

Das Unendliche in der Astronomie.

Auszug aus einem im „Lotos“ am 9. November 1903 gehaltenen populärwissenschaftlichen Vortrage.

Von

Prof. Dr. S. OPPENHEIM (Prag).

Verlassen wir während eines sonnenklaren Tages oder in einer sternhellen Nacht die beengenden Mauern unserer Behausung und treten ins Freie, fast unwillkürlich wendet sich unser Blick von dem kleinen Stück heimatlichen Bodens, den unser Auge da umfassen kann, hinweg zur blauen Kuppel des Himmels. Der erste Eindruck, den wir hiebei empfangen, ist der, daß wir uns in einem ungeheueren Dome von azurblauer Farbe befinden, der begrenzt ist von einem Horizonte von mehreren Kilometern Länge und der erleuchtet wird von Sonne, Mond und einer bestimmten Anzahl von Sternen, die erscheinen, entschwinden, dann von Neuem wieder auftauchen, scheinbar einzig zu dem Zwecke, um den Menschen auf der Erde die wohltuende Wärme oder das strahlende Licht zu geben. Keine Verschiedenheit der Entfernung dieser Körper am Himmel von uns kommt uns dabei zu Bewußtsein, ja kein Anhaltspunkt ist gegeben, um irgend eine dieser Entfernungen zu bestimmen. Alles erweckt in uns nur das Gefühl, als ob wir uns im Mittelpunkte einer gewölbten Halle befänden, deren feste Decke der Himmel ist und an der Sonne, Mond und Sterne, alle in gleicher Entfernung von uns, dahinziehen. Diese Illusion wird noch verstärkt durch die uns innewohnende Neigung, alles Wahrgenommene auf unser eigenes Ich als den Brennpunkt zu beziehen, in dem alle von der Umgebung kommenden Strahlen sich konzentrieren.

Nur langsam hat sich die Menschheit von dieser Illusion befreit, nur allmählich sich die Erkenntnis von der wahren Gestalt und Größe der Erde, von der wahren Gestalt und Größe der anderen Himmelskörper und ihrer Bahnen um einander, kurz die Erkenntnis der räumlichen Verhältnisse im Weltalle gebildet und sich schließlich zu einem Weltbilde vereinigt, das heute allgemeine Anerkennung besitzt.

Es gewährt nun ein besonderes Interesse, den einzelnen Phasen dieses Entwicklungsganges nachzuspüren, von den ältesten Zeiten der Bildung wissenschaftlicher Meinungen überhaupt an bis auf die Gegenwart. Wie kein anderes Problem der Naturwissenschaften ist gerade dieses geeignet, uns ein Kulturbild einer bestimmten Zeitepoche zu geben. „In den zu verschiedenen Zeiten verschiedenen Bestimmungen der Entfernung zwischen Himmel und Erde. sagt in dieser Richtung Fröls-Lund in seinem Buche Himmelsbild und Weltanschauung, haben wir den am leichtest lesbaren Maßstab für ihre geistige Entwicklung, ihre verschiedene Lebensansicht. Denn zwischen dem Kinde, das nach dem Monde greift und dem Erwachsenen, der seine Bahn kennt, liegt die bisherige Entwicklung der Menschheit. Jeder bedeutenden Änderung der moralischen oder religiösen Lebensanschauung liegt mehr oder minder bewußt eine Änderung in der Bestimmung des Abstandes zwischen Himmel und Erde zugrunde. Nur wird dieser Abstand nicht immer im Längenmaß ausgedrückt, sondern weit häufiger in bildlicher Form“.

So interessant es wäre und vom kulturhistorischen Standpunkte auch wichtig, hier dem Ideen- und Gedankengang jedes einzelnen Volkes zu lauschen, das da einmal auf der Erde gelebt hat und dessen Erlebnisse in der Weltgeschichte verzeichnet sind, so ist es doch nicht möglich die Untersuchung auf alle Völker auszuweiten. Sie soll sich vorzugsweise auf jenes Volk beschränken, dessen Kultur in besonderer Art unsere Kultur beeinflußt hat und dessen wissenschaftliche Bestrebungen die Basis für alle wissenschaftlichen Errungenschaften der Gegenwart gebildet haben, nämlich auf das Volk der Griechen.

Die Anfänge der griechischen Astronomie verlieren sich in dasselbe sagenhafte Dunkel wie die Urgeschichte dieses Volkes selbst. Ihre astronomischen Kenntnisse sollen sie den Babyloniern oder Chaldäern entlehnt haben. In der Tat gleicht auch das Weltbild, wie es sich die Chaldäer erdacht haben, in vielen Stücken

dem der Griechen zu Zeiten Homers. Wohl nicht allein aus dem Grunde, weil dieses jenem entlehnt ist, sondern auch weil beide auf den gleichen Ursprung hinweisen, nämlich den bloßen Augenschein mit allen seinen Täuschungen der Perspektive. Die Welt ist eine gewölbte Halle, heißt es bei den Babyloniern, die feste Decke derselben wird vom Himmel gebildet, oberhalb dessen das Regenwasser liegt. Wird ein Gitter fortgezogen, so strömt der Regen nieder. Auf der Innenseite des Himmels sind die Sterne fest angeheftet. Unter ihnen bewegen sich Tag und Nacht die 2 großen Lichter zugleich mit den 5 kleineren. Die Erde ist eine Scheibe, jedoch nicht ganz eben, sondern hebt sich in der Mitte ein wenig aufwärts und unter ihr ist eine dunkle Höhle, die Unterwelt, der Aufenthaltsort der Toten.

Ganz gleich ist das Weltbild der Griechen, nur bei diesem sein Vaterland liebenden Volke ein wenig verklärt durch patriotische Anklänge. Der Himmel ist eine ungeheuere Halle mit einem Kristallgewölbe als Decke oben und dem dunklen Keller unten. Die Erde ist eine Scheibe, die an ihrem Ende das Kugelgewölbe berührt. Sie wird von einem großen, tiefen Meere, dem Okeanos, umflossen, aus dem alle Quellen, Bäche, Ströme und andere Meere ihr Wasser erhalten. Inmitten dieser Scheibe liegt Hellas und inmitten von Hellas der schneebedeckte Olymp, als Mittelpunkt der Scheibe, auf dem die hohen Götter tronen. Fest und unbewegt steht der Himmel in seiner Lage und Sonne, Mond und Sterne ziehen an ihm hin, beim Aufgang aus dem Bade im Okeanos aufsteigend, dann ihre vorgeschriebene Bahn am Himmel durchwandelnd, beim Untergange wieder in die Fluten des Okeanos niedertauchend, um am nächsten Morgen rein gewaschen und neu gestärkt im Osten wieder aufzugehen.

Die poetischen Denkmäler der Griechen, die aus dieser Zeit vorliegen, die beiden Epen Homers, die Ilias und die Odyssee, sowie die beiden Lehrgedichte Hesiods, die Theogonie und Werke und Tage geben vielfache Belege für die Richtigkeit dieser Darstellung. Sie lassen erkennen, daß die Griechen schon an eine praktische Verwendung ihrer astronomischen Kenntnisse zur räumlichen und zeitlichen Orientierung gedacht haben. Kalypso gibt dem Odysseus den Rat, bei der Heimfahrt stets den großen Bären zur Linken zu behalten:

„Und nach der Bärin er schaut, die sonst auch Wagen
 genannt wird,
 Welche sich dort umdreht und stets den Orion betrachtet,
 Denn dieses Zeichen gebot ihm die herrliche Göttin
 Kalypso,
 Wann er das Meer durchschiff, allzeit sich links zu
 behalten.

Hesiod empfiehlt seinem Bruder Perses inbetreff des Ackerbaues, zu pflügen beim Untergange der Plejaden, Hyaden und des Orion, mit der Ernte zu beginnen beim Aufgange der Plejaden und die geernteten Früchte zu dreschen, sobald Orion wieder sichtbar wird. Es sind dies Beobachtungen, die schon auf eine genaue Kenntnis der jährlichen Bewegung der Sonne zwischen den Sternbildern schließen lassen.

Auch über die Dimensionen des Himmels und seine Entfernung von der Erde, finden sich Angaben, natürlich nur in bildlicher Form: Hephastos, vom Zeus aus dem Olymp geschleudert, fällt den ganzen Tag über bis Sonnenuntergang vom Olymp auf die Erde. Ferner heißt es in der Odyssee betreffs der Größe des Okeanos:

Wen einmal vom Wege abgetrieben die Stürme
 Ins unermeßliche Meer, allwo selbst nimmer die Vögel
 Selbiges Jahr durchfliegen, so groß ist solcher und
 furchtbar.

oder bei Hesiod: Ein eherner Amboß braucht 9 Tage und 9 Nächte, um vom Himmel auf die Erde zu fallen und ebenso viel wieder um von da in den Tartarus.

Erst mit dem bestimmten Hervortreten der griechischen Philosophie im 6. Jahrhunderte in den östlichen Kolonien Griechenlands, in Kleinasien, wie in den westlichen, in Italien, ändert sich die Sachlage und es beginnt langsam sich eine richtigere Erkenntnis der wirklichen Verhältnisse in unserem Sonnensystem zu entwickeln.

Den Reigen der Denker eröffnete Thales von Milet, der Begründer der jonischen Philosophenschule in Kleinasien und dessen Schüler Anaximander. Alles, was bis dahin babylonische, ägyptische und griechische Erkenntnis erzielt hatte, vereinte sich bei beiden zu dem folgenden Weltbilde. Entsprechend dem Himmel, den wir sehen, gibt es auch einen, den wir nicht sehen, da er sich unter uns befindet. Wenn die Sonne im Westen untergeht,

so schwimmt sie nicht in einem Kahne im Okeanos nach Osten, um da wieder aufzugehen, sondern sie vollendet an der unteren unsichtbaren Hälfte des Himmels ihre Kreisbahn um die Erde. Das Himmelsgewölbe ist daher eine hohle Vollkugel, in deren Mittelpunkte sich die Erde befindet. Nach Thales braucht sie noch eine Unterlage und wird als im Okeanos schwimmend angenommen. Nach Anaximander schwebt sie jedoch frei im Mittelpunkte des Himmelsraumes, da sie von allen seinen Punkten gleich weit entfernt ist und daher weder nach der einen noch anderen Seite fallen kann. Ihrer Gestalt nach hielten beide sie für eine flache Scheibe, etwa in Form eines Cylinders, von dem auch schon Größenverhältnisse angegeben werden, nämlich die Höhe des Cylinders gleich $\frac{1}{3}$ seines Durchmessers. Auch weitere Angaben über die Dimensionen der Himmelskörper und ihre Entfernungen von der Erde finden sich vor. Sonne, Mond und Erde sind nach Anaximander gleichgroße Körper, die Sonne ist aber am weitesten entfernt, dann kommt der Mond, darauf uns am nächsten der Fixsternhimmel, so daß die Distanzen im umgekehrten Verhältnisse zu den Geschwindigkeiten angenommen werden, mit denen sich die Körper um die Erde bewegen. (Sonne 1 Jahr, Mond 1 Monat, Fixstern 1 Tag.)

Ein weiterer wesentlicher Fortschritt der Astronomie knüpft sich an den Namen „Pythagoras“ in den westlichen Kolonien Griechenlands, in der Lehre, daß die im Weltraume wie ein Tropfen frei schwebende Erde — auch die Form des Weltalls, d. i. die einer Kugel habe, und daß dem entsprechend auch alle Himmelskörper, Sonne, Mond und Sterne eine analoge Gestalt haben. Pythagoras wird auch die Entdeckung der Planeten und hauptsächlich ihrer Umlaufzeiten und ihres eigentümlichen und verwickelten Laufes am Himmel zugeschrieben. Das Weltbild wird damit ein ganz anderes und begeistert Pythagoras zur Entwicklung der Anschauung vom Kosmos als einem nach Maß und Zahl vollständig geordneten Weltganzen. Im Mittelpunkte des Alls ruht die Erde, um welche sich die Himmelskörper, jeder an einer Kristallsphäre befestigt im täglichen Schwunge von Ost nach West drehen. Ja Schätzungen über die Entfernungen von der Erde werden schon ausgeführt. Darnach soll die Distanz Erde—Mond 126000 Stadien, die vom Monde bis zur Sonne doppelt so viel und die von der Sonne zu den Fixsternen wieder dreimal so viel betragen. Die Entfernung Erde—Fixsterne würde daraus zu

756000 Stadien, d. h. ein Stadium zu etwa 185 *m* angenommen, zu 140.000 *km* folgen. Das astronomische Unendlich, d. h. die Grenzen des Kosmos lägen also nach Pythagoras in einer Entfernung von der Erde, die 140.000 *km* beträgt.

Das erste rationelle Weltsystem, das alle Erscheinungen am Himmel umfassen und eine natürliche Erklärung aller da vorkommenden Bewegungen geben sollte, rührt von Philolaos her, einem Schüler des Pythagoras, und was seine Lebenszeit anlangt, einem Zeitgenossen Sokrates. Das Weltgebäude ist eine Kugel, deren Mitte nicht die Erde sondern das Zentralfeuer einnimmt, das wir Erdbewohner nicht sehen, da wir auf der von ihm abgewandten Seite der Erde wohnen, sondern von dem wir nur das rückgestrahlte Licht der Sonne wahrnehmen. Zehn Weltkörper, zehn entsprechend der heiligsten und vollkommensten aller Zahlen, umkreisen das Zentralfeuer, die Fixsternsphäre, die Sphären der 5 Planeten, Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur, die Sphären der Sonne und Mond und endlich die Erde und die Gegenerde. Letztere zwei bewegen sich in 24 Stunden so um das Zentralfeuer daß sie diesem stets die unbewohnte Seite zukehren und daher das Zentralfeuer wie die Gegenerde stets den Menschen unsichtbar bleibt.

So unklar hier die Ausdrucksweise ist, besonders, was das Wesen von Gegenerde und Zentralfeuer anlangt, so läßt sie doch die Deutung zu, daß Philolaos mit dem Zentralfeuer das Innere der Erde gemeint hat, und daß er die Bewohner der Gegenerde die Rolle der Antipoden der Erde spielen läßt. Dann wäre die von ihm angenommene Bewegung der Erde um das Zentralfeuer identisch mit ihrer Achsendrehung. Das Philolaische System käme daher mindestens der halben Kopernikanischen Lehre gleich und dürfte für viele spätere Astronomen Anlaß zu weiteren Entwicklungen im Kopernikanischen Sinne gegeben haben.

Was die Distanzen der Himmelskörper von der Erde in diesem System anlangt, so sind die Angaben darüber bei den verschiedenen Historikern verschieden. Nach Plinius Bericht ist als Einheit der Distanz ein Ton anzunehmen und die Distanzen der Planeten von der Erde sind dann Töne, welche den Intervallen einer musikalischen Skala entsprechen. So soll die Entfernung

Erde—Mond	1 Ton	Sonne—Mars	1 Ton
Mond—Merkur . . .	$\frac{1}{2}$ „	Mars—Jupiter . . .	$\frac{1}{2}$ „
Merkur—Venus . . .	$\frac{1}{2}$ „	Jupiter—Saturn . . .	$\frac{1}{2}$ „
Venus—Sonne . . .	$1\frac{1}{2}$ „	Saturn—Fixsterne . .	$1\frac{1}{2}$ „

betragen. Wie groß ein solcher Ton anzunehmen ist, ist ganz unbekannt, ebenso unbekannt, wie in diesen Intervallen eine musikalische Harmonie zu entdecken ist. Trotzdem wurden ähnliche Lehren und Anschauungen noch lange Jahre und Jahrtausende begünstigt. Plato entnimmt in seinem Timäus viele Teile seiner astronomischen Ideen den Pythagoräern, Cicero in seinem lesenswerten „Somnium Scipionis“ ebenso und noch Kepler fußt in vielen seiner Werke auf einem analogen Gedankengange, wenn er die Bewegungen der Planeten bezieht auf eine Skala von Tönen und halben Tönen einer Musik, deren Harmonie nur vermittels des Lichtes, d. i. in den sichtbaren Bewegungen der Planeten um die Sonne wahrgenommen werden sollen.

Mit Plato jedoch oder kurz nach Plato beginnen die Bestrebungen der Mathematiker, die Geometrie auf das Studium der Bewegungen der Himmelskörper sowie auf die Bestimmung ihrer Distanzen anzuwenden. So gibt Aristoteles in seinem Buche „Über den Himmel“ den Umfang der Erdkugel zu 400000 Stadien, d. i. ein Stadium zu 185 *m* gerechnet zu 74.000 *km* an, Archimedes dagegen in seiner Sandrechnung zu 300000 St. = 55500 *km*. Doch kann heute nicht mehr festgestellt werden, wie beide zu diesen Zahlen gekommen sind. Die erste klassische Messung des Erdumfanges und der Ruhm, hiebei richtige geometrische Methoden angewendet zu haben, gebührt dem Alexandriner Eratosthenes. Nach ihm beträgt der Erdumfang, gemessen aus Zenitdistanzen der Sonne in Alexandrien und Syene und der zu 5000 Stadien angenommenen Entfernung dieser 2 Städte 250000 St. = 46000 *km* eine Zahl, die so ziemlich das Richtige trifft (46000 statt 40000 *km*), da man offenbar an die Genauigkeit der zu ihrer Bestimmung ausgeführten Beobachtungen und Messungen keine zu großen Anforderungen stellen kann.

Der erste Versuch, auch in die Tiefe des Himmels zu dringen, rührt von Aristarch her. Seine Methode, die Dichotomie des Mondes genannt, genoß durch Jahrtausende hohen Ruf. Aristarch geht, um das Verhältnis der Distanzen Mond—Erde zu Sonne—Erde zu finden, von dem Gedanken aus, daß in dem Momente, wo die Mondscheibe genau halbiert erscheint, die 3 Punkte Sonne, Mond und Erde ein rechtwinkliges Dreieck geben, mit dem rechten Winkel an dem Monde. Aus diesem kann, wenn nur noch ein zweiter Winkel ermittelt würde, das Verhältnis von Kathete zur Hypothenuse bestimmt werden. Aristarch findet als Winkelabstand

Sonne—Mond 87° und erhält so ein Dreieck mit den Winkeln 90° , 87° und 3° , aus welchem für Kenner der Trigonometrie in einfacher Weise das Resultat folgt: „Die Entfernung Sonne—Erde ist 19mal so groß als die Mond—Erde.“ Die Zahl 19 weicht von der Wahrheit (384) sehr bedeutend ab. Dieses fehlerhafte Resultat ist hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, daß sich der genaue Zeitpunkt der Dichotomie nur schwer feststellen läßt und ein Irrtum in ihm von nur 1 Stunde den Winkel am Erdort bedeutend ändert. Es hat dieses Dreieck nicht die Winkel 90° , 87° und 3° sondern 90° , $89^\circ 50'$ und $10'$. Nichtsdestoweniger blieb die Zahl „19“ durch mehr als ein Jahrtausend geltend. Ptolemäus, das ganze Mittelalter benützte sie und erst Kepler wagte es, Zweifel gegen ihre Richtigkeit zu erheben.

Die Dichotomie gibt nur das Verhältnis der Distanzen von Sonne und Mond zu Erde. Um die absoluten Werte dieser Entfernungen zu finden, ist daher noch eine zweite Gleichung notwendig. Aristarch findet eine solche in der aus vielen Beobachtungen erschlossenen Tatsache, daß die Breite des Erdschattens in der Distanz des Mondes zweimal so groß ist als der Mond, d. h. daß also bei einer Finsternis der Mond doppelt so viel Zeit braucht um den Schatten der Erde zu durchlaufen, als eine seiner eigenen scheinbaren Größe entsprechende Strecke zurückzulegen. Doch gerade nach dieser Richtung wurde die Aristarchsche Lehre nicht weiter anerkannt. Erst Hipparch, der bedeutendste Astronom des Altertums, gieng in etwas anderer Art auf die bei Sonnen- und Mondefinsternissen vorkommenden Verhältnisse ein und diese von ihm abgeleitete Gleichung erfreute sich, wie die erste Aristarchsche, einer Jahrtausende lang andauernden Wertschätzung.

Hipparch führte zu diesem Zwecke in die Astronomie den Begriff der „Parallaxe“ ein. Man versteht darunter im Allgemeinen jeden Winkelunterschied, welcher sich zeigt, wenn man ein Objekt von 2 verschiedenen Standpunkten aus visiert. In diesem Sinne ist streng genommen die Verwendung des Begriffes der Parallaxe in der Astronomie gleichwertig dem Sehen mit 2 Augen und der auf diese Weise durchgeführten Schätzung der Entfernung des gesehenen Gegenstandes vom Auge nach der Stellung der Augenachsen. Nimmt man die Erde als ruhend an und beobachtet gleichzeitig von 2 verschiedenen Orten auf ihrer Oberfläche die Richtungen nach einem Himmelskörper, so heißt die Differenz der Richtungswinkel die tägliche Parallaxe des Sternes. Die gleiche Parallaxe

findet man, wenn man von einem Orte der Erde aus, (unter der Annahme ihrer Rotation) zu 2 verschiedenen Tagesstunden die Richtungen nach dem Sterne visiert. Dagegen folgt die jährliche Parallaxe eines Himmelskörpers, wenn man von einem Orte der Erde aus unter der Annahme ihrer Bewegung um die Sonne zu 2 verschiedenen Jahreszeiten die Beobachtung anstellt. In allen diesen Fällen erhält man nämlich ein Dreieck, von dem man die Basis d. i. die Entfernung der beiden Orte auf der Erde oder ihre Bahn in der Zwischenzeit, sowie die beiden Winkel an der Basis kennt und ist somit in der Lage, durch trigonometrische Rechnung oder direkt geometrische Konstruktion die Distanz des Gestirnes von der Erde zu bestimmen.

Aus gewissen, bei Mondesfinsternissen beobachteten Erscheinungen schließt Hipparch, daß die Summe der Parallaxe von Sonne und Mond gleich ist $60'$, während nach Aristarch ihr Verhältnis $= 19$ ist. Es folgt daher

$$\begin{aligned} \text{Parallaxe der Sonne} &= 3' \\ \text{„ des Mondes} &= 57' \end{aligned}$$

und daraus die Entfernung

$$\begin{aligned} \text{Sonne—Erde} &= 1150 \text{ Erdhalbmesser} = 7.300000 \text{ km} \\ \text{Mond—Erde} &= 60 \quad \text{„} \quad = 383000 \text{ „} \\ \text{Größe des Sonnenhalbmessers} &= 5.5 \quad \text{„} \quad = 35000 \text{ „} \\ \text{„ „ Mondhalbmessers} &= \frac{1}{3} \quad \text{„} \quad = 2100 \text{ „} \end{aligned}$$

die Größe des Erdhalbmessers zu 6380 km vorausgesetzt. Diese Zahlen sind für den Mond so ziemlich richtig, dagegen für die Sonne ganz falsch. Hier soll statt 1150 Erdhalbmesser deren: $23500 = 150000000 \text{ km}$ und statt 5.5 Erdhalbmesser deren $109 = 695000 \text{ km}$ stehen.

Nur wenig änderte Ptolemäus, der Erbe des Hipparch, an diesen Zahlen, wenn er

$$\begin{aligned} \text{Entfernung Sonne—Erde} &= 1210 \text{ Erdhalbmesser} \\ \text{„ Mond—Erde} &= 61 \quad \text{„} \end{aligned}$$

setzt. Doch schon seit den Zeiten Hipparchs mehren sich die Angaben griechischer Astronomen über die Entfernungen des Himmels von der Erde. In ihrer geistigen Regsamkeit ließen die Griechen nichts unversucht, um diesem Problem auf den Grund zu kommen. Plinius erzählt in seiner „Historia naturalis“ von diesen Versuchen und ihren Ergebnissen. Hiebei entwickelt er Gedanken, die geradezu

den modernen Beobachtungsergebnissen entsprechen. Es sei nicht unmöglich, meint er, daß es Sterne gebe, die weit größer sind als die Sonne und daß diese, in größere Distanz von der Erde versetzt, selbst nur ebenso groß erscheinen würde als jene; daß die Erde, von der Sonne aus beobachtet, nur einem Punkte gleiches und von den Sternen aus vielleicht gar nicht mehr gesehen würde; kurz, daß das Weltall eigentlich unbegrenzt und unendlich ist.

Aber alle diese Bestrebungen verschwanden vor dem Ansehen, welches Hipparch und Ptolemäus genossen, vor der Bewunderung, die dem Hauptwerk des Ptolemäus, dem Almagat, gezollt wurde. Das ganze Mittelalter hindurch wagte man es nicht an den darin niedergelegten Grundsätzen zu rütteln. Erst Kopernikus hatte die Kühnheit, dieses so absolutistisch dominierende Weltbild zu ändern und es auch sofort gründlich umzugestalten. Er entkleidete die Erde ihrer bevorzugten Stellung im Raume und setzte an ihre Stelle die Sonne als das Centrum, um das sich alle Planeten, unter ihnen auch die Erde in Begleitung des Mondes, in regelmäßigen Bahnen bewegen. „Woher wissen wir, sagt er, daß die Erde stehe und die Himmel sich bewegen, und daß nicht vielmehr das Gegenteil stattfindet? Wenn wir die unermesslich großen Distanzen der Himmelskörper in Betracht ziehen, so können wir es uns kaum vorstellen, daß diese einen so riesigen Weg in 24 Stunden zurücklegen sollen und weshalb soll sich denn das ganze Universum gerade um die winzig kleine Erde drehen?“

Die Grundlage, auf welche Kopernikus seine Lehre stützte, lag in dem Nachweise, daß bei beiden Annahmen, der geocentrisch-ptolemäischen, wie heliocentrisch-kopernikanischen die Erscheinungen der jährlichen Bewegung der Planeten ganz identisch verlaufen, daß aber die neue Annahme eine Ungleichheit dieser Bewegung (die Schleifenbildung) als durch den veränderten Standpunkt des Beobachters bedingt, verschwinden lasse und so die Erklärung der Planetenbewegung weit einfacher gestalte. Ein Einwand gegen seine Lehre blieb aber bestehen, der nämlich, daß, da die Erde sich bei ihrem Umlaufe um die Sonne stellenweise der Fixsternsphäre nähern — stellenweise wieder von ihr entfernen müsse, der Anblick des Fixsternhimmels daher zu den verschiedenen Jahreszeiten ein ganz anderer sein, kurz die Fixsterne eine jährliche Parallaxe zeigen müßten, von größerem oder kleinerem Betrage je nach ihrer Entfernung von der Erde. Es ist klar, daß auch Kopernikus dieser Einwand gegen seine Lehre nicht entging.

Nur ungern wollte er sich damit begnügen, durch sie den bloßen Nachweis erbracht zu haben, daß ihr der Vorzug der größeren Einfachheit vor der ptolemäischen zukomme, sondern wünschte für sie auch eine empirische Begründung zu erlangen und eine solche wäre eben in dem Auffinden einer jährlichen Parallaxe der Fixsterne gelegen. Da ihm dies aber nicht gelang, so schauderte er selbst vor dem Gedanken nicht zurück, die Fixsterne in eine unendliche Distanz zu versetzen, mindestens in eine solche, der gegenüber die Distanz Sonne—Erde verschwindet.

Immerhin bildete seitdem die Bestimmung der jährlichen Parallaxe der Fixsterne eine der Hauptaufgaben der beobachtenden Astronomie, deren Lösung erst Bessel 1835 glückte. Bei der riesigen Entfernung nämlich, in welcher sich die Fixsterne von der Erde befinden, ist der zu messende Winkel ein viel zu kleiner, als daß es Kopernikus sowie seinen unmittelbaren Nachfolgern mit ihren rohen und unbeholfenen Meßinstrumenten gelingen konnte, ihn seiner Größe nach zu bestimmen. Kopernikus verfügte über ein Instrument, das ihm Winkelablesungen mit einer Genauigkeit von 5' zu machen gestattete. Die größte Entfernung, in welche er daher die Sterne versetzte, war jene, in welcher der Durchmesser der Erdbahn, nach seiner Ansicht 1142 Erdhalbmesser, von den Fixsternen aus gesehen, unter einem Winkel von 5' erscheint. Sein astronomisches Unendlich betrug daher 700 Erdbahndurchmesser. Tycho de Brahe beschäftigte sich, als Gegner der Kopernikanischen Weltanschauung, ebenfalls mit parallaktischen Messungen. Die von ihm benutzten Meßinstrumente wiesen schon eine größere Genauigkeit auf. Sie gestatteten ihm Winkelablesungen bis auf 1' und, da sich auch da noch keine Parallaxe zeigte, wuchs sein Unendlich auf den fünffachen Wert an d. i. auf 3500 Erdbahndurchmesser, jeden zu 2500 Erdhalbmesser angesetzt, auf 51.700,000000 *km*.

Sowohl Kopernikus, als auch Tycho hielten noch an dem Aristarchischen Wert des Verhältnisses der Mondes- zur Sonnenparallaxe, d. i. an der Zahl 19 fest. Erst Kepler stiegen bei der Diskussion der Tychonischen Beobachtungen, die ihm die zwei ersten Hauptgesetze der Planetenbewegung lieferten, Bedenken gegen die Richtigkeit dieser Zahl auf und er sprach in den von ihm herausgegebenen Ephemeriden für das Jahr 1619 den Wunsch nach einer Neubeobachtung derselben aus. So tritt von diesem Jahre an zu dem Problem der Bestimmung der Fixsternparallaxe

als ein neues ebenso wichtiges das der Bestimmung der Parallaxen von Sonne und Mond hinzu.

Die Erfindung des Fernrohrs, die in diese Zeit fällt, seine Verwendung bei astronomischen Beobachtungen als Visiermittel, die vielfachen Fortschritte und Verbesserungen in der Konstruktion und insbesondere der Teilung der Kreise zur Winkelablesung und die mit allen diesen Hand in Hand gehende Vervollkommnung der astronomischen Beobachtungskunst befähigten die Astronomen immer mehr, diesen beiden Problemen gerecht zu werden. Wendelin, der 1650 mit einem Fernrohre auf der Insel Majorka beobachtete, fand nach der alten Aristarchschen Methode der Dichotomie des Mondes für das Verhältnis der Parallaxen von Sonne und Mond statt 19 die Zahl 229, woraus die Parallaxe der Sonne zu $14''$, jene des Mondes zu $54'$ folgt und die Entfernung Sonne—Erde auf 14700 Erdhalbmesser ansteigt. Doch wurde in der Erreichung einer größeren Genauigkeit in der Bestimmung der Sonnenparallaxe erst dann ein größerer Fortschritt erzielt, als man die Aristarchsche Methode aufgab und an ihre Stelle die der Beobachtung aus 2 Ständen setzte, vollkommen in Analogie des Sehens mit zwei Augen. Zu diesem Zwecke wurden größere Expeditionen ausgerüstet, um von 2 möglichst weit von einander liegenden Orten der Erde gleichzeitig Sonnen- und Mondbeobachtungen anzustellen. Die Expedition Richters 1672 nach Cayenne während Cassini gleichzeitig in Paris die korrespondierenden Beobachtungen machte, ist insofern interessant, als sie zuerst mit der Variation der Schwere auf der Erde bekannt machte. Sie lieferte für die Sonnenparallaxe den Wert von $9''5$ entsprechend einer Entfernung von der Erde von 21700 Erdhalbmesser. Im Jahre 1750 beobachteten Lacaille und Lalande gleichzeitig, der erstere am Kap, der zweite in Berlin. Sie erhielten Parallaxenwerte, die zwischen $8''6$ und $10''2$ liegen, entsprechend Entfernungen von 24000—20200 Erdhalbmesser. Neuere verwandte Bestimmungen geben Werte, die sich nunmehr wenig von diesen unterscheiden, Encke setzt die Parallaxe zu $8''55$ (1824), Hansen (1854) zu $8''9$, Leverrier (1861) zu $8''95$ an. Gegenwärtig wird in der Astronomie als der richtigste Wert $8''85$ angenommen und damit folgt die Distanz der Erde von der Sonne zu 23307 Erdhalbmesser gleich 148,600000 *km*.

Die erste Bestimmung einer Sternparallaxe gelang erst 1835 Bessel für den Doppelstern 61 im Sternbilde des Schwanes (61

Cygnus). Er erhielt für sie den Wert 0.37 , d. h. um daraus die Entfernung des Sternes von der Erde zu berechnen, hat man sich ein Dreieck zu denken, dessen Basis die Entfernung Erde—Sonne gleich $148,600,000 \text{ km}$ beträgt und dessen Winkel an der Spitze 0.37 mißt, oder dessen beiden anderen Seiten bis auf diesen kleinen Winkel einander parallel laufen. Für die Distanz des Sternes folgt daraus die enorme Zahl 557.470 Erdbahnhalbmesser oder $82,840,000,000,000 \text{ km}$, eine Zahl, die wie man glaubt, dadurch verständlicher gemacht wird, daß man sie in Lichtjahren ausdrückt, d. h. in Jahren, welche das Licht braucht, um diese Strecke zurückzulegen, wobei man aber nicht vergessen darf, daß das Licht selbst mit der enormen Geschwindigkeit von $300,000 \text{ km}$ in der Sekunde im Raume sich ausbreitet. Die Distanz in Lichtjahren ist 8.75 .

Seitdem haben, dem Beispiele Bessels folgend, viele andere Astronomen Parallaxen von Fixsternen gemessen. Die Beobachtungen zeigten, daß die Sterne in den verschiedensten Distanzen von der Erde sich befinden. Die größte Parallaxe zeigt der Sterne X-Centauri des südlichen Sternenhimmels im Betrage von 0.75 oder $40,868,000,000,000 \text{ km} = 4.32$ Lichtjahren. Dann kommt Aldebaran mit 0.50 oder $61,300,000,000,000 \text{ km} = 6.48$ Lichtjahren. Doch gibt es auch Sterne, deren Parallaxe 0.1 ist gleich 306 Billionen km oder 32.4 Lichtjahren und ebenso auch solche, deren Parallaxe noch unter 0.1 liegt. Durch diese Beobachtungen wuchs das astronomische Unendlich weit über jede vorstellbare Grenze hinaus, der Begriff der Sphäre verschwand und wurde ersetzt durch das unendliche All, in dem die Fixsterne als selbstständige Weltkörper verteilt sind, durch ungeheuerere Distanzen von einander getrennt.

„Das Weltenei wurde gesprengt“, um wieder wie Anfangs einen Ausdruck Fröls-Lund zu gebrauchen, „es gibt überhaupt keine Wölbung, keinen Fixsternhimmel, denn alles ist nur Raum und Kugeln, Raum und wieder Kugeln“. — Mitten unter allen diesen Kugeln befindet sich die Sonne begleitet von einem winzig kleinen Sandkorn, Erde genannt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Oppenheim Samuel

Artikel/Article: [Das Unendliche in der Astronomie 283-295](#)