

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Kopernikus-Gedenkstunde zum 400. Todestag des  
Schöpfers unseres Weltbildes**

**Weigel, Rudolf G.**

**Karlsruhe, 1943**

[Rede]

[urn:nbn:de:bsz:31-139828](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-139828)

## Eröffnungsansprache des Rektors

Verehrte Gäste!

Meine Damen und Herren!

Liebe Kameraden!

Zum zweiten Male in diesem gewaltigen Schicksalskampf um Deutschlands Freiheit und Größe und um die Verteidigung der arisch-abendländischen Kultur gegen jüdische Barbarei haben wir Anlaß, einer kulturellen Großtat aus deutschem Geist zu gedenken. Im Vorjahr\*) gedachten wir des 100jährigen Bestehens des Gesetzes von der Erhaltung der Energie, das der Heilbronner Arzt Dr. Robert Mayer erstmals erkannte und aussprach, und das für die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik von schlechthin entscheidender Bedeutung gewesen ist und immer sein wird. Heuer aber jährt sich zum 400. Male die Bekanntgabe der Lehre von den Kreisbewegungen unseres Sonnen-Planeten-Systems, jener Erkenntnis, die der Thorner Astronom Nikolaus Kopernikus, der Zeitgenosse Luthers, im Jahre 1543 in Nürnberg der Weltöffentlichkeit übergab, und die zu den größten Konzeptionen der Menschheitsgeschichte gehört.

Die kopernikanische Tat löste das, zunächst für unumstößlich gehaltene, ptolomäische Weltbild von der beherrschenden Mittelpunktstellung der Erde ab und rückte die Sonne ins Zentrum unserer Welten. Wenn man bedenkt, daß die ptolomäische Anschauung geradezu zum geheiligten Dogma geworden war, dann begreift man, daß die Schrift des Kopernikus: „De revolutionibus“ (d. i. „Von den Kreisbewegungen“) fürwahr „revolutionierend“ wirken mußte, und zwar nicht nur in der astronomischen Fachwelt, sondern mehr noch auch in geistigen und weltanschaulichen Regionen. Man hatte in gewissen Kreisen Grund zu befürchten, daß die Entthronung der geozentrischen Position der Erde auf eigene — wenn das Wortspiel erlaubt ist — egozentrische geistige und politische Machtpositionen erschütternd rückwirken könnte. Die Wahrheit des Kopernikus aber setzte sich, wenn auch erst in mehr als hundertjährigem Ringen, letztlich doch gegen alle Widerstände, auch gegen kirchliche Dogmenstarre und päpstliches Verdammungsurteil, sieghaft durch. Mutige Streiter der Wissenschaft, wie der große Deutsche Johannes Kepler und der große Italiener Galileo Galilei, führten das Werk weiter und bauten es aus. Kopernikus selbst war kurz nach Erscheinen seines epochalen Buches verstorben, so daß er die persönlichen Bitterkeiten eines von der Gegenseite mitunter recht gehässig geführten Streites nicht länger zu erdulden brauchte. Seine un-

\*) Vgl. „Karlsruher Akademische Reden“, Nr. 21, 15. Mai 1942

sterbliche Schöpfung hat ihn in die Reihe der ganz großen Heroen des Geistes einrücken lassen. Wir Deutsche sind stolz und dankbar, daß dieser Große einer der Unsern war.

Eine feindliche Umwelt aber mißgönnte uns diesen Genius, und vor allem polnische Überheblichkeit und Anmaßung machte den grotesken Versuch, Kopernikus für sich zu beanspruchen. Man tut diesem dumm-dreisten Beginnen fast zuviel Ehre an, wenn man sich heute noch mit ihm auseinandersetzt. Immerhin sei auch beim gegenwärtigen Anlaß noch einmal mit Nachdruck festgestellt:

Nikolaus Koppernick entstammt väterlicher- wie mütterlicherseits aus eindeutig deutschen Geschlechtern.

Sein Geburtsort Thorn, auf den die polnischen Ansprüche sich beziehen wollten, war eine deutsche und der Hanse zugehörige Stadt, in der erst 200 Jahre später mit dem sogenannten „Thorner Bluturteil“ des Jahres 1724 polnischer Einfluß Macht gewann.

Kopernikus hat als Domherr zu Frauenburg mit Entschiedenheit gegen alle polnischen Ambitionen mannhaft und erfolgreich Front gemacht.

Kopernikus hat sich nur der deutschen Muttersprache bedient. Seine wissenschaftlichen Arbeiten schrieb er nach damaliger Regel im Gelehrtenlatein. Eigenhändige Briefe von ihm sind nur in deutscher Sprache überliefert, aber keine einzige polnische Zeile aus seiner Hand wurde je gefunden.

Während seines Bologneser Studiums gehörte Kopernikus mit ausgesprochen politischer Betonung einer deutschen Landsmannschaft an.

Kopernikus dachte und schuf nur und ganz aus deutschem Geist. Wenn es hierfür noch eines Beweises bedurfte, so würde er in seinem Lebenswerk, das er fast 30 Jahre wachsen und reifen ließ, und das ein klassisches Beispiel deutscher wissenschaftlicher Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit darstellt, in geradezu überwältigender Eindringlichkeit zu erblicken sein.

Nikolaus Kopernikus ist deutsch und nur deutsch nach Blut und Geist und Haltung. — —

Der Festvortrag der heutigen Gedenkstunde soll dem Werk dieses großen Deutschen und zugleich der aus kopernikanischem Geist geborenen und bis zu den jüngsten Erkenntnissen heraufführenden Entwicklung astronomischer Wissenschaft gewidmet sein.

## Von der Welt des Kopernikus bis in die Fernen der Spiralnebel.

Ein Blick in die Entwicklung der modernen Himmelskunde.

Von Franz Wolf.

Kopernikus! In welcher großen Zeit geistigen Aufbruchs versetzt uns dieser Name. Die mittelalterlichen Fesseln werden gesprengt, überall regen sich gewaltige Kräfte und geben der Welt ein anderes Gesicht. Kolumbus entdeckt den neuen Erdteil, Magalhaes umsegelt die Welt. Das Rittertum unterliegt den Feuerwaffen. Die Kunst blüht auf, Männer wie Raffael und Michelangelo, Albrecht Dürer, Tilman Riemenschneider und Veith Stoß schaffen ihre unsterblichen Werke. Martin Luther und die anderen Reformatoren erneuern das Christentum, die eben erfundene Buchdruckerkunst trägt die Luthersche Bibel ins Volk. Johann Reuchlin, Erasmus von Rotterdam, Ulrich von Hutten und all die andern Humanisten finden den Weg zum klassischen Altertum und heben daraus Schätze für ihre Zeit. Die Naturwissenschaften erwachen. Martin Behaim, der Geograph, entwirft den ersten Erdglobus. Parazelsus begründet die moderne Heilkunst. Leonardo da Vinci schafft neben allen künstlerischen Leistungen Kriegsmaschinen, Befestigungswerke und versucht sich an den Geheimnissen des Fliegens. — Und Kopernikus entdeckt die wahre Gestalt unseres Planetensystems!

Von einem Hügel blickt noch heute die alte ermländische Bischofsburg über die wenigen Häuser des Städtchens Frauenburg hinaus auf die glänzende Weite des Stillen Haffs. Zu diesem Domkapitel gehörte Kopernikus seit dem 22. Lebensjahr, von 1495 an. Hier im nordwestlichen Eckturm des Domhofes trieb er seine Studien. Hier beobachtete er die Gestirne und entrang ihnen die Wahrheit über ihre Bewegungen. — Aber er war kein Einsamer, der sich von den Geschehnissen der Welt absonderte. Ein außerordentlich kluger und vielseitig gelehrter Mensch, stellte er sein ganzes Können den Interessen seines Kapitels und seines Landes zur Verfügung (Abb. 1).

Schon von 1491 an bis zu seinem Eintritt in Frauenburg hatte er in Krakau Mathematik und Sternkunde studiert. Nicht lange litt ihn danach sein Wissensdurst in der Behaglichkeit Frauenburgs. Von seinem Domkapitel erhielt er Urlaub und Mittel zu mehreren längeren Studienaufenthalten in Italien. Bis gegen die Jahrhundertwende widmete er sich in Bologna dem Studium des geistlichen Rechts. Besonders fruchtbar wurde der Umgang mit verschiedenen Astronomen, die ihn vor allem in den Bannkreis des allzufrüh verstorbenen großen Wiener Gelehrten Joh. Müller, genannt Regiomontanus, zogen. Mit dessen Beobachtungsmethoden und Ansichten wurde er bekannt und begann selbst, einfache Himmelserscheinungen zu beobachten. — Um 1500 finden wir ihn in Rom, wo er schon ehrenvoll aufgenommen und vorübergehend mit einer Professur der Mathematik betraut wird, und in späteren Jahren studierte er in Padua auch noch Medizin.

Es ist verständlich, daß der vielgereiste, gelehrte Mann auch zu Hause unter seinen Amtsgenossen bald eine hervorragende Stellung einnahm. Wo tiefere Kenntnisse nötig waren, wo es besonderer Umsicht bedurfte, da holten der Bischof und sein Kapitel gern seinen Rat ein. Er begleitete den Bischof zu den preußischen Landtagen und polnischen Reichstagen, später vertrat er ihn dabei überhaupt selbständig und half mit im Kampf gegen das Eindringen polnischen Einflusses nach Ermland. Er war Kanzler des Frauen-



Abb. 1. Nikolaus Kopernikus

burger Domkapitels, vorübergehend auch Landpropst auf der Burg zu Allenstein. Er wurde als Sachverständiger für die Regulierung des preußischen Münzwesens gehört und verfaßte ein Gutachten dazu. Und weithin drang sein Ruf als Arzt. Selbst der erste Herzog Albrecht von Preußen ließ ihn mehrmals nach Königsberg an das Krankenlager seines Freundes Georg von Kunheim bitten.

Mit demselben Weitblick, mit dem Kopernikus dem Leben gegenüberstand, ging er auch an die Probleme der Wissenschaft heran. Die Astronomie wurde damals durch die Lehre des Alexandriners Ptolemäus verkörpert, die dieser in der Mitte des 2. Jahrhunderts n. Chr., zum großen Teil gestützt

auf Beobachtungen seines Vorläufers Hipparch, in dem berühmten Werk des Almagest niedergelegt hatte und die von da ab für über tausend Jahre als unumstößliche Wahrheit anerkannt blieb. Den Inhalt bildeten die tägliche Bewegung des Himmelsgewölbes, der Lauf von Sonne und Mond und die damit zusammenhängenden Finsternisse und schließlich die eigenartigen Bahnen der Planeten, die bald nach Osten und dann wieder rückläufig nach Westen ziehen und dabei am Himmel merkwürdige Schleifen beschreiben.

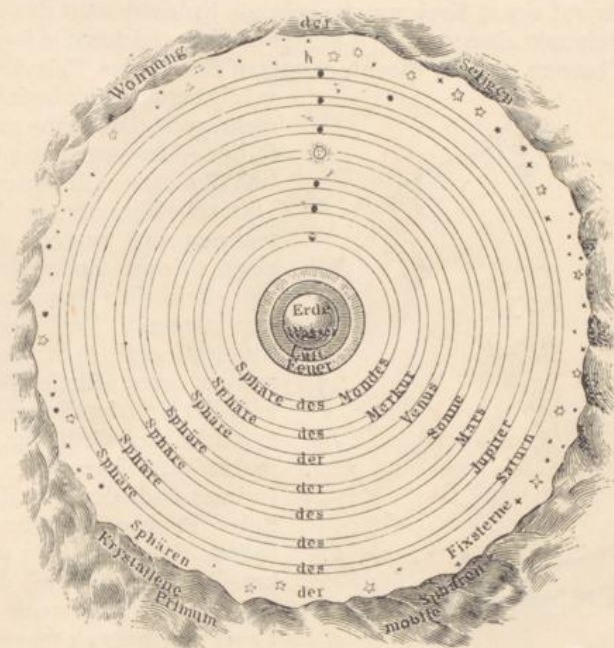


Abb. 2. Das Ptolemäische Weltsystem

Die Deutung dieser Erscheinungen suchte Ptolemäus in folgenden Grundsätzen:

1. Die Erde ist eine Kugel. Sie ruht bewegungslos im Mittelpunkt der Himmelssphäre.
2. Alle übrigen Himmelskörper bewegen sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit auf Kreisen.

Die Grundlage für diese letztere merkwürdige Behauptung ist rein philosophischer Art, indem man den Kreis für die vollkommenste ebene Figur hielt und himmlische Bewegungen die vollkommensten sein sollten. — Zunächst beschreiben hiernach (Abb. 2) alle Fixsterne Kreise, indem sie

fest an die riesige Himmelskugel geheftet sind und sich mit ihr im Laufe eines jeden Tages einmal um den Mittelpunkt Erde ganz herumdrehen. Innerhalb dieser Himmelskugel führen Sonne, Mond und die Planeten unabhängige Kreisbewegungen um die Erde aus. Der Erde am nächsten kreist der Mond, dann folgen in wachsendem Abstand Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn.

Die schleifenartigen Wege der Planeten konnten allerdings mit diesen Grundvorstellungen nur in verwickelter Weise gedeutet werden (Abb. 3). Man mußte auf einem Kreis um die ruhende Erde zunächst den geometrischen Mittelpunkt eines zweiten kleineren Kreises gleichmäßig fortwandern und den Planeten erst auf diesem bewegten Kreis, dem Epizykel, gleich-

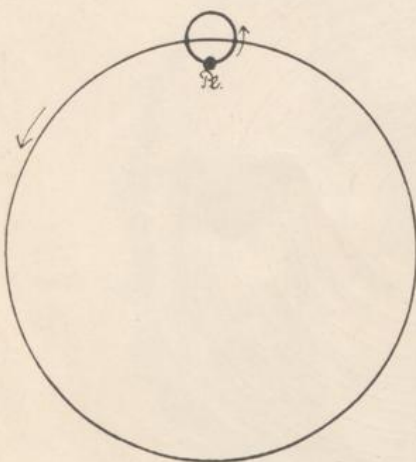


Abb. 3. Epizykelmechanismus

mäßig herumlaufen lassen. — Aber mehr noch. Die schon recht sorgfältigen Messungen von Hipparch und Ptolemäus förderten feinere Unregelmäßigkeiten in der Planetenbewegung zutage, die durch einen solchen Epizykelmechanismus allein nicht darstellbar waren. Zur weiteren Verfeinerung des Systems griff man zu Grundkreisen, deren Mittelpunkte außerhalb der Erde lagen, und zu Epizykeln höherer Ordnung, die nochmal auf dem obigen ersten Epizykel rotieren und selbst erst die eigentliche Planetenbewegung tragen sollten. So entstand ein ungeheuer kompliziertes System, das wenig befriedigte. Aber wenn auch im Laufe von mehr als tausend Jahren

mancher Einwand und mancher Abänderungsvorschlag laut wurde, vor allem von seiten arabischer Gelehrter, so fand man sich doch immer wieder im wesentlichen mit ihm ab, da die Sternforscher ohne dieses Gedankengebäude offenbar nicht in der Lage waren, die für die Schifffahrt und andere Zwecke so notwendigen Vorausberechnungen der Himmelserscheinungen zu leisten. Von irgendeinem wirklichen Verständnis der Vorgänge konnte keine Rede sein.

Wie weit war aber nun die Ptolemäische Lehre wirklich imstande, wenigstens zuverlässige Vorausberechnungen zu geben? Der erste, der diese Frage ernsthaft angriff und durch Beobachtungen prüfte, war Regiomontanus. Er kam zu der Überzeugung, daß nicht nur die alten Planetentafeln schlechte Vorausberechnungen lieferten, sondern daß vor allem die Lehre selbst mangelhaft sein müsse. Er plante daher — als einer der ersten wirklichen

Naturforscher —, selbst große Beobachtungsreihen durchzuführen und danach die Lehre zu verbessern. Auch betonte er schon die hervorragende Bedeutung der Sonne gegenüber den Planeten. — Sein früher Tod hat seine Pläne vereitelt.

Aber Kopernikus erfuhr in Bologna von diesen Dingen und wurde von ihnen offenbar so beeindruckt, daß er sie aufgriff. Seine Lebensaufgabe ist es geworden, durch unermüdliche Beobachtung, Rechnung und Gedankenarbeit das zu finden, was Regiomontan gesucht hatte. Sein Werk „De Revo-

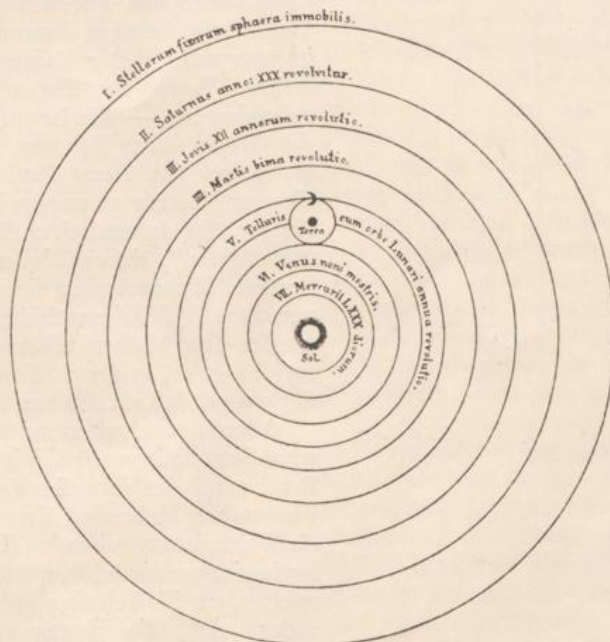


Abb. 4. Das System des Kopernikus

lutionibus Orbium Caelestium Libri VI“, „Über die Kreisbewegungen der Weltkörper“, das 1543 in Nürnberg von seinem Schüler Rhetikus herausgegeben wurde, zeugt von dieser Leistung. Es ist selbst ein umfassendes Lehrbuch der Astronomie geworden, das in aller Ausführlichkeit praktische Anleitung zu Vorausberechnungen auf Grund neu aufgestellter Tafeln gibt, das aber vor allem als Grundlage des ganzen himmlischen Geschehens die beiden folgenden Sätze in allen Einzelheiten diskutiert und zu beweisen sucht:

- I. Die tägliche Umdrehung des Himmels ist nur eine scheinbare. Sie wird vorgetäuscht durch eine tägliche Rotation der Erde um die eigene Achse.



2. Die Erde ist einer der Planeten und kreist daher genau wie alle andern um die Sonne als das gemeinsame Zentrum dieser Bewegungen. Nur der Mond läuft unmittelbar um die Erde (Abb. 4).

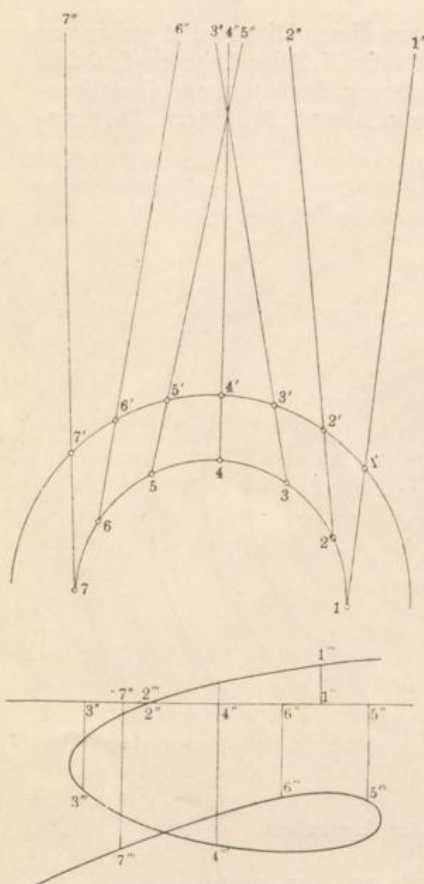


Abb. 5. Entstehung einer Schleife in der Marsbahn: Die Sehstrahlen von der Erde (auf dem inneren Kreis) zum Mars (auf dem äußeren Kreis) vollführen Schwankungen, die eine Bahnschleife vortäuschen

Es ist also mehr geworden als nur eine Verbesserung der Ptolemäischen Lehre. Kopernikus erkannte, daß nicht Verfeinerungen des Alten, sondern nur radikale Abkehr zu ganz Neuem einen wirklichen Fortschritt für die Darstellung bringen konnte, und er ist überzeugt, daß er damit auch das wahre Wesen des Planetensystems gefunden hat. — Wie bewußt er sich der Größe seiner Tat war, zeigt die stolze, an den Papst Paul III. gerichtete Vorrede zu seinem Werk, in der er „das dummdreiste Urteil von Schwätzern“, denen die mathematischen Wissenschaften fremd seien, verachtet. „Mathematische Dinge werden für Mathematiker geschrieben“, sagt er, und von diesen ist er überzeugt, daß sie ihn verstehen.

Allerdings schwingt auch eine gewisse Sorge mit vor den Folgen dieses Bruches mit der Vorstellung seiner am Buchstaben klebenden Zeit von der im Weltzentrum ruhenden Erde. Daher beginnt er zunächst, wörtlich „daß mich zum Nachdenken über eine andere Art, die Bewegungen der Weltkörper zu berechnen, nichts anderes bewogen hat, als weil ich sah, daß die Mathematiker selbst bei ihren Untersuchungen hierüber mit sich nicht einig sind“. Von Cicero und Plutarch erfuhr er, daß schon einzelne griechische Gelehrte der Ansicht waren, die Erde stehe nicht still, sondern befinde sich in Bewegung.

Wenn aber bereits bei den Alten über derartige Dinge nachzulesen stünde, so hält auch er sich — in echt mittelalterlicher Denkungsweise — für berechtigt, es mit derartigen an Stelle der bisher üblichen Kreisbewegungen zu versuchen.

Tatsächlich bedeutet das Kopernikanische System eine außerordentliche Vereinfachung gegen dasjenige des Ptolemäus. Die für uns beängstigende Forderung, das ganze Himmelsgewölbe solle sich drehen, wird durch die Achsenrotation der Erde ersetzt, und die Schleifenbahnen der Planeten folgen anstatt aus unzähligen unübersichtlichen Epizykelkonstruktionen einheitlich und zwanglos aus dem jährlichen Umlauf der Erde um die Sonne, den sie am Himmelsgewölbe widerspiegeln (Abb. 5).

Trotz aller eigenen Gewißheit zögerte Kopernikus aber Jahrzehnte hindurch, sein Werk zu veröffentlichen. Lieber sammelte er fort und fort neue Beobachtungen, um die Sicherheit seiner Tafeln zu vergrößern. Erst kurz vor seinem Tode, als schon sein Name durch einen Vorbericht des Rhetikus über seine Lehre weithin verbreitet war, gab er dem Drängen der Freunde nach und willigte in den Druck seines Werkes ein. — Und zögernd nur hat sich das neue Weltbild durchgesetzt. „Vielleicht ist noch nie eine größere Forderung an die Menschheit geschehen“, sagt dazu Goethe in der Geschichte der Farbenlehre, „denn was ging nicht alles durch diese Vorstellung in Dunst und Rauch auf: ein zweites Paradies, eine Welt der Unschuld, Dichtkunst und Frömmigkeit, das Zeugnis der Sinne, die Überzeugung eines poetisch-religiösen Glaubens; kein Wunder, daß man dies alles nicht wollte fahren lassen, daß man sich auf alle Weise einer solchen Lehre widersetzte“. — Nicht nur das Widerstreben der katholischen wie der protestantischen Kirche trug Schuld an ihrem langsamen Vordringen. Vor allem die naturwissenschaftlichen Gelehrten ließen sich nur langsam überzeugen.

Zwar erwiderte Kopernikus auf den Haupteinwand gegen seine Lehre, die Bewegung der Erde um die Sonne müsse sich ähnlich wie in den Schleifen der Planeten auch in einer scheinbaren Bewegung der Fixsterne widerspiegeln, wovon man aber nichts bemerke, ganz richtig, daß dies nur an der begrenzten Beobachtungsgenauigkeit liege. Die Fixsternsphäre sei im Verhältnis zur Abmessung der Erdbahn zu weit entfernt, so daß die zu erwartenden jährlichen Verrückungen der Sterne innerhalb der Grenze der Meßbarkeit blieben. Aber begreiflicherweise war es schwer, durch ein solches negatives Argument neue Anhänger zu gewinnen. So wird beispielsweise verständlich, daß selbst der größte Beobachter der vortelekopischen Zeit, Tycho Brahe, noch ein halbes Jahrhundert nach Kopernikus sich nicht entschließen konnte, die kopernikanische Lehre anzuerkennen. Und doch sollte gerade er durch seine präzisen Messungen ihr zum endgültigen Sieg verhelfen.

Auch in den Einzelheiten war die Überlegenheit des kopernikanischen Systems über das des Ptolemäus so deutlich zunächst noch nicht zu erkennen. Auch die neuen Tafeln ließen die Himmelserscheinungen schließlich nicht wesentlich genauer vorausberechnen als die des *Almagest*. Zudem hatte auch Kopernikus, um die kleinen Unregelmäßigkeiten zu meistern, die er an den Planetengeschwindigkeiten beobachtete, in seinem neuen

System zu dem Hilfsmittel exzentrischer Kreisbewegungen und zu kleinen Epizykeln auf den Hauptkreisen gegriffen und damit gerade die neuen und wesentlichen Züge seines Werkes selbst verschleiert. An eine Bewegung auf elliptischen Bahnen, die, wie man seit Kepler weiß, allein der Wirklichkeit entspricht, hatte er zwar gedacht, konnte sich jedoch nicht von der alten Vorstellung vom Kreis als der allein denkbaren vollkommensten Bahnform freimachen. Auch er gibt eben letzten Endes nur eine geometrische Beschreibung, ein lebloses Bild der Bewegungen, doch fehlt auch hier, genau wie bei Ptolemäus, als Seele des Ganzen völlig die Frage nach dem inneren Zusammenhang, der wirklichen Ursache der Erscheinungen. So sehen wir, den Schlüssel zu einer neuen Welt hatte Kopernikus gefunden. Aber es mußten noch weitere Große kommen, um wirklich in sie hineinzuschreiten.

Darin war nun die neue Zeit glücklicher als das Altertum. Schon einmal hatten, dreieinhalb Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung, pythagoreische Mathematiker behauptet, die Erde durchlaufe eine Kreisbahn wie andere Planeten. Und kaum 50 Jahre danach konnte, wie wir heute wissen, Aristarch durch zahlreiche Messungen, vor allem durch Bestimmung der Größe und Entfernung von Mond und Sonne, überzeugend nachweisen, daß die Sonne das Zentrum der einheitlich um sie erfolgenden Planetenbewegungen sein müsse. Aber leider fiel diese Erkenntnis in eine Zeit, als der griechische Geist schon alt und müde wurde und keinen Kopf mehr hervorbrachte, der die aufgeworfenen Fragen weiter verfolgte und ihnen zu Klärung und Sieg verhalf. Wenig später schon brachte Hipparch bereits nicht mehr den Mut auf, sich für irgendeine der früheren Theorien zu entscheiden, da sie alle gegen seine sehr genauen Beobachtungen zu verstoßen schienen. So hat endlich Jahrhunderte später erst Ptolemäus auf Grund von Hipparchs Beobachtungen jenes rückschrittliche System festgelegt, in dem alle früheren Errungenschaften wieder vergessen sind und die Erde stillesteht.

Wie anders um die neue Zeit! Da sehen wir, kaum ein Menschenalter nach Kopernikus, den großen Johannes Kepler bei der Verarbeitung von Tycho Brahes genauen Beobachtungen. Und er bekommt — rein empirisch, ohne jede vorgefaßte Meinung — heraus, daß alle Planeten, auch die Erde, auf Ellipsen um die Sonne laufen, nach überraschend einfachen einheitlichen Gesetzen, die seitdem Keplers Namen tragen. Kopernikus' heliozentrische Auffassung wird glänzend bestätigt. — Und um die gleiche Zeit entdeckt Galilei mit seinem selbstgebauten Fernrohr, daß der Jupiter von vier Monden begleitet wird, die fort und fort ihn umkreisen, während er selbst seine Bahn um die Sonne zieht. Er sah mit eigenen Augen an einem anderen Planeten sich vollziehen, was Kopernikus für die Erde und ihren Mond behauptet hatte.

Die Krönung des Werkes schuf durch eine wirkliche Begründung des neuen Weltsystems anderthalb Jahrhunderte nach Kopernikus Isaac Newton. Zwar hatte schon Kepler sich mehr spekulative Gedanken über die innere Ursache dieses Zusammenspiels zwischen Sonne und Planeten gemacht und geäußert, die Sonne müsse der Sitz einer Kraft sein, die die Planeten in ihre

Bahnen zwingt. Doch gelang ihm nicht, an das Wesen dieser Kraft heranzukommen. Newton erschaute, daß die Kraft, die den Apfel vom Baum auf die Erde wirft, dieselbe ist, die in weiter Ferne auch den Mond ständig gegen die Erde fallen heißt und ihn so daran hindert, tangential von seiner Bahn wegzufiegen. Und genau wie der Mond ständig gegen die Erde gezogen wird, so unterliegen auch alle Planeten einer gegen die Sonne gerichteten Anziehungskraft, die sie in ihre geschlossenen Bahnen zwingt. Unter der Voraussetzung, daß die Anziehungskraft zwischen irgend zwei Massen proportional ihrem Produkt, dividiert durch das Quadrat ihres Abstandes ist, werden sämtliche Bewegungen, die sich in unserem Planetensystem abspielen, mit einem Mal quantitativ berechenbar. Unser Mond kann danach die Erde nur, wie er es wirklich tut, in der Entfernung von 60 Erdradien umlaufen. Die Planetenbahnen können nur Ellipsen sein, die der Fahrstrahl mit konstanter Flächengeschwindigkeit überstreicht, und so noch vieles andere mehr. So trägt Newtons allgemeines Gravitationsgesetz mit einem Schlag helles Verständnis in den Ablauf der Planetenbewegungen. Sie könnten sich nach ihm gar nicht anders vollziehen. — Jetzt endlich, um 1700, zweifelt niemand mehr an der Richtigkeit von Kopernikus' System. Newton hat ihm endgültig zum Sieg verholfen.

Gleichzeitig damit wies er aber überhaupt der Astronomie der folgenden Jahrhunderte die Arbeitsrichtung. Nicht nur die Sonne zieht die Planeten an, sondern alle Himmelskörper unterliegen gegenseitigen Anziehungskräften. Ein kompliziertes Wechselspiel tritt bei genauester Untersuchung an die Stelle der zunächst allein berücksichtigten Zentralkraft der Sonne. Die dadurch entstehenden — geringen — Abweichungen von Keplers erster Theorie beschäftigten die Mathematiker wie die astronomischen Beobachter der Folgezeit in gleich intensivem Maß. Allenthalben wird die aus Newtons Gravitationsgesetz sich ergebende genaue Himmelsmechanik ausgebaut, geprüft und durch die Erfahrung vollauf bestätigt gefunden. Und wenn man beispielsweise in der Bewegung des Uranus zunächst unerklärliche Störungen beobachtet, so bleibt nur die Deutung möglich, daß ein noch unbekannter Planet durch seine Anziehungskraft sie verursache. Leverrier versuchte, allein aus den Bahnstörungen des Uranus seinen Ort zu berechnen, und Galle fand 1846 in der Tat den neuen Planeten, den Neptun, sehr nahe an diesem vorausgerechneten Ort, — einer der schönsten Triumphe des Gravitationsgesetzes. Allmählich schien es eines der am sichersten bestätigten Naturgesetze überhaupt. Selbst weit jenseits unseres Planetensystems beweist die Bewegung fernster Doppelsterne umeinander noch seine strenge Gültigkeit. — Und doch ist heute noch nicht sicher, ob das Gesetz in dieser Form uneingeschränkt richtig ist. Die etwas zu rasche Periheldrehung der Merkurbahn läßt sich bisher mit dem Gravitationsgesetz nicht vereinbaren. Wir stehen hiermit bereits vor einem sehr schwierigen Problem der heutigen Wissenschaft, dessen befriedigende Lösung bis jetzt noch nicht gelungen ist. —

Viel länger als bis zur endgültigen Anerkennung des Kopernikanischen Systems hat es noch gedauert und vieler vergeblicher Mühen bedurft, bis endlich der schon früh geforderte Nachweis gelang, daß auch die Fixsterne die jährliche Bewegung der Erde widerspiegeln. Wegen der Kleinheit dieser Fixsternverschiebungen war eine ungeheure Steigerung der Meßgenauigkeit dazu notwendig. Kopernikus selbst konnte mit seinen primitiven Vorrichtungen Winkel noch nicht zuverlässiger als bis auf 5 bis 10 Bogenminuten bestimmen. Tycho Brahe gelangte mit sehr verfeinerten Geräten mit einer Bogenminute an die Grenze der mit unbewaffnetem Auge erreichbaren Genauigkeit. Große weitere Fortschritte brachte dann das Fernrohr. Bradley entdeckte 1728 die Aberration des Lichts, die ebenfalls als Nachweis der jährlichen Erdbewegung angesehen werden muß, von der Größe von 20,5 Bogensekunden. Und Bessel, ein Meister astronomischer Meßkunst, steigerte die Genauigkeit bis in die Größenordnung eines Zehntels einer Bogensekunde. Mit modernen Refraktoren kommt man inzwischen noch um eine gute Zehnerpotenz weiter. — Bessel gelang es als erstem, 1837 von dem Stern 61 Cygni nachzuweisen, daß er sich innerhalb eines Jahres um 0,35 Bogensekunden am Fixsternhimmel hin und her schiebt, und dieser ersten Beobachtung folgten im Laufe der Zeit noch viele weitere mehr. Damit war endlich der Schlußstein in der Kette der Beweise für das Kopernikanische System gesetzt, — obwohl es natürlich seit Newton einer besonderen Bestätigung nicht mehr bedurfte.

Diese Untersuchungen sind auch deswegen von großer Bedeutung, weil man mittels der Größe der Verschiebung eines Sternes, seiner sogenannten „Parallaxe“, seine Entfernung von der Erde mit dem Erdbahnradius in Beziehung setzen und damit die Sternentfernung unmittelbar in Kilometern oder handlicher in Lichtjahren ausrechnen kann. 4,3 Jahre läuft beispielsweise das Licht von dem der Erde zunächst stehenden Fixstern  $\alpha$  Centauri bis zu unserem Auge. — Mit der Gewinnung solcher Zahlenangaben erhält der jüngere Wissenszweig der „Stellarastronomie“ quantitative Unterlagen, der über die Welt der Planeten hinausgreift und die Himmelskörper außerhalb unseres Sonnensystems zum Gegenstand hat. Auch zu seiner Entwicklung hat letzten Endes Kopernikus den Anstoß gegeben, weil er die Erde aus dem Mittelpunkt der Welt rückte und so die Aufmerksamkeit auch auf Fixsternbewegungen und damit auf die Fixsterne überhaupt lenkte. Waren sie einst nur wesenlose Marken an der gedachten Himmelssphäre, so werden sie jetzt zu Individuen, die die Tiefen eines unermesslichen Raumes bevölkern.

Wilhelm Herschel tat um die Wende des 18. Jahrhunderts die ersten bedeutenden Schritte in der Erforschung der Fixsternwelt, indem er mit selbstgebaute Spiegelteleskopen den ganzen Himmel sorgfältig durchmusterte. Auf Grund der Annahme, daß alle Fixsterne annähernd die gleiche wahre Leuchtkraft hätten, daß aber ihre verschiedene scheinbare Helligkeit am Himmel nur auf der mit dem Quadrat ihrer Entfernung

wachsenden Lichtschwächung beruhe, entwarf bereits er ein annäherndes Bild von der räumlichen Verteilung der Sterne. Sie sind im wesentlichen in einem flach linsenförmigen Raumgebiet enthalten, dessen Ebene größter Ausdehnung sich uns in den Sternanhäufungen der Milchstraße zu erkennen gibt. Abb. 6 zeigt einen Querschnitt durch diese stark zerzauste Milchstraßenlinie, wie Herschel sie sich nach seinen ersten Untersuchungen vorstellte.

Die Parallaxenbestimmungen Bessels und seiner Nachfolger brachten dann die ersten Aufschlüsse über die wahren Größenverhältnisse dieses Gebildes. Über Hunderte und mehr Lichtjahre muß es sich erstrecken. Aber die Genauigkeitsgrenze in der Bestimmung kleinster Winkel bedeutet natürlich auch für die Entfernungsmessung eine Schranke. Einen Raum von etwa 300 Lichtjahren Radius überblickt man quantitativ nach diesem Verfahren. Aber nur einige tausend Sterne sind in dieser unserer engeren Nachbarschaft enthalten. Der überwiegende Teil der Fixsternwelt liegt



Abb. 6. Herschels erstes Schema der Milchstraße

außerhalb des der unmittelbaren Parallaxenbestimmung zugänglichen Bereichs. Auch dahin vorzudringen und sich eine quantitative Vorstellung vom ferneren Aufbau der Welt zu verschaffen, war eine der umfassendsten Aufgaben des letzten Jahrhunderts.

Bis zum gewissen Grad ist ihre Lösung gelungen dank unermüdlicher beobachtender und sichtender Tätigkeit ganzer Generationen von Astronomen einerseits und glücklicher Verknüpfung tiefgehender physikalischer Fortschritte mit den astronomischen Problemen andererseits. Die quantitative Photometrie, die Himmelsphotographie, die spektrale Zerlegung des Sternenlichts in seine Farben sind die hervorragendsten unter den neuen Meßmethoden. Die photographische Platte summiert schwächste Lichtindrücke, die dem Auge auch im Fernrohr immer verborgen blieben, und macht so eine Unmenge bis dahin unbekannter schwächerer Sterne sichtbar. Was wir in der Milchstraße als matte Schleier erkennen (Abb. 7), enthüllt die photographische Aufnahme als ein Meer unzähliger schwacher und schwächster Sterne.



Abb. 7. Milchstraße bei Monoceros und Gemini

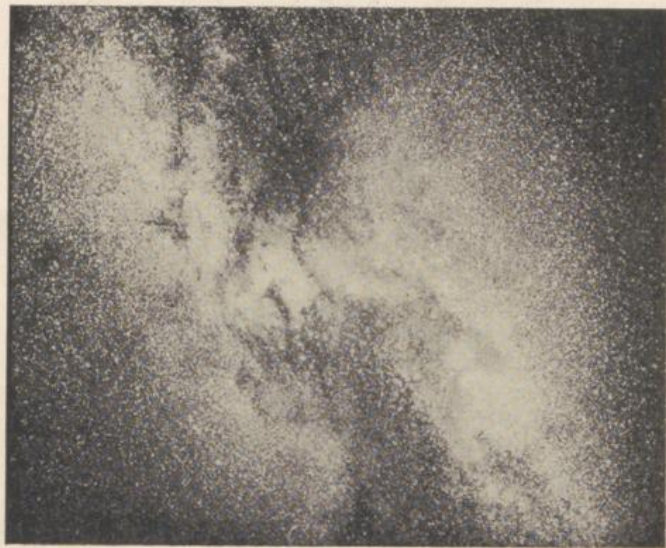


Abb. 8. Milchstraße im Cygnus, in der Mitte der Amerikanebel



Auf sie alle wird jetzt Herschels Methode der angenäherten Entfernungsbestimmung mittels der scheinbaren Sternhelligkeit angewandt, allerdings nicht mehr mit der Voraussetzung einheitlicher wahrer Leuchtkraft, sondern unter Hinzunahme der an den nahen Sternen bekannter Entfernung gemachten Erfahrung, daß die wahren Leuchtkräfte in bestimmtem Umfang schwanken. Auch jetzt ergibt sich wieder — übrigens gestützt durch noch



Abb. 9. Die Nebel um Zeta Orionis

eine ganze Reihe anderer Verfahren zur Entfernungsermittlung, die sich in Einzelfällen anwenden lassen, — die linsenförmige Anordnung der Sternenvelt. Ihr größtes Ausmaß beträgt etwa 100 000 Lichtjahre! Helligkeits- und spektrale Untersuchungen zeigen, daß auch die Sonne nichts anderes ist als ein Fixstern, und zwar von recht mäßiger Leuchtkraft. Weit außerhalb des Zentrums der Milchstraßenlinse zieht sie, begleitet von ihren Planeten, bescheiden wie andere Sterne mit mäßiger Geschwindigkeit durch den Raum. — Aber auch andere Gebilde als Fixsterne erweisen ihre Zugehörigkeit zum Milchstraßensystem. Da gibt es große Wolken leuchtender



Gase, die sogenannten Nebel, z. B. den „Amerikanebel“ (Abb. 8) oder die Nebel des Orion (Abb. 9), bei denen deutlich wird, daß auch dunkle Materie die Durchsicht in größere Fernen versperrt. Besonders eigenartige und schöne Objekte sind ferner zirkusartige Nebel wie derjenige im Schwan (Abb. 10), die an unsere irdischen Federwolken erinnern, und der „Ringnebel“ in der Leier (Abb. 11), der einen Zentralstern in seiner Mitte um-

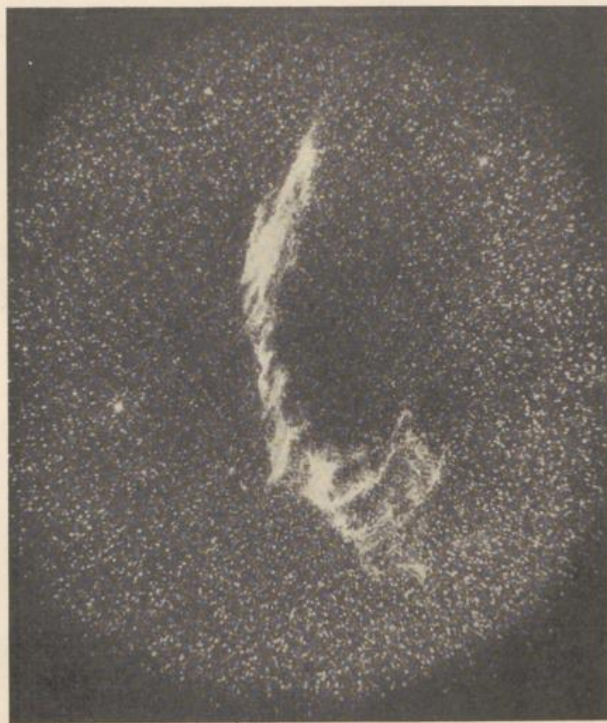


Abb. 10. Nebel NGC 6992 in Cygnus

schließt und mit noch andern ähnlichen Gebilden als planetarischer Nebel bezeichnet wird. Auffallend oft findet man außerdem seltsame Zusammenballungen von Fixsternen (Abb. 12), sogenannte Sternhaufen. Auch ihre Entfernungen konnten in vielen Fällen recht zuverlässig ermittelt werden. Sie liegen durchweg außerhalb der Milchstraßenlinse der Fixsterne, lehnen sich jedoch — merkwürdig einseitig — unmittelbar an sie an (Abb. 13). — Dies alles ist in kurzen Zügen die Welt, in der unsere Sonne mit ihren Planeten als kleines Sternchen weit abseits vom Zentrum ihr unbedeutendes Dasein führt.

die  
rie  
nd  
an  
ng-  
m-

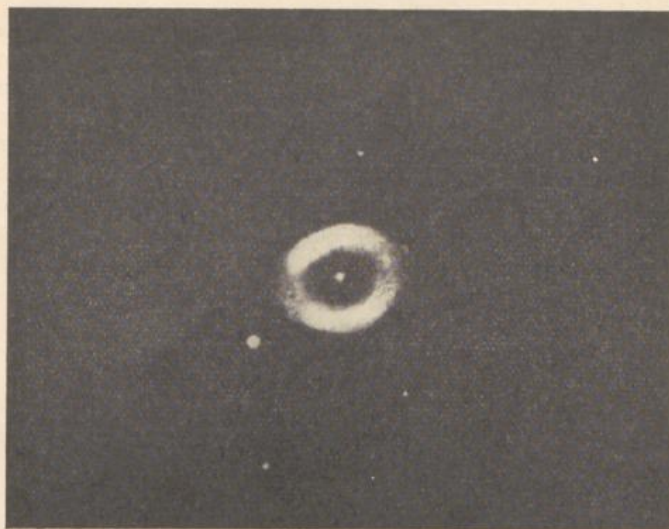


Abb. 11. Der Ringnebel in Lyra

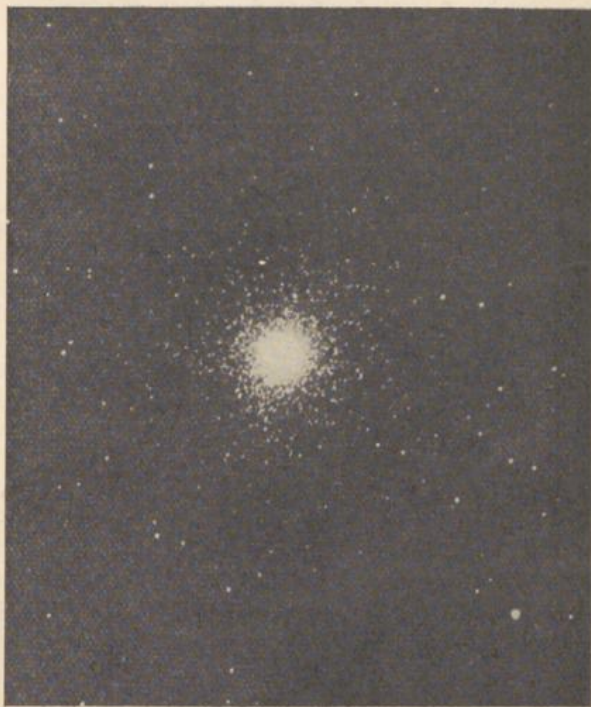


Abb. 12. Sternhaufen M 13 Herculis

bel  
en-  
are  
en.  
nen  
—  
ren  
des

Aber hiermit ist die Fülle der Himmelserscheinungen noch keineswegs erschöpft. Schon Herrschel beobachtete noch andere Gebilde, und die letzten Jahrzehnte stellten ihre Abstände sicher. Weit außerhalb unserer unmittelbaren Milchstraßenwelt, in Entfernungen von einigen bis zu hundert Millionen Lichtjahren, finden sich, z. T. zu ganzen Nestern vergesellschaftet, Hunderttausende von sogenannten Spiralnebeln (Abb. 14), bei denen ein leuchtender Kern von knotigen leuchtenden Massen spiralisches umgeben wird. Oft sehen wir senkrecht auf die Spiralebene darauf, in anderen Fällen blicken wir in die Ebene hinein (Abb. 15), oder sie erscheint uns schräg von der Seite wie bei dem prachtvollen Andromedanebel (Abb. 16),

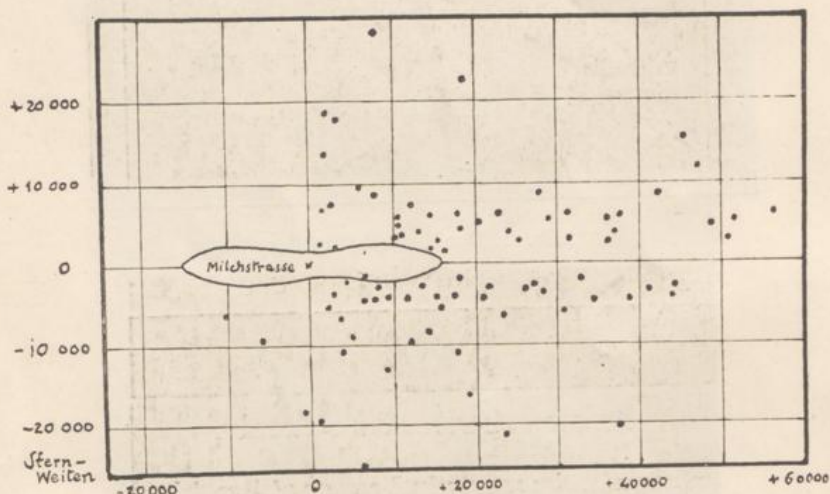


Abb. 13. Gegenseitige Lage von Milchstraße und Sternhaufen

der auch mit bloßem Auge zu sehen ist. Spektroskopische Untersuchung hat bewiesen, daß diese Spiralnebel aus unzähligen Fixsternen aufgebaut sind, die nur wegen der riesigen Entfernungen gewöhnlich nicht mehr auflösbar sind. In Einzelfällen (Abb. 17) kann man die zahllosen Sterne aber sogar noch unmittelbar erkennen. Damit ergibt sich, daß jeder Spiralnebel für sich ein Milchstraßensystem darstellt. Das unsrige bedeutet nur eines unter unzähligen anderen, und es ist überhaupt nicht mehr festzustellen, wo eigentlich das Zentrum der Welt steckt, das die Alten so naiv in die Erde verlegten und das Kopernikus schüchtern als erster hinaus in die Sonne zu verschieben wagte. —

Aber nun kommt noch eine höchst merkwürdige Feststellung. Aus der spektroskopischen Untersuchung des Nebellichts müssen wir mittels des Dopplereffekts schließen, daß alle diese Spiralnebel, z. T. auch schon die



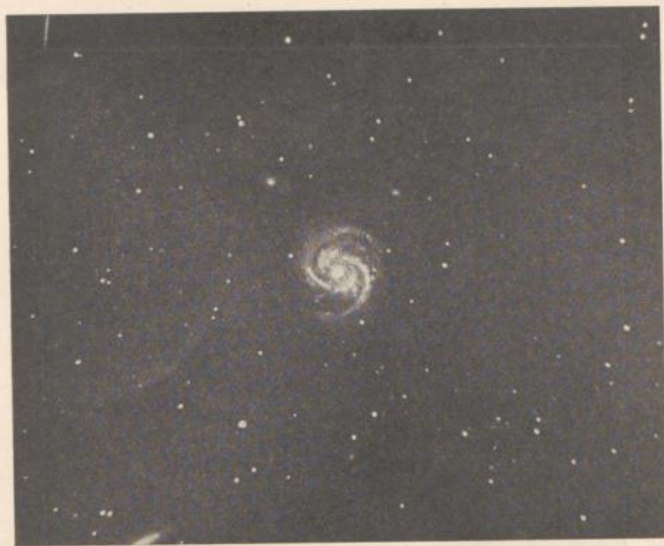


Abb. 14. Spiralnebel M 100 Comae



Abb. 15. Spiralnebel NGC 891 Andromedae

gs  
lie  
er  
n-  
ll-  
bei  
ch  
in  
int  
(6),

hat  
nd,  
bar  
gar  
für  
nter  
wo  
rde  
nne

der  
des  
die



Abb. 16. Der bekannte Andromeda-Nebel

Sternhaufen, sich radial von uns fortbewegen mit sehr großen, und zwar um so größeren Geschwindigkeiten, je weiter sie von uns entfernt sind. Man sagte, die Welt gleiche einer platzenden Granate. Es hat tatsächlich den Anschein, als seien alle die vielen Milchstraßen vor undenklichen Zeiten durch eine mächtige Explosion aus einer Urwelt entstanden und eilten seitdem vom Entstehungsort radial nach allen Seiten auseinander. Wenn man aus dem jetzigen Zustand den Zeitpunkt dieses Entstehungsakts berechnet, so erhält man sogar etwa dieselbe Angabe, die wir aus geologisch-physikalischen Erwägungen heraus auch für das Alter unseres Sonnensystems erschließen.

Liegt diese Urexplosion auch vielleicht im Bereich des Möglichen, so möchte man doch nicht so recht an sie glauben. Denn die Fragen, was war vorher und was wird später sein, führen zu großen Schwierigkeiten. Man hat vielerlei andere Erklärungen versucht, ohne endgültig befriedigendes Resultat. Am peinlichsten ist vielleicht die folgende Seite des Problems. Wir sahen, wie durch Kopernikus die Erde aus der Mitte der Welt heraus-



ger  
So  
fer  
das  
ein  
nur  
gan  
sch  
zu  
dag  
tret  
her  
oba  
Wel  
Geo  
Lich



Abb. 17. Auflösbarer Spiralnebel M 33

gerückt wurde, wie dann die Erforschung des Milchstraßensystems die Sonne mit ihren ganzen Trabanten wiederum weit aus dessen Zentrum in ferne Randgebiete verwies, und schließlich mußten wir erkennen, daß auch das Milchstraßensystem nur eines von vielen ist, so daß wir schließlich einem Zentrum der Welt hoffnungslos weit entrückt sind. Da behauptet nun die Beobachtung der allgemeinen Expansion der Spiralnebel, daß die ganze Bewegung sich gerade nach uns auf der Erde ausrichten soll. Alles scheint gerade vor uns als dem Ort der Urexplosion nach allen Richtungen zu fliehen. — Ist es nicht begreiflich, daß man sich innerlich geradezu dagegen sträubt, erneut als das Zentrum der Welt gelten zu sollen? Vielleicht treten bei Beobachtungen über solch riesige Entfernungen neue Gesetze hervor, die wir noch nicht kennen, die möglicherweise einem andern Beobachter auf einem andern Spiralnebel eine gleiche Flucht aller andern Weltkörper vortäuschen mögen. Wir wissen es nicht und müssen uns in Geduld fassen, bis die Arbeit weiterer Generationen auch in dieses Problem Licht hineinträgt!

Bl, 7535



BLB Karlsruhe



36 18712 4 031

36 18712 4 031



344/19

Faltblätter