

Das gegenwärtige Weltbild der Astronomie

Von D. Wattenberg.

Der gestirnte Himmel war den alten Völkern nur ein großes Theater, das für das menschliche Dasein geschaffen war. Die Vorstellungen von räumlichen Zuständen im Weltall waren durchaus primitiv, und erst erleuchteten Geistern unserer Zeit war es vorbehalten, einen Blick zu werfen in die göttlichen Werkstätten der Schöpfung. Es muß als eine Selbstverständlichkeit hingenommen werden, daß die Errungenschaften der astronomischen Wissenschaft in einem engen Zusammenhang mit den Postulaten der Physik und Chemie stehen, daß aber anderseits der Weltraum den Astronomen und Astrophysikern ein gewaltiges Laboratorium erschloß. „In der Sternenwelt haben wir das erste Mal eine Wirklichkeit, die nur einem Sinne, dem Auge, als oft unscheinbarer Eindruck zugänglich, dem Leben und Kämpfen der Menschen weit entrückt und doch zweifellos ebenso real ist wie ein Stuhl oder ein Blatt Papier.“¹ Wir wollen versuchen, einen kurzen Überblick über das räumliche Weltbild der Astronomie in der Gegenwart zu geben. Vielleicht erinnert sich mancher Leser des niedlichen Kinderliedes: „Weißt du, wieviel Sternlein stehen an dem blauen Himmelszelt?“ Aber so sehr uns auch eine präzise Beantwortung der Frage des Dichters am Herzen liegen mag, so groß wird die Enttäuschung sein, die wir am Schluß erleben werden. Wir sind uns dessen vollauf bewußt, daß die Astronomie gegenwärtig eine Krise durchmacht, und daß mancher Boden zu wanken beginnt; aber gerade deshalb soll einmal klargelegt werden, was die Astronomen in erster Linie beschäftigt. Es ist Tatsache, daß es eine Zeit gegeben hat, wo die Astronomen den Mond besser kannten als unsere Erde, und gegenwärtig herrscht wieder ein ähnlicher Zustand: wir können die fernsten kosmischen Zusammenhänge sicherer beurteilen als die nächste Umgebung des Sonnensystems.

Unsere Vorstellungen vom systematischen Aufbau des Planetensystems klammern sich in ihren Grundfesten an Namen wie Kopernikus, Kepler, Newton und ihrer Nachfolger. Kopernikus ließ die Sonne stillstehen (1543) und schuf auf diese Weise das heliozentrische Planetensystem; Kepler faßte später (1609 u. 1619) das neue System in unanfechtbare mathematische Formeln, die bis auf den heutigen Tag ihre Gültigkeit behalten haben und in den drei Keplerschen Gesetzen der planetaren Bewegung zum Allgemeingut der Wissenschaft geworden sind². Dem genialen Isaac Newton war es vorbehalten, nachzuweisen (1687), daß die Keplerschen Gesetze eine absolut notwendige Folge eines überall im Weltraum Gültigkeit besitzenden Gravitationsgesetzes sind. Diese Einsicht, daß mit Hilfe der Infinitesimalrechnung die Keplerschen Gesetze aus dem allgemeinen

¹ M. Born, Über den Sinn der physikal. Theorien (Nachr. d. Ges. d. Wissensch. Göttingen [1928/29]).

² A. Wilkens, Von Kepler zur modernen Theorie der planetaren Bewegungen (Kepler-Festschrift des Naturwiss. Vereins Regensburg [1930], S. 314).

Gravitationsgesetz als eine unbedingt notwendige Konsequenz abzuleiten sind, wurde erst möglich, als die Grundlagen zur Infinitesimalrechnung durch Leibniz und Newton geschaffen worden waren. Newton wurde daher der feste Begründer der Himmelsmechanik und brachte uns den Sternen näher.

Die Keplerschen und Newtonschen Entdeckungen vermochten allerdings die Bewegungen der Himmelskörper (Planeten) nicht restlos zu klären. Kepler ließ die Planeten elliptische Bahnen beschreiben, doch die Beobachtungen stimmten mit der Theorie nicht völlig überein, weil die gegenseitige Anziehung der Körper die gesetzmäßige Ellipse stören mußte. Der Wert dieser Störungen ist natürlich nur aus Beobachtungen zu ermitteln und läßt sich nicht auf eine einheitliche Formel bringen, so daß unter diesen Bedingungen ein ganz neuer Forschungszweig entstehen mußte, das Drei- oder Vielkörperproblem, das besonders in unsren Tagen die Astronomen wieder sehr beschäftigt. Es handelt sich dabei um ein schwieriges Problem, das für eine wahllos im Raum verteilte Anzahl von Körpern mit bekannter Geschwindigkeit, Richtung und Masse eine Formel verlangt, durch die ihre Örter zu jeder Zeit bestimmt werden können³. Die Lösung ist bis heute nicht gelungen; jedoch ist die Entwicklung der Störungstheorie so weit vorgebildet, daß auf ein bisher unbekanntes Kraftzentrum geschlossen werden kann. Auf diese Weise ist im Jahre 1846 der Planet Neptun nach theoretischen Vorausbestimmungen Leverriers gefunden worden. Eine ähnliche Folgerung aus den Störungen dieses Planeten führte in den letzten Jahrzehnten wieder zu dem unbedingten Schluß auf einen weiteren transneptunischen Planeten und schließlich 1930 zu seiner Auffindung durch V. M. Slipher⁴ an der Lowell-Sternwarte (Flagstaff, U.S.A.). In Europa ist der neue Planet (Pluto) zuerst von M. Wolf in Heidelberg und W. Münch in Potsdam gefunden worden. Die Darstellung der Bahn dieses neuen Weltkörpers begegnet aber mancherlei Schwierigkeiten⁵, so daß wir uns heute noch kein klares Bild von diesem Planeten machen können. Er wird die Größe der Erde wohl kaum erreichen. Ebenso bleibt die Frage unentschieden, ob mit diesem Körper die Grenze des Sonnensystems erreicht ist; denn es besteht die Möglichkeit, daß Pluto sogar der erste Körper eines außerneptunischen Planetenringes⁶ ist. Durch Pluto wurde unser Sonnensystem auf einen Durchmesser von 8500 Millionen Kilometer erweitert!

Die Sonne wird also von neun großen Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, Pluto) umkreist. Unendlich groß müssen die Kräfte sein, die sich im Tagesgestirn konzentrieren. Auffallend war aber schon für Kepler, daß zwischen Mars und Jupiter ein großer

³ H. Rosenberg, Die Entwicklung des räumlichen Weltbildes der Astronomie (Kieler Universitätsreden 1931, Heft 11).

⁴ Vgl. J. Dick, Pluto (Die Himmelswelt, Jg. 41 [1931], S. 122); A. v. Brunn, Ein neunter Planet (Die Sterne, Jg. 10 [1930], S. 78).

⁵ A. Wilkens, Astron. Nachdr. Bd. 240 (1930), Nr. 5741; Sitz.-Ber. d. Bayr. Akad. d. Wiss.; math. naturw. Abt. vom 10. Jan. 1931.

⁶ W. Krueger, Über Auffinden und Verhalten transneptunischer Planeten (Unsere Welt, Jg. 23 [1931], S. 180).

Zwischenraum bestand, der sich den gesetzmäßigen Anordnungen des planetaren Systems nicht anpaßte. Kepler schloß auf ein winziges Planetchen; erst dreihundert Jahre später, am 1. Januar 1801, entdeckte G. Piazzi in Palermo ein solches Planetchen, das aber wieder verloren ging und nach einem Jahre, in der Neujahrsnacht 1802, von W. Olbers in Bremen wiedergefunden wurde. Heute kennen wir zwischen Mars und Jupiter fast 2000 solcher Objekte (Planetoïden oder Asteroiden), ohne sicher entscheiden zu können, welche kosmische Bedeutung diesen Körperchen beizumessen ist⁷. Olbers sah in ihnen Teile eines zerplatzten Planeten, denn nur vier Körper haben einen Durchmesser, der 160 Kilometer überschreitet. Spätere Forscher haben Übergänge zwischen Planetoïden und Kometen festzustellen versucht, aber das mußte an verschiedenen Mängeln scheitern. Moderne Kosmologen, wie Fr. Nölke⁸, vertreten die Auffassung, daß die Körper seit der Entstehung des Planetensystems vorhanden waren. Zu bemerken ist noch, daß die meisten kleinen Planeten von M. Wolf⁹ in Heidelberg entdeckt wurden.

Wir wissen heute, daß unsere Sonne ein Stern wie jeder andere ist und sich daher als Baustein in den Bau des Weltalls einfügt. An diese Erkenntnis klammern sich unsere Anschauungen über den systematischen Aufbau der Sternenwelt. Wir sehen an klaren Abenden den Himmel mit unzähligen helleren und schwächeren Sternen übersät. Mitten hindurch zieht sich das schwachleuchtende Band der Milchstraße. Die vollständig unsymmetrisch angeordnete Sternfülle, wie sie dem laienhaften Betrachter aus der Perspektive erscheinen mag, ist aber von den Astronomen unserer Tage auf statistischem Wege in einen systematischen Zusammenhang gebracht worden, was natürlich nur auf Grund der von Bessel im Jahre 1838 entdeckten Fixsternparallaxe möglich war. Dadurch konnte der astronomischen Forschung schnell ein ungeahnter Aufschwung verschafft werden. Die Bestimmung der Parallaxe geschieht heute auf trigonometrischem Wege, und zwar von zwei verschiedenen Punkten der Erdbahn aus, die sich stets gleich bleiben. Man nennt das die „jährliche Parallaxe“. Es gibt außerdem noch die „säkulare“ und „spektroskopische“ Parallaxe. Die säkulare Parallaxe beruht auf der Eigenbewegung der Sonne, die 20 Kilometer in der Sekunde beträgt und im Jahre zwei Erdbahnhalbmesser erreicht. Die astrophysikalische Methode beruht auf modernen Erkenntnissen, wie scheinbare Helligkeit, Durchmesser und Temperatur der Sterne. Die scheinbare, unmittelbar wahrgenommene Helligkeit ist von der absoluten Leuchtkraft und der Entfernung abhängig. Wenn sich also alle Sterne in derselben Entfernung befänden, oder wenn uns ihre absoluten Leuchtkräfte bekannt wären, so wäre nichts leichter, als für jeden Stern seine Entfernung daraus zu bestimmen. Anderseits hängt die absolute

⁷ M. Wolf, Die Planeten „Kepler“ und „Ratisbona“ (Kepler-Festschr. a. a. O. 327); G. Stracke, Die kleinen Planeten (Ergebnisse d. exakt. Naturwissenschaften, Bd. 4, 1925).

⁸ Fr. Nölke, Der Entwicklungsgang unseres Planetensystems (Bonn 1930).

⁹ A. Kopff, M. Wolf und die Entwicklung der modernen Astronomie (Die Naturwissenschaften, Jg. 16 [1928], S. 501).

Helligkeit wieder von der Temperatur und der Größe der strahlenden Fläche oder dem Durchmesser des Sterns ab. Wir haben hier also wunderbare Funktionen, die der Forschung zielsichere Wege gewiesen haben. Aber immerhin ist unser Wissen von der Entfernung der Sterne noch recht fragmentarisch, denn die Zahl der direkt gemessenen Parallaxen beträgt kaum 2000¹⁰. Wir kennen daher den systematischen Aufbau des Sternsystems auch nur bis zu 5 Parsec¹¹, während darüber hinaus die Werte durchaus unsicher sind.

Als erster hat W. Herschel vor 150 Jahren versucht, die Sterne systematisch zu ordnen. Ihm standen freilich Parallaxen noch nicht zur Verfügung, doch seine Sternzählungen führten ihn zu der Überzeugung, daß das Fixsternsystem einer stark abgeflachten Linse gleicht. Von diesem Gedankengang her wurde dann später das Problem gestellt, aus der räumlichen Verteilung der Sterne und ihren absoluten Leuchtkräften ein Weltbild zu formen. Dabei ergab sich zunächst die Tatsache, daß die Sternenwelt nicht ins Unendliche reicht, sondern begrenzt ist, obgleich wir mit unseren Fernrohren gegen 3 Milliarden Sterne finden können und in Wirklichkeit wohl auf 50 Milliarden rechnen müssen. In erster Linie sind hier die Arbeiten von H. v. Seeliger, J. C. Kapteyn und K. Schwarzschild zu nennen. Schon eine flüchtige Betrachtung des Himmels lehrt eine starke Konzentration der Sternfülle zur Milchstraße hin. Die Milchstraße, die wir besonders durch die umfassenden Arbeiten von M. Wolf¹², Pannekoek¹³, Goos¹⁴ und Plaßmann¹⁵ kennen gelernt haben, umlagert das Himmelszelt fast kreisförmig, besitzt aber, wie wir später sehen werden, eine sehr komplizierte Struktur.

Um überhaupt zu brauchbaren Ergebnissen zu kommen, mußten größere Himmelsareale durchforscht und dadurch Mittelwerte der räumlichen Sternverteilung erschlossen werden. Die Milchstraße galt dabei als Symmetrieebene. Seeliger¹⁶ fand dann in Anlehnung an Herschels rohe Ergebnisse als größte Entfernung der Sterne 10 000 Lichtjahre. Er schuf so auf statistischem Wege ein Sternsystem von linsenförmiger Gestalt, in dem unsere Sonne ihren Platz nahe dem Zentrum hat und wo die Sternfülle in der Milchstraße bedeutend größer ist als an den Polen. Zu ähnlichen

¹⁰ Vgl. J. Haas, Die nächsten Fixsterne (Veröff. d. Univers.-Sternw. Berlin-Babelsberg, Bd. III, H. 3, 1923).

¹¹ 1 Parsec = 3,26 Lichtjahre = Paralaxe von 1"; ein Lichtjahr ist die in einem Jahre vom Lichtstrahl durchmessene Strecke; Lichtgeschwindigkeit = 300 000 km in der Sekunde.

¹² M. Wolf, Die Milchstraße (Leipzig 1907).

¹³ A. Pannekoek: I. Die nördliche Milchstraße (Annal. d. Sternw. Leiden XI, 3 [1920]); II. Die südliche Milchstraße (Annal. d. Bosscha-Sternwacht, Lembang [Java], II, 1 [1929]).

¹⁴ F. Goos, Die Milchstraße (Hamburg 1920).

¹⁵ J. Plaßmann, Die Milchstraße (Hamburg 1924).

¹⁶ H. Seeliger, Betrachtungen über die räumliche Verteilung der Fixsterne (I. Abh. d. Kgl. Bayer. Akademie d. Wiss., II. Kl., Bd. XIX [1898]; II. daselbst, math.-phys. Kl., Bd. XXV, 3 [1909]; III. Sitz.-Ber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., math., phys. Kl. [1912], S. 451); vgl. A. Wilkens, Hugo von Seeligers wissenschaftliches Werk (Rede in d. Bayer. Akad. d. Wissenschaft. 1927).

Ergebnissen führten die Untersuchungen von Schwarzschild und Kapteyn. Wenngleich die methodischen Prinzipien untereinander starke Abweichungen aufwiesen, so lehrte doch diese klassische Stellarastronomie ein linsenförmiges System von etwa 60 000 Lichtjahren Durchmesser in Richtung der Milchstraße und etwa 10 000 Lichtjahren senkrecht dazu. Dieses Weltbild hat sich aber nach den neuesten Forschungen nicht halten lassen; denn die Anschauung Seeligers, daß das von ihm gezeichnete System das Universum sei, oder mit andern Worten, daß alle Erscheinungen des gestirnten Himmels darin eingeschlossen seien, erwies sich als falsch. Der Einsturz dieses auf die Autorität Seeligers so fest gegründeten Weltgebäudes lag in erster Linie daran, daß man die Milchstraßenwolken falsch in Rechnung stellte. Eben durch das große Vertrauen, das man bisherigen Ergebnissen entgegen brachte, mußte das System bei den Entdeckungen der gewaltigen Entfernung der sogenannten kugelförmigen Sternhaufen¹⁷, die Seeliger als zum Sternsystem gehörig annahm, zusammenstürzen. Es ist lediglich Seeligers „typisches“ Sternsystem übrig geblieben, das wir heute „lokales“ Sternsystem¹⁸ nennen. Dazu rechnet man alle helleren Sterne (bis 12. Größe), Gasnebel, planetarische Nebel, Sternhaufen (z. B. Plejaden, Präsepe, Doppelhaufen im Perseus), veränderliche Sterne und die gewaltigen Lager dunkler kosmischer Nebelmassen¹⁹, denen besonders P. J. G. Hagen S. J. an der Vatikanischen Sternwarte seine Arbeitskraft gewidmet hat. Die hellen Sternwolken in der Milchstraße gehören nicht in das lokale Sternsystem, sondern stellen durch große Zwischenräume getrennte selbständige Wolken dar, wie wir noch erfahren werden. Aus dieser neuen Systematisierung ergab sich nach den statistischen Untersuchungen von F. H. Seares für die Sonne eine stark exzentrische Stellung zum Sternsystem. Sie stand nicht mehr im Mittelpunkte des Systems, und die genauere Analysierung des Beobachtungsmaterials führte ohnehin zu einer komplizierten Struktur der die Sonne umgebenden Fixsterne. Diese Sterne gruppieren sich auffällig in zwei Lager. Die hellen Sterne zeigen eine starke Neigung zur galaktischen Ebene, während die Symmetrie-Ebene der schwächeren Sterne fast in der Milchstraßenebene liegt. Eine strenge Trennung beider Stern-Ströme ist allerdings unmöglich, doch ergibt sich aus dem vorliegenden Material für das lokale System die Einordnung als Sternsystem in ein höheres Weltsystem. Die wahre Struktur versucht A. Pannekoek zu ermitteln, indem er das linsenförmige System fallen läßt und das lokale Sternsystem den übrigen sternreichen Wolken der Milchstraße gleichsetzt, die sich sogar in der Projektion überlagern, besonders in Cygnus und Carina. Ob diese Schlüsse der Wirklichkeit nahekommen, entzieht sich unserer Kenntnis. Sicher sind aber große Abweichungen von den Forderungen der klassischen Stellarstatistik. Vor allen Dingen ergibt sich daraus für das Milch-

¹⁷ P. ten Brugencate, Sternhaufen (Berlin 1928).

¹⁸ A. Kopff, Das Sternsystem (Müller-Pouilletts Lehrbuch der Physik, Bd. V, 2 [1928]).

¹⁹ D. Wattenberg, Die dunklen kosmischen Nebelwolken (Stimmen der Zeit, Bd. 121 [1931], S. 131).

straßensystem eine komplizierte Struktur. Die Milchstraße ist nicht mehr ein Band von Sternen, sondern erweist sich als ein mächtiges räumliches Gebilde, das im Zusammenhang mit den riesigen Sternwolken die Form einer Spirale hat. Wir werden sehen, wie weit diese Hypothese durch die moderne Forschung bestätigt werden konnte. Die Astronomen schieden das Milchstraßensystem nach den Arbeiten H. Shapleys in das engere und das höhere galaktische System. Das engere galaktische System umfaßt das Milchstraßensystem in der oben gezeichneten Weise, wo sich alle Objekte in einem einheitlichen Entferungsrahmen halten, während sich im höheren galaktischen System, weit außerhalb der Galaxis, kugelförmige Sternhaufen, nichtgalaktische Nebel und die Magellanschen Wolken zusammendrängen. Diese Gebilde gehörten ursprünglich in das Seeliger-Kapteyn-Universum, aus dem sie wegen ihrer großen Distanz ausscheiden mußten. Ihre Entfernungen ergaben sich aus einer wunderbaren Entdeckung. Es fallen am Himmel eine Anzahl von Sternen auf, die ihr Licht eigenartig wechseln. Der Anstieg zum Maximum der Helligkeit geht schneller vor sich als der Abstieg zum Minimum, so daß ihre Periode zwischen 3 Stunden und 50 Tagen schwankt. Solche Sterne, die man Delta-Cephei-Sterne nennt, wurden von Miß Leavitt (Harvard-Sternwarte) in größerer Zahl in den Magellanschen Wolken²⁰, die sich nahe dem Südpol abseits der Milchstraße befinden, entdeckt. Sie sind physisch mit den Wolken verbunden und haben daher auch dieselbe Entfernung, wodurch ein Schluß auf ihre absolute Leuchtkraft ermöglicht wird. „Die absolute Leuchtkraft der Delta-Cephei-Sterne steht aber im engsten Zusammenhang mit den Perioden des Lichtwechsels; je länger die Perioden, um so größer sind die absoluten Leuchtkräfte.“²¹ Aus dieser absoluten Leuchtkraft läßt sich dann ganz einfach die Entfernung ermitteln. Die spätere Auffindung solcher Sterne in den Kugelsternhaufen führte ebenfalls zu gewaltigen Entfernungen vom Sternsystem: sie schwanken zwischen 33 000 und 185 000 Lichtjahren. Die Magellanschen Wolken sind 110 000 Lichtjahre entfernt. Wenngleich die gewaltigen Entfernungen solcher Objekte ihre kosmische Bedeutung für das Milchstraßensystem unklar lassen, so gehören sie physisch zu ihm.

Wir kennen bis jetzt 93 kugelförmige Sternhaufen. Diese Gebilde zeigen eine starke zentrale Verdichtung, die aus Hunderttausenden, ja aus Millionen einzelner Sterne bestehen mag. Noch vor wenigen Jahren waren sie ein unerforschtes Gebiet; aber die ungeahnte Entwicklung der Methoden zur Entfernungsbestimmung führte dann schließlich dazu, auf Grund der systematischen Anordnung dieser Systeme den Mittelpunkt des höheren galaktischen Systems zu bestimmen. Es ist nämlich eine auffallende Erscheinung, daß die Kugelsternhaufen in der nördlichen Milchstraße gänzlich fehlen, während sie in der südlichen Milchstraße beide Ränder umsäumen, so daß in dieser Richtung auch der Mittelpunkt der Milchstraßenwelt zu vermuten war. Das hat sich in der Tat bestätigt. H. Shap-

²⁰ D. Wattenberg, Die Magellanschen Wolken (Astron. Nachr., Bd. 237 [1930], S. 401, und Die Naturwissenschaften, Jg. 18 [1930], S. 696).

²¹ H. Rosenberg a. a. O. S. 22.

ley²² fand im Sternbild des Schützen einen Punkt, auf den sich alle Bewegungen des Milchstraßensystems zu konzentrieren schienen; daher mußte in dieser Gegend der Mittelpunkt des Systems liegen. Es handelt sich um eine sternreiche Gegend, das Zentrum ist 50 000 Lichtjahre entfernt. Das Ergebnis hat natürlich viel Aufsehen erregt, besonders die Behauptung, daß der wahre Mittelpunkt durch dunkle Wolken verhüllt sei. Aber einer entscheidenden Tatsache haben die Astronomen zu wenig Beachtung geschenkt: alle Ergebnisse beruhten auf der Voraussetzung einer absoluten Durchsichtigkeit des Weltraums und schlossen absorbierende Wirkungen dunkler Materie gänzlich aus. Man hat allen Anregungen, hier prüfend anzugreifen, zu wenig Beachtung geschenkt²³, selbst dann noch, als es P. Hagen gelang, sogar am Fernrohr solche Massen nachzuweisen. Es scheint gegenwärtig kaum noch Zweifel daran zu bestehen, daß tatsächlich unser Ausblick in den Weltraum durch dunkle Massen versperrt ist, daß aber dort, wo sich die Magellanschen Wolken und die Kugelsternhaufen befinden, ein absolut klarer Untergrund besteht und die „Sicht“ durch keine Absorption getrübt wird. Es ist eine wichtige Aufgabe für die Astronomen unserer Zeit, die Fragen der interstellaren Absorption restlos zu klären und nicht auf den Trümmern des stürzenden Weltgebäudes nochmals wankende Mauern zu errichten.

Außerhalb der galaktischen Welt gibt es eine große Anzahl nebliger Gebilde, die von der photographischen Platte in mächtige Spiralen aufgelöst werden. Zunächst war ihre kosmische Stellung völlig rätselhaft. Herschel hielt sie für ferne Sternsysteme; erst 1900 gelang es J. Scheiner²⁴ in Potsdam, bei dem berühmten Spiralnebel in der Andromeda²⁵ ein reines Fixsternspektrum nachzuweisen und damit diesen Nebel zu einem Sternsystem in unermesslicher Ferne zu erheben. Mit aller Energie sind dann die Astronomen zur Lösung dieser weittragenden Fragen geschritten, wobei wiederum das Auftauchen veränderlicher Sterne die ersten Weisungen gab. So fand man für die beiden größten Spiralnebel im Triangulum und in der Andromeda Entfernungen von 850 000 und 900 000 Lichtjahren. Als Durchmesser der beiden gewaltigen Systeme ergaben sich 15 000 und 45 000 Lichtjahre, womit sie der Größenordnung des Milchstraßensystems gleichkommen. Daher war die Annahme berechtigt, sie als selbständige Sternsysteme hinzustellen. Diese Hypothese gewann noch an Wert, als Easton auch die Milchstraße für einen „Spiralnebel“ hielt und sie den kosmischen Spiralnebeln gleichstellt. Als dann im Jahre 1925 der amerikanische Astronom Hubble am 100zölligen Spiegelteleskop der größten Sternwarte der Welt, des Mount-Wilson-Observatoriums (Kalifornien), die Spirale des Andromedanebels photographisch in einzelne Sterne auflösen konnte, waren die letzten Zweifel an der Realität der Spiralnebel als selbständige Milchstraßensysteme, für die sie ja auch schon

²² H. Shapley, Der Mittelpunkt des Weltalls (*Unsere Welt*, Jg. 22 [1930], S. 97).

²³ H. Kienle, Die Absorption des Lichtes im interstellaren Raum (*Jahrbuch der Radioaktivität und Elektrotechnik*, Bd. 20 [1923], S. 1).

²⁴ J. Scheiner, *Populäre Astrophysik*, 2. Aufl. (1912), S. 616.

²⁵ D. Wattenberg, Der Andromedanebel (*Das Weltall*, Jg. 29 [1930], S. 142).

ältere Astronomen gehalten hatten, verschwunden, und heute gehört diese Erkenntnis zum eisernen Bestand der astronomischen Wissenschaft.

Wir kennen jetzt schätzungsweise zwei Millionen Spiralnebel. Damit wächst natürlich der Weltenraum zu einer unfaßbaren Weite, wo unsere gesetzmäßigen Folgerungen wankend werden und wo wir nur noch ahnend vorwärts tasten. Die moderne Forschung hat aber auch hier bahnbrechend Ordnung geschaffen. Schon M. Wolf in Heidelberg hatte auf die Existenz von Nebelhaufen an verschiedenen Stellen des Himmels aufmerksam gemacht. Später haben andere Astronomen weitere Objekte dieser Art entdeckt, bis man dann endlich erkannte, daß sich an solchen Stellen in gewaltiger Entfernung zahlreiche Spiralnebel zu dichten Haufen zusammenballen. In einem Haufen in den Sternbildern Coma und Virgo fand H. Shapley 2775 einzelne Spiralnebel, wodurch die Vermutung bekräftigt wurde, daß diese Anordnung durchaus systematisch sei, also daher von Zufall nicht gesprochen werden könne. Wir haben hier nach den neuesten Forschungen eine physisch verbundene Gruppe von fernen Weltsystemen höherer Ordnung vor uns, für die Shapley Entfernungen zwischen 10 Millionen und 170 Millionen Lichtjahren fand. Der Durchmesser dieses Coma-Virgo-Haufens läßt sich auf 2 Millionen Lichtjahre ansetzen, während für die Einzelglieder der Gruppe Durchmesser von der Größenordnung der Spiralnebel (5000—25 000 Lichtjahre) gefunden wurden. Ein anderer bedeutungsvoller Nebelhaufen wurde von W. Baade²⁶ in Hamburg entdeckt. Er steht im Sternbild des Großen Bären und weist 300 Mitglieder auf, die durchschnittlich 100 Millionen Lichtjahre entfernt sind. So gibt es noch eine ganze Reihe solcher ferner Weltsysteme; aber überall, vom Atombau²⁷, dem Mikrokosmos, bis hinauf zu den gewaltigsten Systemen des Weltalls, verrät sich eine weise schöpferische Ordnung.

Die bedeutungsvollen, uns an die Grenzen menschlicher Erkenntnis tragenden Entdeckungen führten allmählich zu einer Revision der hypothetischen Spiralstruktur des Milchstraßensystems, denn es ergaben sich für einzelne Milchstraßenwolken Durchmesser, die den Werten bei den Spiralnebeln ähnlich sind. Da wir uns aber im tiefsten Innern einer Sternwolke befinden, konnte sich die wahre Gestalt unseres Weltsystems den Blicken der Astronomen entziehen, bis es H. Shapley wagte, hinter den Schleier zu blicken. Gestützt auf die Entdeckung der Spiralnebelnester, kam er in seinen Arbeiten zu der Überzeugung, daß die Milchstraße kein singuläres Gebilde ist, sondern eine Spiralnebelgruppe bildet, in der sich die einzelnen Wolken zu durchdringen scheinen. Wir haben hier also ein sogenanntes „Übermilchstraßensystem“ von durchaus komplizierter Struktur vor uns, für das H. Shapley einen Durchmesser von 250 000 Lichtjahren angibt, so daß unser Weltsystem den fernsten Nebelhaufen ebenbürtig an die Seite tritt. Dieser Hypothese ist freilich widersprochen

²⁶ W. Baade, Über einen bemerkenswerten Nebelhaufen in Ursa major (Mitteil. der Hamburger Sternwarte Bergedorf, Bd. VI [1928], Nr. 29, S. 98).

²⁷ A. Steichen S. J., Das Geheimnis des Mikrokosmos (Stimmen der Zeit, Bd. 120 [1931], S. 425).

worden, jedoch im großen und ganzen scheint ihr der größte Wahrscheinlichkeitswert beizulegen zu sein.

Die Betrachtung der Spiralstruktur lehrt, daß diese „Nebel“ auch rotieren. Beispielsweise beträgt die Rotationsgeschwindigkeit bei einem Spiralnebel in Triangulum 270 Kilometer in der Sekunde, was eine Umdrehung in etwa 20 Millionen Jahren entspricht. In neuerer Zeit sind auch Untersuchungen über die Rotation der Milchstraßenwelt angestellt worden. Wenngleich die vorliegenden Ergebnisse von Ort, Lindblad, Freundlich - v. d. Pahlen²⁸ und Bottlinger²⁹ noch keine absolut sicheren Werte ergeben, erhellt aus diesen Arbeiten wenigstens die Möglichkeit eines großen Rotationseffektes, der, wenn die Deutung richtig ist, auf eine vollständige Rotation des Milchstraßensystems in 300 Millionen Jahren hinweist.

Viel wichtiger aber ist die Entdeckung der Eigenbewegungen jener Systeme. Bei den meisten Spiralnebeln ergaben die Spektren eine Linienverschiebung, in der sich nach dem Doppler-Prinzip nur eine hohe, im Visionsradius erfolgende Geschwindigkeit des Nebels verraten konnte. Wolf³⁰ fand für den Andromedanebel, daß dieses Weltsystem mit einer Radialgeschwindigkeit von 350 Kilometern in der Sekunde auf uns zueilt. Die meisten Nebel vergrößern aber ihren Abstand von uns, und zwar nimmt die Geschwindigkeit mit wachsendem Abstand für den einzelnen Nebel rasch zu und steigt schließlich bei dem Nebelhaufen in Ursa major auf einen Wert von 11500 Kilometer in der Sekunde. Diese, alle Erfahrungen übertreffenden Geschwindigkeiten drängen dem kritischen Betrachter Zweifel auf, ob die aus dem Doppler-Effekt gezogene Folgerung für jene Nebelwelten wirklich als Radialgeschwindigkeit gedeutet werden kann. Wird sich nicht doch eine andere Tatsache hinter falschem Mantel verbergen? Wir müssen abwarten, wie sich diese Fragen in Zukunft klären werden. Die Anwendung des Doppler-Prinzips bei einzelnen Sternen mag Berechtigung haben, jedoch scheint der Effekt bei außergalaktischen Nebeln ursächlich anders begründet zu sein. Der belgische Astronom Lemaitre³¹ deutet die Linienverschiebung im Nebelspektrum so, daß die Nebel vollständig stillstehen. Dagegen ist der Raum in ständiger Ausdehnung begriffen. Dabei werden die Spiralnebel wie Staubmassen auf der Oberfläche einer sich aufblähenden Seifenblase mitgeführt, wodurch sich ihre Abstände fortgesetzt ändern. A. Einstein³² hat neuerdings die Welt mit einer platzenden Granate verglichen. Alles ist in Expansion begriffen, wie die Forschung ja tatsächlich lehrt, und Einstein glaubt,

²⁸ E. v. d. Pahlen u. E. Freundlich, Versuch einer dynamischen Deutung des K-Effektes sowie der Bewegungen im lokalen Sternsystem (Publik. d. Astrophys. Observatoriums Potsdam, Bd. 26 [1928], Nr. 3).

²⁹ K. F. Bottlinger, Die hellen Sterne und die Rotation der Milchstraße (Veröffentlichung d. Univers.-Sternwarte Berlin-Babelsberg, Bd. VIII [1931], Heft 5).

³⁰ M. Wolf, Jahresbericht d. Sternwarte Heidelberg (Vierteljahrsschr. d. Astron. Gesellsch., Jg. 49 [1914], S. 162).

³¹ F. v. Krbek, Lemaitres Auslegung der Korrelation von Hubble (Die Himmelswelt, Jg. 41 [1931], S. 147).

³² Die Welt als Granate (Vossische Zeitung, Nr. 64 vom 17. März 1931).

diese Folgerung auch aus den Postulaten der allgemeinen Relativitätstheorie ziehen zu dürfen. Auch hier müssen wir weitere Erkenntnisse von den Forschungen der Zukunft abhängig machen. Zu bemerken ist aber noch, daß nach neueren Untersuchungen von L. Courvoisier³³ für das Milchstraßensystem eine Translationsgeschwindigkeit von 800 bis 1000 Kilometer in der Sekunde anzunehmen ist. Wie sich diese Resultate, die heute noch auf viel Widerstand stoßen, weiter entwickeln werden, muß abgewartet werden. Während wir aber forschend vorwärts stürmen, wächst der Weltraum immer mehr. Weiter als je liegt er mit seiner Uferlosigkeit vor uns, und nur tastend versuchen wir, festen Fuß zu fassen.

Das ist in groben Zügen das räumliche Weltbild der Astronomie, wie es die Sternforscher unserer Tage enthüllen. Wir haben das Universum kennen gelernt als einen gewaltigen Organismus, in dem ehrne Gesetze herrschen. Je weiter und tiefer uns die astronomische Forschung in den Weltraum hinausträgt, und je glanzvoller sich die Wunder der Schöpfung vor uns enthalten, um so größer muß unser Erstaunen werden vor der Größe und Gewalt des Schöpfers, eines allmächtigen Gottes, der alle diese Dinge in weise Bahnen lenkt. „Die Himmel erzählen die Herrlichkeit Gottes, und das Firmament verkündet die Werke seiner Hände!“³⁴ Der Mensch steht letzten Endes immer wieder vor unlöslichen Rätseln, ehrfürchtig fällt er vor seiner eigenen Forschung in die Kniee und wagt kaum aufzusehen zu den Wundern der göttlichen Schöpfung, denen er so plötzlich den hüllenden Schleier entriß. Wenn wir versuchen, die eingangs gestellte Frage nach der Anzahl und Vielheit der Welten und Sterne zu beantworten, so müssen wir auch jetzt noch unsere Unwissenheit bekennen; nur „Gott der Herr hat sie gezählt, daß ihm auch nicht eines fehlet an der ganzen großen Zahl“.

Jugenderinnerungen

Von Erich Wasmann S. J. († 27. Februar 1931).

IV.

Mit zehn Jahren — im Herbst 1869 — kam ich auf das Gymnasium in Meran, das von Benediktinern geleitet wurde, dann, als ihnen 1873 vorübergehend das Obergymnasium entzogen wurde, nach Hall an das Franziskanergymnasium. Im ersten Semester meiner Gymnasialstudien in Meran schnitt ich schlecht ab, weil ich mehr den Schmetterlingen als den lateinischen Vokabeln nachlief. Mein Vater, der den Ehrgeiz in mir wecken wollte, verspottete mich deshalb als einen dummen und faulen Jungen. Das half besser, als alle Prügel es vermocht hätten. Im zweiten Semester desselben Jahres war ich bereits der fünfte, im folgenden Jahre

³³ L. Courvoisier, Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther (Astron. Nachr., Bd. 226 [1926], S. 242; Bd. 230 [1927], S. 428; Bd. 234 [1928], S. 138; Bd. 237 [1930], S. 337; Physikalische Zeitschr. 1927, S. 674; Die Umschau 1928, Heft 6; „Scientia“, März 1930, S. 166); D. Wattenberg, Die Bewegung der Erde im Weltraum (Unsere Welt, Jg. 22 [1930], S. 101).

³⁴ Psalm 18, 1.