Entdeckung schenkte, mit Worten zu beschreiben, wird mir nie möglich sein ... So lösen wir (Menschen) dem Himmel und der Natur auf den folgenden Seiten die Zunge und lassen ihre Stimme lauter erschallen : Lobt, ihr Himmel, den Herrn, lobt ihn, Sonne und Mond ([2], S. 44 und 47).

Mit einem Schlag wurde KEPLER berühmt durch diese Publikation. Der Professor der Mathematik aus Padua, Galileo GALILEI, gab seiner Freude darüber Ausdruck, einen Gefährten bei der Erforschung der Wahrheit gefunden zu haben.

Aber KEPLER erfuhr nicht nur uneingeschränkte Zustimmung:

Der ausgezeichnete dänische Astronom Tycho BRAHE (1546 bis 1601) forderte die Erneuerung der Astronomie auf Grund von Beobachtungen und verwarf die spekulative Methode KEPLERS. Immerhin erkannte er Begabung und gedankliche Tiefe KEPLERS und lud ihn zu einem Besuch

nach Prag ein, wo er bei Kaiser Rudolf II. inzwischen eine Stellung als Kaiserlicher Mathematiker gefunden hatte.

Auf Grund dieser Einladung hielt sich KEPLER Anfang 1600 einige Monate bei BRAHE in Prag auf. Die persönlichen Verhältnisse KEPLERS aber gestalteten sich um diese Zeit zunehmend ungünstiger:

Die 1597 mit der Witwe Barbara MÜLLER geschlossene Ehe wurde nicht glücklich, auch die finanziellen Verhältnisse blieben bescheiden. Überdies starben die ersten beiden Kinder schon als Säuglinge, das dritte, ein Junge, mit sechs Jahren an den Pocken. Nur die letzten beiden Kinder, Susanne und Ludwig überlebten die Eltern.

Mit großer Liebe hing KEPLER auch an seiner Stieftochter Regina, die aus Frau Barbaras erster Ehe stammte.

Im Sommer 1598 nahmen die Sorgen zu. Die Gegenreformation griff zu immer schärferen Maßnahmen. Im Herbst des Jahres 1598 mussten alle Protestanten mit ihren Familien binnen sieben Tagen Graz verlassen; nur für KEPLER, der wegen seiner mathematischen Kenntnisse auch bei den Jesuiten in hohem Ansehen stand, wurde eine an strenge Bedingungen gebundene Ausnahme gemacht. Als aber KEPLER seine Tochter in einem Nachbarort evangelisch taufen und das nach 35 Tagen gestorbene Kind trotz aller Befehle nicht katholisch begraben ließ, wurde auch er ausgewiesen.

Gern wäre KEPLER an seine Heimatuniversität Tübingen zurückgegangen. Aber dort wollte man ihn nicht haben, da er sich geweigert hatte, die sogenannte Konkordienformel, die Bekenntnisformel der Lutheraner, anzuerkennen, und daher als ein versteckter Calvinist galt.

So folgte KEPLER einer Aufforderung von Tycho BRAHE, zu ihm nach Prag als Assistent zu kommen. Mitte Oktober traf er mit seiner Familie ein, niedergedrückt durch Schulden und Ungewissheit.

BRAHE hatte in jahrzehntelanger Arbeit ein ganz außerordentlich umfangreiches und sorgfältiges Beobachtungsmaterial über den Lauf der Planeten am Himmel angehäuft. Doch war er bei der Wahl seines Mitarbeiters LONGOMONTANUS (1562 bis 1647) wenig glücklich gewesen, dem er die mathematische Auswertung seiner Beobachtungen anvertraut hatte.

Seinem neuen Mitarbeiter KEPLER stellte der enttäuschte und verbitterte BRAHE nur die Messergebnisse über einen einzigen Planeten, die vom Mars, zur Verfügung. KEPLER ging mit Feuereifer an die Arbeit, aber der Berechnung der Marsbahn stellten sich unerwartete Schwierigkeiten entgegen.

Mars wehrt sich ständig ([2], S. 57) so klagte KEPLER.

Schon im Herbst 1601 starb BRAHE an Urämie. Kaiser Rudolf II. vertraute die kostbaren Instrumente KEPLER an und ernannte ihn als Nachfolger BRAHEs zum Kaiserlichen Mathematiker. Doch der Ärger nahm kein Ende.

Wohl war KEPLER ein gutes Gehalt versprochen worden, aber bei den leeren Staatskassen erhielt er es nur höchst unregelmäßig und nach vielerlei Bittstellerei.

Hinderlich für KEPLERs Arbeit war noch der Umstand, dass BRAHEs Schwiegersohn TENG-NAGEL die Unterlagen seines Schwiegervaters erst dann an KEPLER übergeben wollte, wenn der Kaiser das rückständige Gehalt BRAHEs an ihn, den Erben, ausgezahlt hätte.

Wie ein Hund vor der Futterkrippe, der das Heu nicht frisst, es aber auch keinem anderen vergönnt ([2], S. 59)

- mit diesen drastischen Worten machte KEPLER seinem Ärger Luft. Dennoch waren die zwölf Jahre seines Prager Aufenthaltes für KEPLER eine Zeit fruchtbaren Schaffens.

Das herausragende Ereignis stellte die Publikation der *Astronomie Nova*, der *Neuen Astronomie*, im Jahre 1609 dar.

Durch einen glücklichen Zufall hatte BRAHE an KEPLER gerade die Bearbeitung des Mars übertragen, jenes Planeten unter den damals bekannten, dessen Bahn die größte Exzentrizität aufweist.

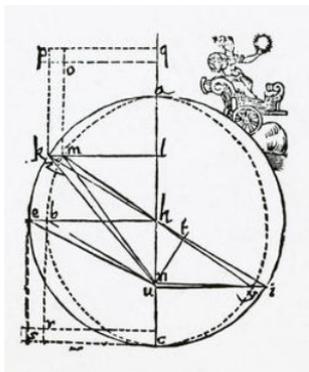
In unvorstellbar mühsamen Berechnungen - damals kannte man noch keine Logarithmen - musste sich KEPLER überzeugen, dass die Beobachtungsdaten nicht mit der damals als selbstverständlich gemachten Annahme in Übereinstimmung zu bringen waren, dass die Planetenbahnen Kreise sind:

Es blieb, auch bei Berücksichtigung der Fehlergrenzen von BRAHEs Beobachtungen, bei einer Abweichung von acht Winkelminuten.

Auch die Zusammensetzung der Marsbahn aus Kreisbogenstücken führte schließlich nicht weiter; erst die Annahme einer elliptischen Bahn ergab die geforderte Übereinstimmung. Hier tritt uns KEPLER als einer der ersten echten Naturforscher überhaupt entgegen:

Eine jahrtausendealte, unumstößliche Gewissheit, die von kreisförmigen Bahnen aller Himmelskörper, wird aufgegeben ausschließlich unter dem Druck von Beobachtungen. Die Naturbeobachtung wird über die Autorität, auch über die der Bibel gestellt, ein unerhörter Schritt für die damalige Zeit. Neun Jahre nur vor dem Erscheinen der *Neuen Astronomie* hatte wegen derselben Ketzerei BRUNO in Rom auf dem Scheiterhaufen sterben müssen. Es gehört wirklich Mut dazu, sich im Vorwort zur *Neuen Astronomie* so klar zur naturwissenschaftlichen Wahrheit zu bekennen:

Auf die Meinung der Heiligen aber über diese natürlichen Dinge antworte ich mit einem einzigen Wort: In der Theologie gilt das Gewicht der Autoritäten, in der Philosophie (nach damaligem Sprachgebrauch heißt das: in der Naturwissenschaft, Wg) aber das der Vernunftgründe ([5], S. 33).



KEPLERSs Entwurf der elliptischen Planetenbahnen (aus [3], S. 120)

In der *Neuen Astronomie* werden die ersten beiden KEPLERSchen Gesetze ausgesprochen, wonach die Planeten auf elliptischer Bahn laufen, und zwar so, dass die Sonne in dem einen Brennpunkt der Ellipse steht und die Verbindungslinie Sonne - Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht.

Das dritte KEPLERSche Gesetz, wonach sich die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten wie die Kuben der großen Halbachsen der entsprechenden Bahnellipsen, hat KEPLER wesentlich später entdeckt, und zwar an jenem gückhaften Tag des 18. Mai 1618, übrigens fünf Tage vor dem Prager Fenstersturz, dem Signal zum Ausbruch des Dreißigjährigen Krieges.

Niedergelegt ist das dritte KEPLERSche Gesetz in dem 1619 erschienenen Werk *Harmonici Mundi* ("Weltharmonik"), das allerdings wegen seines neuplatonischen Einschlages als umstritten in die Geschichte der Wissenschaften eingegangen ist.

Mit der Entdeckung der KEPLERSchen Gesetze war die Kopernikanische Astronomie um ein wesentliches Stück weitergebracht werden.

KEPLER selbst hat noch ein Lehrbuch der Kopernikanischen Astronomie geschrieben; es erschien in den Jahren 1618, 1620 und 1621 in drei Teilen unter dem Titel *Epitome Astronomiae Copernicae* ("Abriss der Kopernikanischen Astronomie").

KEPLER musste, ehe er seine grundlegenden Einsichten gewinnen und sich seinen Lesern verständlich machen konnte, ausführliche Studien zur antiken Kegelschnittlehre treiben und diese für seine Absichten weiterentwickeln.

Verwendet man die heutige Terminologie, so kann man sagen, dass KEPLER erstmals die Parabel als Grenzfall zwischen Ellipse und Hyperbel erkannt hat. Die elliptische Planetenbewegung beschrieb er mit der Brennpunktgleichung $r = a + c \cos u$, in der u die exzentrische Anomalie bedeutet.

Von KEPLER stammen ferner die Fachausdrücke Exzentrizität sowie Aphel und Perihel für sonnenfernsten bzw. sonnennächsten Punkt der Ellipsenbahn.

Auch für die weitere Entwicklung der Physik wurde die *Neue Astronomie* schrittmachend: Erstmals wurde hier nicht nur die Form der Planetenbahnen untersucht, sondern auch eine von Mystik und Religion befreite Vorstellung über die Ursachen der Planetenbewegung entwickelt. Nicht mehr Engel führten die Planeten, sondern eine Art Magnetismus.

Schließlich, 1621, bezeichnete KEPLER die Ursache der Bewegung als eine von der Sonne ausgehende Kraft (*vis*). Nur dreizehn Jahre nach KEPLERS Tod wurde Isaac NEWTON (1643 bis 1727) geboren. Er schloss aus den KEPLERSchen Gesetzen zurück auf die Existenz einer allgemeinen Anziehungskraft (Gravitation) und lehrte deren rechnerische Beherrschung beim Aufbau einer Himmelsmechanik.

In die Zeit von KEPLERS Prager Aufenthalt fiel auch die Veröffentlichung des *Sidereus Nuncius* ("Sternbote") durch GALILEI im Jahre 1610. GALILEI hatte als erster das Fernrohr auf den Himmel gerichtet und sofort eine Reihe sensationeller Entdeckungen gemacht, die die alte aristotelisch-scholastische Weltanschauung aufs heftigste erschütterten:

Berge auf dem Mond, neu entdeckte Fixsterne in Fülle, Entdeckungen von Jupitermonden, Phasen bei der Venus.

Begeistert über GALILEIS Entdeckungen schrieb KEPLER eine ausführliche Abhandlung. Sein kühner Gedankenflug ging hin bis zur Vision kosmischer Flüge:

Schaff' nur Fahrzeuge oder Segel, die der Himmelsluft angepasst sind, dann kommen schon Menschen, die sich nicht einmal vor jener weiten Öde fürchten werden. Inzwischen wollen wir, sozusagen kurz vor der Ankunft dieser kühnen Himmelsfahrer, Himmelsländerkarten ausarbeiten - ich für den Mond, Du, GALILEI, für den Jupiter ([6], Bd. 2, S. 502).

In die Prager Zeit fiel schließlich auch KEPLERS Beitrag zur Optik, seine *Dioptrice* vom Jahre 1611, in der die geometrische Optik behandelt und der Strahlengang in dem nach ihm benannten Fernrohr konstruiert wird.

Unterdes aber war KEPLERS Lage in Prag unhaltbar geworden, trotz des überaus hohen Ansehens, das er in aller Welt unter den Astronomen genoss. Seine Feinde, denen der Protestant KEPLER am Hofe des katholischen Kaisers schon immer ein Ärgernis gewesen war, witterten Morgenluft, da KEPLER seinem alten Beschützer Rudolf II. noch die Treue hielt, als dieser längst schon seine Macht an Kaiser Matthias verloren hatte.

Eine Berufung nach Tübingen, wiederum von KEPLER angestrebt, zerschlug sich abermals wegen des Verdachtes, ein Calvinist zu sein und darum, *weiln er in philosophia ein opinionist, vil Unruch unter der Jugendt erwecken möchte ([2], S. 76)* - so heißt es bei der Ablehnung des Berufungsgesuches durch die Tübinger Behörden.

Mitte 1611 fand KEPLER eine Anstellung durch die Stände des Erzherzogtums Österreich ob der Enn, im protestantischen Linz. Am 20. Januar 1612 starb Rudolf II., am 18. März wurde KEPLER unter Billigung seiner Übersiedlung nach Linz in seiner Stellung als Kaiserlicher Hofmathematiker bestätigt; bald darauf reiste KEPLER endgültig nach Linz ab.

KEPLERS Frau Barbara war 1611 in Prag am Fleckfieber gestorben; die zehnjährige Susanne und der fünfjährige Ludwig waren zu versorgen. Im Spätherbst 1613 ging KEPLER mit Susanne REUTTINGER, die aus der Nähe von Linz stammte, eine zweite Ehe ein. Frau Susanne schuf KEPLER eine glückliche häusliche Atmosphäre, die seiner wissenschaftlichen Arbeit sehr

förderlich war. Auch das Verhältnis zu den beiden Stiefkindern entwickelte sich hervorragend. Von den sieben Kindern KEPLERS mit Frau Susanne starben sechs ganz jung.

In einer merkwürdigen Weise ist KEPLERS zweite Ehe mit dem Entstehen eines Buches verknüpft, das wesentlich zur Fortentwicklung der infinitesimalen Methoden, insbesondere zur Herausbildung der Integralrechnung, beigetragen hat. KEPLER berichtet:

Als ich im November des letzten Jahres (1613) meine Wiedervermählung feierte, zu einer Zeit, da an den Donauufeln bei Linz die aus Niederösterreich herbeigeführten Weinfässer nach einer reichlichen Lese aufgestapelt und zu einem annehmbaren Preis zu kaufen waren, da war es die Pflicht des neuen Gatten und sorglichen Familienvaters, für sein Haus den nötigen Trank zu besorgen. Als einige Fässer eingekellert waren, kam am 4. Tag der Verkäufer mit der Messrute, mit der er alle Fässer, ohne Rücksicht auf ihre Form, ohne jede weitere Überlegung oder Rechnung ihrem Inhalt nach bestimmte ...

Ich bezweifelte die Richtigkeit der Methode, denn ein sehr niedriges Fass mit etwas breiten Böden und daher sehr viel kleinerem Inhalt könnte dieselbe Visierlänge besitzen. Es schien mir als Neuvermählten nicht unzweckmäßig, ein neues Prinzip mathematischer Arbeit, nämlich die Genauigkeit dieser bequemen und allgemein wichtigen Bestimmung nach geometrischen Grundsätzen zu erforschen und die etwa vorhandenen Gesetze ans Licht zu bringen ([7], S. 99 und 100).

Demnach sah sich KEPLER mit dem unbefriedigenden Zustand der sogenannten Kunst des Visierens konfrontiert, jenen Methoden, mit Hilfe einer ins Spundloch gesteckten Messlatte den Rauminhalt des Fasses zu bestimmen.

KEPLER fand genauere Regeln und Beweise, sie sind niedergelegt indem 1615 erschienenen Buch *Nova Stereometria doliorum vinariorum* ("Neue Stereometrie der Weinfässer"). Einen Auszug in deutscher Sprache, in dem unter Verzicht auf Beweise praktische Regeln für die Visierer zusammengestellt waren, ließ KEPLER ein Jahr später unter dem Titel *Auszug aus der uralten Messekunst Archimedis* erscheinen.

KEPLER griff dabei zurück auf die aus der Antike stammenden Methoden der Volumenberechnung, insbesondere auf die hervorragenden Leistungen, die ARCHIMEDES erreicht hatte.

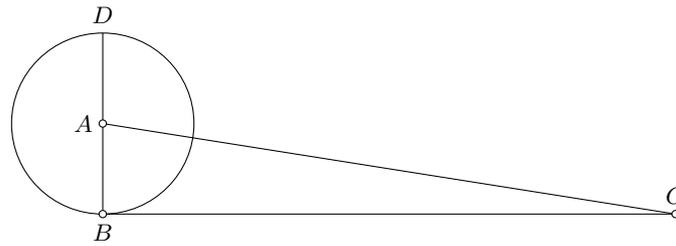
Und doch ging KEPLER methodisch weit über ARCHIMEDES hinaus, indem er Begriff und Redeweise vom unendlich Kleinen in mathematische Rechenmethoden einbezog. Zwar lassen wir heute KEPLERS Schlussweisen allenfalls im Hinblick auf ihren heuristischen Wert gelten, trotzdem wurden sie über Bonaventura CAVALIERI (1598 bis 1617), Gregorius a S. VINCENTIO (1584 bis 1667), Evangelista TORRICELLI (1608 bis 1647), Blaise PASCAL (1623 bis 1662), John WALLIS (1616 bis 1703), Pierre de FERMAT (1601 bis 1665), James GREGORY (1638 bis 1675) und viele andere wegbereitend zur Ausarbeitung und Systematisierung der infinitesimalen Methoden durch Isaac BABROW (1630 bis 1677), Isaac NEWTON und Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1646 bis 1716).

Das Wesentliche an KEPLERS Schlussweisen tritt uns schon bei der Bestimmung des Flächeninhalts eines Kreises entgegen. KEPLER sagte:

Der Umfang des Kreises BG hat so viel Teile als Punkte, nämlich unendlich viele: jedes Teilchen kann angesehen werden als Basis eines gleichschenkligen Dreiecks mit den Schenkeln AB, so dass in der Kreisfläche unendlich viele Dreiecke liegen, die sämtlich mit ihren Schenkeln im Mittelpunkt A zusammenstoßen.

Es werde nun der Kreisumfang zu einer Geraden BC ausgestreckt. So werden also die Grundlinien jener unendlich vielen Dreiecke oder Sektoren sämtlich auf der einen Geraden BC abgebildet und nebeneinander angeordnet ([7], S. 101).

Demnach ist der Kreisinhalt dem Inhalt des Dreiecks ABC gleich.



Ähnliche Zerlegungsgedanken spricht KEPLER für Kugel und Zylinder aus. Zum Beispiel schreibt er:

Die Kugel besteht aus unendlich vielen Kegeln, deren Scheitel im Mittelpunkt zusammentreffen, und deren auf der Oberfläche gelegene Grundflächen durch Punkte ersetzt sind ([7], S. 101).

Aus Kugeln, Zylindern, Kegeln und Kegelstümpfen setzte KEPLER komplizierte Körper näherungsweise zusammen, z.B. das Fass aus Zylinder und zwei Kegelstümpfen. Hier hat man die ursprüngliche Form der sogenannten KEPLERschen Fassregel der heutigen Integralrechnung.

Insgesamt war KEPLER so imstande, weit über ARCHIMEDES auch hinsichtlich der Fülle von Körpern hinauszugehen, die - wenigstens näherungsweise - dem Inhalte nach berechenbar wurden. KEPLER gab u.a. auch Verfahren an für Torus, zitronenförmige, apfelförmige, birnen- und pflaumenförmige Körper, Quitte, Kürbis, Olive, Spindeln u.a.m.

Ein besonderer, zweiter Teil der *Fassrechnung* ist dem Ausgangsproblem gewidmet, der Stereometrie des österreichischen Fasses im besonderen; zur damaligen Zeit wurden Fässer, auf handwerklicher Tradition beruhend, in verschiedenen Landschaften unterschiedlich gebaut. Nach moderner Sprechweise treten bei KEPLER in der *Fassrechnung* Schwerpunktsätze nach Art der GULDINschen Regeln auf, und es werden in stereometrischer Form Integralsubstitutionen ausgeführt.

Doch galt KEPLERs Hauptinteresse während der Linzer Zeit der Astronomie. Nach der Enthüllung des Bauplans des Planetensystems und der Aufstellung der Bewegungsgesetze der Planeten wandte sich KEPLER einem weiteren großen Problemkreis zu, durch dessen Bewältigung der neuen Astronomie sozusagen erst die letzte Vollendung zu geben war, der Aufstellung und Berechnung neuer astronomischer Tafeln auf der Grundlage der neuen Astronomie.

Hier vollbrachte KEPLER die vom Arbeitsaufwand her größte Leistung, bei der Berechnung der *Rudolphinischen Tafeln*.

Diesen Auftrag hatte KEPLER schon 1601 als Nachfolger BRAHEs unter den von Rudolf II. erteilten Pflichten übernommen.

Die Rechnungen wuchsen ins Uferlose, ein Ende schien unabsehbar. Doch kam KEPLER zur rechten Zeit ein neues Hilfsmittel zustatten, die Logarithmen. KEPLER griff begeistert zu den von dem Schotten John NAPIER (1550 bis 1617) berechneten Tafeln, ermutigte den Schweizer Mathematiker Jost BÜRGI (1552 bis 1632) zum Druck seiner *Progress-Tabulen*, welche dieser schon vor NAPIER berechnet hatte, und schrieb selbst eine Erklärung der neuen, die Rechenarbeit vereinfachenden logarithmischen Methode - zum größten Missfallen seines alten Lehrers MAESTLIN; denn

es steht einem Professor der Mathematik nicht an, sich über irgendeine Abkürzung der Rechnungen kindisch zu freuen ([2]. S. 107).

Im Frühjahr 1624 endlich war KEPLER mit beiden Teilen der *Rudolphinischen Tafeln* fertig, den astronomischen Tafeln zur Berechnung der Sonnen- und Mondörter, damit der Verfinsternungstermine, der Planetenorte, und zwar für jede beliebige Zeit, vor oder nach Beginn der

christlichen Zeitrechnung.

Ein zweiter Teil enthielt die Anweisungen zur Benutzung der Tafeln.

Die "Rudolphinischen Tafeln", die ich von Tycho als Vater empfangen habe, habe ich nun 22 Jahre in mir getragen und gebildet, wie sich allmählich die Frucht im Mutterleib bildet. Nun quälen mich die Geburtswehen ([2], S. 107 und 108).

Die Schwierigkeiten, denen sich KEPLER bei der Drucklegung gegenüber sah, sind kaum zu schildern:

Neuer, kleinlicher Streit mit BHAHEs Erben, das Problem der Finanzierung, einander widersprechende Weisungen seiner Vorgesetzten und schließlich der immer stärker das Wirtschaftsleben einschnürende Krieg.

"Ich bin"- so schrieb KEPLER - "auf die Herausgabe so begierig wie Deutschland nach Frieden"([2], S. 109).

Nachdem er fast ganz Süddeutschland nach einem noch zum Druck geeigneten Ort durchstreift hatte, fand er schließlich in Ulm einen Drucker. Am 20. November 1626 brach er mit Frau, fünf Kindern, Hausrat und den kostbaren Lettern von Linz auf, doch musste er die Familie wegen des harten Winters in Regensburg zurücklassen.

Anfang September 1627 endlich war die Drucklegung der 1000 Exemplare der *Rudolphinischen Tafeln* vollendet. Sie wurden für nahezu zwei Jahrhunderte zum unentbehrlichen Hilfsmittel der Astronomie und der Navigationskunst; sie trugen in der Zeit der Kolonisierung KEPLERs Ruhm bis an die amerikanische Ostküste und bis in den Fernen Osten.

Allerdings hatte der Druck nur auf eigene Kosten erfolgen können. Das Werk belastete daher KEPLERs Finanzlage sehr, zumal es wegen des Krieges nicht günstig verkauft werden konnte. In der Widmung an den damaligen deutschen Kaiser Ferdinand bricht seine tiefe Verzweiflung über den schrecklichen Krieg hervor, über den

grässlichen Zwiespalt der Meinungen; ... wir vergeben vor Verlangen nach Frieden, da in ihm der Gebrauch der Tabellen einen gedeihlichen frohen Fortschritt zu bewirken vermag ([2], S. 113).

KEPLER selbst und seine Familie waren aufs schwerste von der Zerrüttung der gesellschaftlichen Zustände betroffen. Nur mit größter Mühe, schließlich nur auf Grund seines Titels Kaiserlicher Mathematiker, vermochte er die von Protestanten als Hexe angeklagte Mutter vor dem Scheiterhaufen zu retten.

Es war für den tiefgläubigen KEPLER ein schwerer Schlag, als es zwischen ihm und der protestantischen Gemeinde Linz zum Bruch kam.

Ich weiß wohl, ich könnte den ganzen Streit niederschlagen, wenn ich die Konkordienformel ohne Vorbehalte unterschriebe. Aber mir steht nicht an, in Gewissensfragen zu heucheln ([2], S. 95)!

Ein Antrag auf Revision des Linzer Urteils in Tübingen verschlimmerte die Lage noch, er erhielt eine von Hohn und Hass diktierte Antwort; man lastete ihm zusätzlich noch sein Eintreten für das Kopernikanische Weltbild an. Im Bescheid aus Tübingen heißt es:

Daher können weder ich noch meine Herren Kollegen und Mitbürger Eure absurden und blasphemischen Hirngespinnste billigen ([2], S. 94).

Als Folge des Ausschlusses vom Abendmahl ging die Zahl der Schüler von KEPLER stark zurück; dies bedeutete einen schweren finanziellen Schlag. Die Bücherei des verdächtigen KEPLER wurde versiegelt, wie leicht hätte sich von dort geistiges Gift ansteckend ausbreiten können.

Linz wurde im Verlaufe der Kriegshandlungen mehrfach belagert, von erbitterten Bauern, von Katholiken und Protestanten. Hunger und Epidemien herrschten. Schließlich trug in Linz die Gegenreformation den Sieg davon. Ende 1625 wurden die Protestanten aus Linz ausgewiesen; KEPLER erhielt nur einen Aufschub.

Nach dem Druck der *Rudolphinischen Tafeln* geriet KEPLER in die größte Sorge um seinen Lebensunterhalt. Ein günstiges Angebot des Kaisers war an die Bedingung geknüpft, er solle katholisch werden. KEPLER lehnte ab.

Schließlich fand er eine Anstellung bei dem von astrologischem Wahn besessenen kaiserlichen Oberbefehlshaber WALLENSTEIN, der KEPLER hauptsächlich als Astrologe in seine Dienste nahm. Als Wohnort wurde KEPLER zunächst Sagen im damaligen Schlesien zugewiesen.

KEPLER ging unverzagt an die Arbeit; er rechnete weiter an den *Ephemeriden*, das sind Tabellen künftiger Planetenstellungen, Sonnen- und Mondfinsternisse u.a.m. Bereits im Sommer 1630 begann KEPLER in einer von Wallenstein eingerichteten Druckerei mit dem Druck seines neuen Buches *Traum vom Mond*, einem der frühesten Beispiele utopisch- wissenschaftlicher Literatur überhaupt, in dem die Verhältnisse auf dem Mond und unter seinen Bewohnern geschildert werden. Dieses Buch ist noch heute lesenswert.

So schien sich alles wenigstens erträglich zu entwickeln, nur das Geld blieb knapp.

Als aber WALLENSTEIN beim Kaiser in Ungnade gefallen und damit die Hoffnung geschwunden war, WALLENSTEIN könne die beträchtlichen Gelder beitreiben, die der Kaiser noch an KEPLER schuldete, da machte sich KEPLER im Herbst 1630 über Leipzig und Nürnberg auf den Weg nach Regensburg, wo er auf dem Fürstentag selbst beim Kaiser vorstellig werden wollte. Geschwächt von den Strapazen des langen Rittes durch das vom Krieg gepeinigte Land erkrankte KEPLER in Regensburg; von schweren Leiden wurde KEPLER am 15. November 1630 erlöst.

Als Lutheraner durfte KEPLER nur außerhalb der Stadtmauern des katholischen Regensburg bestattet werden. Schon 1634 während der Belagerung Regensburgs wurde das Grab zerstört, die Stelle wurde unauffindbar.

Alle Hoffnungen von Frau Susanne auf Auszahlung der rückständigen Gehälter zerschlugen sich. In großer Armut starb sie 1636. Die kaiserliche Obligation von 12964 Gulden ist nie eingelöst worden.

KEPLERs umfangreicher Nachlass wurde 1765 in einem Koffer in Frankfurt am Main wiederentdeckt, doch fand sich in Deutschland niemand, der ihn übernehmen wollte.

Schließlich kaufte die russische Zarin Katharina II. KEPLERs nachgelassene Schriften und Briefe auf. Sie werden heute in Leningrad bei der sowjetischen Akademie der Wissenschaften als kostbarer Besitz aufbewahrt.

Literatur:

- (1) HARIG, G.: Die Tat des KOPERNIKUS. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin 1962.
- (2) GERLACH, W., und M. LIST: Johannes KEPLER. Leben und Werk. R. Piper und Co., München 1966.
- (3) ZINNER, E.: Astronomie. Geschichte ihrer Probleme. Verlag Karl Alber, Freiburg/München 1951.
- (4) KEPLER, J.: Das Weltgeheimnis. Verlag R. Oldenbourg, München/Berlin 1936.
- (5) KEPLER, J.: Neue Astronomie. Verlag R. Oldenbourg, München/Berlin 1929.
- (6) KEPLER, J.: Gesammelte Werke. Herausgegeben von M. CASPAR und F. HAMMER. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München, 1938 If. (Bisher sind 15 Bände erschienen, Wg.)
- (7) KEPLER, J.: Neue Stereometrie der Fässer. (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 165.) Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig 1908.
- (8) CASPAR, M.: Johannes KEPLER. Stuttgart 1958.
- (9) HARIG, G.: Johannes KEPLER. In: Von Adam RIES bis Max PLANCK. Herausgegeben von G. HARIG. VEB Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961.
- (10) KEPLER, J.: Weltharmonik. Verlag B. Oldenbourg, München/Berlin 1939.
- (11) KEPLER, J.: Dioptrik. (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 244.) Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig 1904.
- (12) KEPLER, J.: Vom sechseckigen Schnee. W. Keiper, Regensburg 1958.
- (13) KEPLER, J.: KEPLERs Traum vom Mond. Herausgegeben von L. GÜNTHER. B. G. Teubner, Leipzig 1898.

Aus der Vielzahl von dichterischen Bearbeitungen des Lebens und Wirkens von J. KEPLER seien die folgenden Romane genannt:

- (14) SCHUDER, R.: Der Sohn der Hexe. 5. Auflage. Rütten und Loening, Berlin 1960.
- (15) TRALOW, J.: KEPLER und der Kaiser. Verlag der Nation, Berlin 1964.

Abschrift, Bearbeitung, Zeichnungen und LaTeX-Satz des Textes: Steffen Polster 2019
<https://mathematikalpha.de>

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons "Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland" Lizenz.

