Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1944)
Heft: 5

Artikel: Die Struktur der Sternsysteme [Schluss]
Autor: Schürer, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897048

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Struktur der Sternsysteme (Schluss)

Von Pd. Dr. MAX SCHÜRER.

Es mag interessieren, dass die Weltinseltheorie bei Anwendung exakterer Forschungsmethoden zuerst in Frage gestellt wurde. Es wurde eine symmetrische Verteilung in bezug auf die Milchstrassenebene festgestellt, die eine Zugehörigkeit dieser Nebelwölkchen zum Milchstrassensystem wahrscheinlich machte. Ferner waren im Vergleich mit unserem Milchstrassensystem die extragalaktischen Nebel von scheinbar bedeutend geringerer Dimension, und endlich fand van Maanen im Jahre 1916 in Spiralnebeln eine Eigenbewegung von 0,02 " pro Jahr im Sinne einer Rotation, die bei aussergalaktischen Entfernungen lineare Geschwindigkeiten von 100 000 km/sec bedeutet hätten, im Widerspruch mit den ebenfalls gemessenen Radialgeschwindigkeiten.

Diese drei Argumente gegen die Weltinseltheorie wurden aber durch neuere Forschungen widerlegt, so dass die ursprüngliche Ansicht über diese Gebilde gerechtfertigt wurde. Die Messungen der Eigenbewegungen durch van Maanen haben sich als systematische Beobachtungsfehler herausgestellt. Die Symmetrie zur Milchstrassenebene hat sich als nur scheinbar erwiesen und wird durch die Absorption der interstellaren Materie in der Milchstrasse hervorgerufen, so dass in dieser die Häufigkeit der extragalaktischen Nebel abnimmt. Dieselbe Absorption ist auch für die Ueberschätzung der Dimension unseres Milchstrassensystems verantwortlich. Grob gesagt, erscheinen dadurch die Sterne schwächer und weiter entfernt als es in Wirklichkeit der Fall ist. Wird dadurch der Unterschied zwischen den extragalaktischen Sternsystemen und unserer Milchstrasse von der einen Seite her gemildert, so wird er andererseits durch subtile Beobachtungen fast aufgehoben, die zeigten, dass die Nebel bei genaueren Untersuchungen sich als bedeutend grösser erwiesen, als ursprünglich beobachtet wurde.

Die äussere Form der extragalaktischen Nebel ist verhältnismässig spät erkannt worden. Erst im Jahre 1888 wurde erstmals am Andromedanebel die Spiralform entdeckt. Seither wurden grosse Fortschritte gemacht. 80 % aller extragalaktischen Nebel wurden als spiralförmig erkannt. Hubble hat die verschiedenen Formen klassifiziert und sie in vier Gruppen eingeteilt:

Irreguläre Nebel	2,5 %	der	Gesamtzahl
Elliptische Nebel	17 %	„	„
Normale Spiralnebel	57,5 %	„	„
Θ-Spiralen (barred Spirals)	23 %	„	„

Sehen wir von der Sonderkalsse der irregulären Nebel ab, so kann man die verschiedenen Formen als Entwicklungsstadien eines Sternsystems ansehen, jedoch mit allen Vorbehalten, die bei solchen Hypothesen stets gemacht werden müssen. Am Anfang der

„Entwicklungsreihe“ stehen die elliptischen Nebel, deren Form von Kugelgestalt bis zur linsenförmigen oder spindelförmigen Gestalt mit der Abplattung 1 : 3 variieren kann. Stärker abgeplattete elliptische Nebel wurden nicht beobachtet. Gebilde mit grösserer Abplattung fallen unter die letzten beiden genannten Gruppen, die als zwei Entwicklungsäste angesehen werden. Bei den normalen Spiralnebeln scheinen sich zwei Spiralarme symmetrisch und asymptomisch um einen abgeplatteten Kern herumzuwinden, während bei den Θ-Spiralen die Spiralarme an den Enden eines spindelförmigen Kernes ihren Ausgang nehmen und damit die Gestalt des griechischen Buchstabens Θ haben.

Es ist wohl möglich, dass die beiden Entwicklungsäste schon in den elliptischen Nebeln vorhanden sind und mit den Maclaurinschen und Jacobischen Gleichgewichtsfiguren rotierender Gasmassen zusammenhängen.

Die Spiralarme bestehen nach dem Gesagten zum Teil sicher aus einzelnen Sternen, der Spiralnebelkern und die elliptischen Nebel enthalten mit grosser Wahrscheinlichkeit — das Gesamtspektrum gleicht dem Spektrum eines G-Sterns — ebenfalls meist Einzelsterne.

Eingehende Untersuchungen wurden über die Form der Spiralarme angestellt. Sie können ungefähr durch eine logarithmische Spirale von der Form

$$r = a^{\varphi} \quad \text{oder} \quad \log r = \varphi \log a$$

dargestellt werden. Der Winkel zwischen Spiralarm und Radiusvektor, der bei logarithmischen Spiralen konstant ist, wurde bei den Spiralnebeln zwischen 73° und 86° gefunden.

Der Uebergang von den elliptischen Nebeln zu den Spiralnebeln ist diskontinuierlich. Muss ein Nebel in die Klasse der Spiralnebel eingereiht werden, so sind seine Spiralen auch schon voll ausgebildet und winden sich meist in zwei ganzen Umdrehungen um den Kern. Diese und andere Eigenschaften machen die Erklärung sehr schwierig.

Ueber die innere Bewegung in den Nebeln ist verhältnismässig wenig bekannt. Eigenbewegungen sind wegen der grossen Entfernungen unter der Beobachtungsgrenze. Radialgeschwindigkeiten konnten jedoch am Andromedanebel gemessen werden. Diese Radialgeschwindigkeiten sind sehr ausführlich von Babcock untersucht worden. Nach ihm bewegt sich der Kern wie ein starrer Körper. In der nächsten Nachbarschaft des Kerns wurde eine Zone festgestellt, in welcher keine Bewegung zu erkennen war. Wird die Untersuchung nach aussen weiter fortgesetzt, so tritt die Rotationsbwegung anfänglich mit zunehmender und in den äussern Partien mit konstanter Winkelgeschwindigkeit im gleichen Sinne wieder auf.

Aber schon die Frage nach dem Richtungssinn der Rotationsbewegung ist aus den Beobachtungen allein schwer zu beantworten

und hängt mit der Frage der Orientierung der Nebel im Raume zusammen. Wir können nicht ohne weiteres entscheiden, welche Seite des Nebels uns näher liegt. Im allgemeinen wird angenommen, dass es die Seite mit den intensiveren Absorptionsgebieten sei. In diesem Falle rotiert der Spiralnebel so, dass die konvexe Seite seiner Spiralen voran geht. Aber auch die Ansicht, dass die Absorptionsgebiete die entfernteren seien, kann plausibel gemacht werden, mit der Konsequenz, dass sich die Rotationsrichtung umkehrt.

Nachdem erkannt wurde, dass unser Milchstrassensystem ein Sternsystem ist, wie die aussergalaktischen Nebel, liegt es nahe, auch die Beobachtungsdaten unseres Milchstrassensystems der Theorie zugrunde zu legen. Sehr viel wird dadurch aber nicht gewonnen. Sind die Untersuchungen an den Nebeln erschwert durch die sehr grosse Entfernung so haben wir es bei den Untersuchungen in unserem eigenen System mit gegenteiligen Schwierigkeiten zu tun. In Abwandlung eines Sprichwortes sehen wir unser Sternsystem vor lauter Sternen nicht. Wir wissen noch nicht einmal mit Sicherheit, welchem Typus wir unser Milchstrassensystem zuordnen sollen. Die stark gegliederte Struktur der Milchstrasse lässt uns vermuten, dass es sich um einen „späten" Typus der normalen Spiralnebel handelt. Auch die starke Abplattung von 1 : 6 deutet auf diesen Typus hin. Man hat gefunden, dass die Lage der Sonne in diesem System sehr exzentrisch liegen muss. Beträgt der Durchmesser 100 000 Lichtjahre, so befindet sich die Sonne 30 000 Lichtjahre vom Massenzentrum entfernt; ob in einem Spiralarm, wissen wir nicht. Die Lage der Spiralarme in unserem System ist, wenn überhaupt solche vorhanden sind, ganz unbekannt.

Auch die Bewegungsverhältnisse im ganzen Milchstrassensystem entziehen sich unseren Beobachtungsmöglichkeiten. Nur die Bewegungen in der Nachbarschaft der Sonne sind einigermassen bekannt. Die Sonne und mit ihr die Sterne der Nachbarschaft haben eine allgemeine Geschwindigkeit von 285 km/sec senkrecht zur Richtung nach dem Milchstrassenzentrum, die als Rotationsbewegung im System gedeutet werden kann. Neben dieser allgemeinen Bewegung haben die Sterne zusätzliche Geschwindigkeiten, die nach Grösse und Richtung zufällig verteilt sind. Diese Pekuliarbewegungen sind aber nur von der Grössenordnung von 0—50 km/sec, so dass auch der Einzelstern nahezu eine Kreisbewegung ausführt. Diese Bewegungen in unserem Milchstrassensystem sind Gegenstand besonderer Untersuchungen. Bis heute sind sie aber kaum in Verbindung mit der Dynamik der aussergalaktischen Systeme zu einem geschlossenen Ganzen in Verbindung gebracht worden.

Damit haben wir die Beobachtungstatsachen aufgezählt, die eine Theorie der Nebel erklären muss. Fassen wir sie noch einmal kurz zusammen. Die Theorie der Sternsysteme muss eine Erklärung für die Klassifikation der aussergalaktischen Nebel und deren

relative Häufigkeit geben, die Entstehung, Form und Bewegung der Spiralarme deuten, die diametrale Symmetrie der Spiralnebel erklären, die Bewegungen in unserem Milchstrassensystem umfassen und dem physikalischen Zustand der Materie in den Spiralarmen und dem Nebelkern Rechnung tragen.

Wollen wir einen Ueberblick über die verschiedenen Theorien der Sternsysteme gewinnen, so müssen wir mit den Untersuchungen von Jeans beginnen, die die Grundlage fast aller späteren Theorien bilden. Jeans' Theorie hängt eng mit der Kosmogonie, der Entwicklung der Welt zusammen. Am Anfang der Welt war die Materie gleichförmig als Gas verteilt vorhanden. Kleine Ungleichmässigkeiten bildeten die Kerne von Gravitationszentren, auf welche zu die umgebende Materie strömte. Ein vorhandenes Rotationsmoment wurde durch Viskosität in einheitliche Rotation umgeformt. Durch Kontraktion wird die Winkelgeschwindigkeit erhöht. In diesem Stadium wird nun die Theorie der Gleichgewichtsfiguren gasförmiger, rotierender Massen, die ihrer eigenen Gravitation unterworfen sind und deren freie Weglänge gegenüber den Dimensionen des ganzen Systems klein sind, anwendbar. Nach dieser Theorie sind die Gleichgewichtsfiguren Rotationsellipsoide oder dreiachsige Ellipsoide. Bei zunehmender Kontraktion und damit zunehmender Winkelgeschwindigkeit tritt eine Instabilität auf, die sich darin äussert, dass die Gasmasse nicht mehr ihren innern Zusammenhang behalten kann und ein Teil derselben am Rande die Zentralmasse verlässt. Ist dieser instabile Zustand erreicht, so ist die Form der genannten Ellipsoide im Verhältnis 1 : 2 abgeplattet. Da aber in der Natur, wie wir sahen, die elliptischen Nebel bis zum Verhältnis 1 : 3 abgeplattet sein können, nimmt Jeans an, dass in diesen letzten Stadien der Nebel nicht mehr wie ein fester Körper rotiert, sondern dass die Kerne eine grössere Rotationsgeschwindigkeit besitzen als die äusseren Partien. Hat die Nebelmaterie den Kern verlassen, so kann sie sich erst in Sterne kondensieren. Dies ist der am meisten angefochtene Punkt der Jeansschen Theorie. Es ist in diesem Falle für die Sternentwicklung zu wenig Zeit vorhanden. Ausserdem haben die Spektren der Nebelkerne nur in seltenen Fällen das Aussehen von Gasspektren. Ferner hat Zwicky gezeigt, dass auch unter der Annahme, dass der Kern in einzelne Sterne aufgelöst ist, die Hydrodynamik auf diese Gebilde angewendet werden kann. An Stelle der Zusammenstösse in den Gastheorien treten die nahen Vorübergänge und damit der Austausch von Energien, der zur Erklärung der elliptischen Nebelformen notwendig ist. Die Theorie von Zwicky steht auch in gutem Einklang mit den beobachteten Radialgeschwindigkeiten im Andromedanebel von Babcock.

Eine Theorie der Spiralarme gibt Jeans nicht. Er macht nur die Andeutung, dass schwache Gezeitenkräfte genügen werden, an zwei diametralen Stellen Materie aus dem rotiernden Gasball herauszuziehen, wenn dieser in das Stadium der Instabilität gelangt

ist, und dass in der Folge die Spiralarme selbst die Gezeitenkräfte verursachen und die Stellen der Ablösung der Spiralarme vom Kern auf zwei beschränken. Instabilität der Kreisbahnen und Gezeitenkräfte sind die beiden Ausgangspunkte, die fast allen Theorien zugrunde liegen. Sie unterscheiden sich nur in der Ursache, die diese Instabilität hervorrufen und im Vorgang des Ablösungsprozesses der Spiralarmmassen durch die Gezeitenkräfte. Als Ursachen der Instabilität werden Kontraktionen mit damit verbundener höherer Rotationsgeschwindigkeit, starker Potentialabfall am Rande eines stark abgeplatteten Rotationsellipsoides, Materieverlust durch Strahlung oder die Uebertragung der Expansion der Welt auf aussergalaktische Nebel angenommen.

Untersuchen wir die Vorstellungen über die Ablösung der Spiralarme, so können wir zwei Hauptfälle unterscheiden. Nach dem einen bleiben die Ablösungsstellen im Raume fest, nach dem andern rotieren sie mit derselben Geschwindigkeit, wie die äusseren Nebelmassen des Kerns. Diese verschiedenen Annahmen führen zu interessanten und gegensätzlichen Schlussfolgerungen, die am besten durch rein kinematische Charakterisierung der Spiralarme unterschieden werden können. Wir können die Spiralarme danach auffassen als Bahnkurven der einzelnen Sterne, als Trajektorien der Bahnkurven, als Enveloppen derselben oder noch als Orte maximaler Dichte im System. Bei den meisten Theorien werden nur die normalen Spiralen betrachtet und eine Erklärung für das Auftreten der Θ-Spiralen nicht gegeben.

Meine Betrachtungen enden damit recht widerspruchsvoll, und es sind eigentlich mehr Fragen gestellt als Antworten gegeben worden. Doch auch das Fragenstellen kann einen Fortschritt in der Wissenschaft bedeuten, und vor zwanzig Jahren wäre das Stellen all dieser Fragen über die Struktur der Sternsysteme noch nicht möglich gewesen.

Neues aus der Forschung

Von Prof. Dr. W. BRUNNER, Eidg. Sternwarte Zürich.

Der Krieg hat immer mehr die Bekanntmachung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse erschwert. Die Forschung geht aber weiter. Seit wissenschaftliche amerikanische Zeitschriften nicht mehr nach Europa gelangen, gibt die amerikanische astronomische Gesellschaft unter der Leitung von Dr. Bok von der Harward Sternwarte die maschinengeschriebenen „Monthly Astronomical Newsletters“ heraus, in denen ganz kurz über astronomische Arbeiten in Amerika und soweit als möglich auch in anderen Ländern berichtet wird. Die letzten drei Nummern 17—19 sind soeben eingetroffen. Ich greife einige interessante Mitteilungen heraus und berichte darüber.