©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

# Junge und alte Sterne.

Von Unv.-Prof. D. J. Hopmann, Wien.

Vortrag, gehalten am 8. April 1959.

Ziel des Vortrags war erstens eine Schilderung unseres heutigen Wissens um die Entwicklung der Fixsterne, sodann aber sollte die Struktur der heutigen Astronomie gezeigt werden. Die Himmelsmechanik des 18. und 19. Jahrhunderts ist stark zurückgetreten, dafür wurde die moderne Atomphysik zu einer unentbehrlichen Hilfe für die Astronomie. Das frühere mechanistische Weltbild, das uns in gewisser Weise ein stabiles und, wenn man will, langweiliges Uhrwerk von unendlicher Dauer nach vorwärts und rückwärts zeigte und das so fragwürdige Auswirkungen bis ins Weltanschauliche hinein hatte, steht nicht mehr im Vordergrund, dafür werden in der Astrophysik in steigendem Maße Ausdrücke aus der Biologie gebraucht, wie das schon der Titel des Vortrages zeigt *).

*) Beim Vortrage wurden zahlreiche Diagramme projiziert, die leider aus Platz- und Kostenrücksichten hier nicht wiedergegeben werden können.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Seit 1947 haben wir im Vordergrund des Interesses die Probleme des Entwicklungsablaufes der Fixsterne. Auf diesem Gebiete sind alle älteren Darstellungen, etwa bis einschließlich 1955, heute überholt **).

Wodurch ist dies möglich geworden? Von der Beobachtungsseite her haben wir eine wesentliche Verfeinerung der Spektralanalyse und lichtelektrischen Verfahren zur Helligkeits- und Farbenmessung. Das Studium der Milchstraßensternhaufen, markanter veränderlicher Sterne, wie der Typus T Tauri, Doppelsterne aller Art, führten uns weiter. Dazu kam die Entdeckung von W. Baade der zwei Populationen. Zu der ersten gehören überwiegend die nähere Umgebung der Sonne, die Milchstraßensternhaufen usw., zur zweiten die kugelförmigen Sternhaufen, die planetarischen Nebelflecke, RR Lyrae-Sterne und die sogenannten Schnelläufer aller Art.

Von seiten der Theorie führt ein weiter Weg von den ersten Ansätzen Ritters über Emdens „Gaskugeln" zu Eddingtons Strahlungsgleichgewicht und den gleichzeitigen Arbeiten von Jeans und Milne. Um 1925 war ein Standard-

---

**) An modernen Büchern seien empfohlen:

1. Astronomie. Herausgegeben von K. Stumpff. (Das Fischer-Lexikon: Band 4.) Fischer Bücherei KG. Frankfurt am Main 1957.
2. Geheimnisse des Sternhimmels. Von Udo Becker. Verlag Herder, Freiburg im Breisgau 1958.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



modell entwickelt, wobei den klassischen Gesetzen der Gravitation, des Gasdrucks und des Strahlungsdrucks Rechnung getragen war und eine empirisch gut bestätigte Beziehung zwischen der Masse eines Sterns und seiner absoluten Helligkeit gegeben wurde. Es fehlte aber noch die Quelle, woher die Energie kommt, die Hunderte von Millionen Jahren die Sternstrahlung aufrecht erhält. Hier haben wir seit Ende der Dreißigerjahre das Eingreifen der Atom- und Kernphysik, insbesondere der Kenntnisse der Prozesse, die zum Aufbau von Heliumatomen aus Wasserstoffatomen führen. Die Auswertung der zugehörigen Differentialgleichungssysteme ist aber derart verwickelt, daß sie nur mit Hilfe der modernen elektronischen Rechenautomaten bewältigt werden können. Dabei darf man auch nicht vergessen, daß diese niemals „Gehirne“ sind, sondern nur mit ungeheurer Geschwindigkeit Rechenprogramme durchführen, die ihnen in Form von Lochstreifen usw. zugeführt werden. Diese Programmierung selbst bedarf aber langer Geistesarbeit. So haben die amerikanischen theoretischen Astrophysiker etwa ein Jahr gebraucht, ehe die Programmierung entwickelt war.

Kennzeichnend für die moderne Physik und Astronomie ist ferner das ständige Arbeiten mit Modellen. Sie sind mathematische Vereinfachungen, unter Umständen zur menschlichen Veranschaulichung komplizierter Vorgänge, natürlich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



zeitbedingt. So war es z. B. um 1912 das Bohrsche Atommodell, als man wirklich glaubte, das Atom mit einem Planetensystem vergleichen zu können. Wir wissen heute, daß das so nicht geht, benutzen aber doch gelegentlich weiterhin dieses veraltete Bild aus Bequemlichkeit. Das Eddingtonsche Standardmodell von 1918 hat inzwischen zahlreiche Varianten als Nachfolger gefunden, man wird vielleicht heute mittels der Rechenautomaten viele Hunderte solcher Modelle durcharbeiten müssen. Immer handelt es sich dann um mathematisch ideale Sterne gegebener Masse und von Fall zu Fall verschiedenartiger chemischer Zusammensetzung. Die Beobachtungen zeigen uns allerdings eine derartige Vielfalt der Sternentwicklung, ja es ist eigentlich jeder Stern eine Individualität und wird sich niemals durch eine mathematische Prozedur restlos beschreiben lassen.

Das Jahr 1912 brachte mit dem ersten Zeichnen von Zustandsdiagrammen der Fixsterne von Hertzsprung in Potsdam und Russell in Princeton uns einen großen Schritt weiter. Der Leser versuche selbst, sich ein derartiges Hertzsprung-Russell-Diagramm zu zeichnen, bzw. ein Farbenhelligkeitsdiagramm. Ein Rechteck von etwa 8 bis 10 cm Seitenlänge trage an der horizontalen Berandung in gleichförmigen Abständen von links nach rechts die Buchstaben B, A, F, G, K, M. Es sind dies die wichtigsten Spektralklassen in der Reihen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



folge abnehmender Oberflächentemperaturen, die B-Sterne etwa 25.000°, die M-Sterne etwa 3.000°. Mit abnehmender Temperatur ändert sich auch die Farbe der Sterne von blau-weiß zu gelblichen Tönen bis Rot. Statt dieser vagen Bezeichnung ist es notwendig geworden, den Helligkeitsunterschied (Farbenindex) als Farbenersatz zu nehmen, wenn die Helligkeit von Sternen im gelben und blauvioletten Bereich unter Standardbedingungen gemessen wird. So kann also die horizontale Teilung bei dem Rechteck vor allem nach Spektrum und Farbenindex erfolgen. In der senkrechten Richtung wird immer eine Skala eingetragen, die ungefähr von —5 (oben) bis +15 (unten) in gleichförmigen Abständen geht und die absolute Helligkeit eines Sterns M kennzeichnet, d. h. die Helligkeit, die er hat, wenn er aus einer Standardentferung gemessen wird. Aus historischer Entwicklung heraus ist dies die Strecke, die das Licht in 32,6 Jahren zurücklegt. Unsere Sonne hat dann die absolute Helligkeit $+5^M$. Sterne, wie einzelne im Orion, Capella, Wega usw. haben die Helligkeit $0^M$, und da es sich um eine logarithmische Skala handelt, besagt dies, daß Sterne solcher Größe rund 100 mal heller sind, als die Sonne. Die Sterne mit der absoluten Helligkeit $-5^M$ sind 100 mal 100, d. h. 10.000 mal heller als die Sonne. Wir kennen vereinzelt Objekte, fast bis zur millionenfachen Helligkeit der Sonne, d. h. mit der absoluten Helligkeit $-10^M$.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Andererseits gibt es ein Heer von Sternen, schwächer als die Sonne. Die von der Leuchtkraft $+10^M$ haben $^1/_{100}$, die von der Leuchtkraft $+15^M$ $^1/_{10000}$ der Sonnenhelligkeit, der schwächste, heute festgestellte selbständig leuchtende Stern hat nur etwa $^1/_{1000000}$ der Sonnenhelligkeit.

Trägt man nun die Erkenntnisse über die Temperaturen und Leuchtkräfte der Sterne in ein solches Diagramm ein — jeder Stern ergibt also einen Punkt — so gibt es praktisch keine Stelle der Zeichnung, wo nicht einmal ein Repräsentant einzutragen wäre. Immerhin häufen sich die Eintragungen in gewissen Bereichen, so z. B. die „Hauptreihe", die bei den heißen B-Sternen und Leuchtkraft $-5^M$ beginnt und sich leicht s-förmig gebogen zu den roten M-Sternen bei $+10^M$ hinzieht. Sterne, die rechts oberhalb der Hauptreihe liegen, sind dann die „Riesen", wobei noch die der Hauptreihe näheren „Unterriesen" genannt werden, während die allerhellsten Sterne die vielleicht stilistisch unschöne, aber äußerst praktische Benennung „Überriesen" bekommen haben.

Sterne, die im mittleren und unteren Teil der Hauptreihe liegen, nennt man auch „gelbe oder rote Zwerge"; sind sie aber schwächer als Hauptreihensterne beider Farben, dann hat man es mit „Unterzwergen" zu tun. Sehr wichtig sind schließlich die „weißen Zwerge", die in unserem Diagramm in der linken unteren Ecke sich finden, Sterne hoher Ober-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



flächentemperatur, etwa von Sonnenmasse, aber sehr kleinem Radius und ungeheurer Dichte. Während wir von der Erde als schwerstes Platin und Iridium kennen, mit Dichten, die etwas über dem 20fachen der des Wassers liegen, ist die Dichte der weißen Zwerge gegen die 100.000.

Man hat nun versucht, anhand der Gesetze der theoretischen Physik, insbesondere der Kernphysik, sich ein Bild von dem Lebensablauf eines Sterns zu machen. Seit einigen Jahrzehnten weiß man bereits, daß etwa die Hälfte der Materie des Milchstraßensystems nicht in Form von Sternen geballt ist, sondern aus ungeheuren Gasmassen besteht. In erster Linie ist es der Wasserstoff, dann Helium, Calcium und andere schwere Elemente. Dazu kommt die staubförmige Materie, an Masse ca. 1% der gasförmigen. Das heutige Bild der Sternentwicklung ist etwa folgendes.

Da oder dort ballen sich einzelne Wasserstoffwolken zu Kugeln zusammen, der Prozeß kann vereinzelt, aber auch in enger Nachbarschaft an vielen Stellen praktisch gleichzeitig vor sich gehen. Es entstehen so Einzelsterne, Doppel- und Vielfachsterne und kleine und große Sternhaufen. Diese Kugeln ziehen sich unter dem Einfluß der eigenen Schwere zusammen, die dabei freiwerdende kinetische Energie führt zu einer Erhitzung, wir haben vor uns den sogenannten Hemholtz-Kelvin-Prozeß, der größenordnungsmäßig einige Millionen Jahre

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



andauert. Der Stern beginnt zu leuchten. Vor allem aber setzen in der Mitte des Sterns bei Erreichen der nötigen Temperaturen und Drucke kernphysikalische Prozesse ein, es „verbrennt“ der Wasserstoff zu Helium. Diese Prozesse können je nach der Masse des Sterns sehr verschieden schnell ablaufen. Sterne von Sonnenmasse und darunter können diesen Zustand mehrere Milliarden Jahre beibehalten. Je größer aber die Masse eines Sternes ist, umso intensiver und schneller laufen auch die Kernprozesse ab. So sind denn fast alle Sterne hoher Masse äußerst jung, haben nur ein Alter von einigen Dutzend bis zu 2—3 Hundert Millionen Jahren, während die schwächeren Sterne der Hauptreihe es bis zu einigen Milliarden Jahren gebracht haben. Sterne von doppelter und mehr Sonnenmasse können sich nach einigen hundert Millionen Jahren vorübergehend zu roten Riesen entwickeln, bis dann schließlich aber doch die Kernenergie nicht mehr ausreicht, sie sich wieder zusammenziehen und allem Anschein nach die weißen Zwerge das Ende ihrer Entwicklung darstellen.

Alle diese Prozesse sind noch gegenwärtig im Gange, wir kennen Sterne, die noch im Stadium der Helmholtz-Kontraktion sind, die vielleicht erst einige 10.000 Jahre bestehen. Sie sind teils in einzelnen Milchstraßenhaufen zu finden, teils in Gruppen am Rande von kosmischen Staubmassen (T Tauri-Sterne). Alte Sterne gehören vornehmlich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at


der Population II an. Bei den Milchstraßenhaufen lassen sich auch Altersunterschiede feststellen, etwa von dem äußerst jungen NGC 2264 über die Plejaden mit 150 Millionen Jahren, zur Praesepe, bis zu M 67, der schon einige Milliarden Jahre alt ist. Unter den besonders in Wien studierten visuellen Doppelsternen sind die meisten wohl schon recht alt. Dabei ist zu beachten, daß wir keine Objekte im Universum kennen, die älter als 10 Milliarden Jahre sind. Man kann das Alter des Universums in seiner heutigen Form zu etwa 5—6 Milliarden Jahren ansetzen.

Wenn heute noch Sterne neu entstehen und andere offenbar kurz vor dem Erlöschen sind, dann wird es verständlich, wenn man in der Hochfachliteratur Untersuchungen über die Geburts- und Todesraten der Sterne vorfindet. Auch in anderer Weise kann man Ausdrücke der Biologie in der Astronomie verwenden *). Objekte der niederen Tier- oder Pflanzenwelt sind gewiß „Ganzheiten" und können sich durch Teilung vermehren. Dasselbe gilt von einem Fixstern, dessen physikalische Prozesse der verschiedensten Art untereinander verwoben sind, der mehr ist als die Summe der Atome, aus denen er besteht. Teilungen aber von Fixsternen haben wir offenbar, mit sehr verwickel-

*) Objekte mit bestimmten verwickelten und veränderlichen Spektralerscheinungen heißen „symbiotische Sterne".

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at


ten Prozessen, bei der Bildung der engsten spektroskopisch-photometrischen Doppelsterne vor uns. Während ihres Lebensablaufs wandern die Sterne weiterhin durch die Gas- und Staubmassen der Milchstraße und nehmen Teile hiervon auf. Andererseits verlieren sie dauernd Materie in Form elektrodynamischer und korpuskularer Strahlung. Beides findet ständig bei unserer Sonne statt, in viel stärkerem Maß aber bei den Sternen hoher und höchster Leuchtkraft. Das ist doch ein Analogon zum Stoffwechsel der biologischen Welt.

Bewußt wurde in dem Vortrag nichts gesprochen über die Hypothesen bezüglich der Entstehung unseres Planetensystems. Ehrlich gesagt, wissen wir heute hierüber weniger als je. Die Vorstellungen von Kant und Laplace und anderen sind heute ebenso ehrwürdige Erinnerungsstücke wie die Phlogistonhypothese der Chemiker des 18. Jahrhunderts. Auf unseren internationalen großen Fachkongressen waren in den letzten Jahren immer wieder stundenlange Diskussionen über die Entwicklung der Fixsterne. Für Ähnliches bezüglich des Planetensystems ist es noch zu früh. Die vielartigen heutigen Hypothesen zu beschreiben, die einander gründlich widersprechen, führt hier zu weit.

So ist es z. B. durchaus vertretbar, daß der Mond schon lange vor der Erde entstanden ist und beide sich wechselseitig später zusammengefunden haben. Daß er kein direkter Abkömmling der Erde

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at


sein kann, sondern allerhöchstens gleichzeitig mit ihr entstanden ist, das ist schon seit etwa 80 Jahren durch himmelsmechanische Untersuchungen gesichert.

Es scheint nur sicher, daß solche komplizierten und zugleich stabilen Gebilde wie unser Planetensystem eine große Seltenheit bilden. Vielleicht gibt es unter 100.000 oder einer Million Objekten nur das eine oder andere. Das würde natürlich heißen, daß unter den 100 Milliarden Sternen des Milchstraßensystems sich noch Millionen Planetensysteme finden mögen. Wenn in unserem Sonnensystem neben der Erde anscheinend nur der Mars die Möglichkeit zur Entwicklung organischen Lebens bietet, so dürfte auch das anderswo ähnlich liegen. Wenn man weiter daran denkt, daß der Homo sapiens vielleicht erst $^1/_{10\,000}$ der Zeit existiert, seit die Erde entstand, und die Zeit, daß es eine Technik auf der Erde gibt, den 10,000.000. Teil des Erdendaseins umfaßt, dann sieht man, wie aussichtslos es ist, anderswo im Universum Entwicklungen gleich der unseren festzustellen. Sie sind denkbar, aber äußerst unwahrscheinlich.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1959

Band/Volume: 99

Autor(en)/Author(s): Hopmann Josef

Artikel/Article: Junge und alte Sterne. 91-101