

Die Häufigkeit der Doppelsterne

Autor(en): **Egger, Fritz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): - **(1952)**

Heft 35

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900530>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Häufigkeit der Doppelsterne

Von FRITZ EGGER, dipl. Physiker, Zürich

Vor 70 Jahren glaubte man, die Epoche der Doppelstern-Entdeckungen sei vorüber. Bald aber zeigte der amerikanische Astronom Burnham, dass schon mit einem bescheidenen 6-Zöller allenthalben Neues gefunden werden kann. Der erste, der mit aller Deutlichkeit auf die Notwendigkeit hinwies, einen neuen Doppelsternkatalog herzustellen, war der im letzten Herbst im 87. Altersjahr gestorbene Robert G. Aitken. Mit seinen Mitarbeitern registrierte er auf der Lick-Sternwarte in den Jahren 1899 bis 1932 die visuellen Doppelsterne unter den Sternen bis zur 9. Grössenklasse der Bonner-Durchmusterung (BD), rund 17 000 an der Zahl. Er machte dabei die äusserst interessante Feststellung, dass jeder 18. Stern der BD, der heller als 9. Grösse ist, visuell als Doppelstern erkannt werden kann. Mit der Vervollkommnung der Instrumente und Einführung neuer Methoden vergrösserte sich die Anzahl der mit Sicherheit festgestellten Doppelsterne. Vor allem die Spektralanalyse hat viel dazu beigetragen.

Von 39 Sternen unserer kosmischen Nachbarschaft im Umkreis von 5 Parsec ($1 \text{ pc} = 3.26 \text{ Lichtjahre}$) werden nur 21 als Einzelsterne angesehen, 7 sind mit Bestimmtheit doppelt und 2 dreifach. Zum gleichen Resultat führten Untersuchungen von Heckmann und Haffner am offenen Sternhaufen Praesepe, in dem mindestens 20 % aller Sterne mehrfach sind. Eine noch genauere Untersuchung der Sterne näher als 10 pc durch Kuiper liess erkennen, dass 50 % aller Objekte der Spektralklassen A bis K entweder Doppelsterne oder noch kompliziertere Systeme sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sicher nicht alle Mehrfach-Systeme als solche «erkannt» sind! Van Biesbroeck kam anhand von Sternen mit grosser Eigenbewegung zur gleichen Feststellung. Auf Grund statistischer Ueberlegungen und sehr kritischer Auswertung des Beobachtungsmaterials glaubt Kuiper vermuten zu können, dass möglicherweise gegen 80 % aller Sterne der Sonnenumgebung Mehrfach-Systeme darstellen. Im allgemeinen dürften im Mittel die Doppelsterne in allen Spektralklassen gleich häufig sein, wenn man von der Schwierigkeit absieht, den Mehrfach-Charakter bei einem schwachen Stern, z. B. der Klasse Md (rote Zwerge) zu erkennen. Bei mindestens einem, von Luyten entdeckt, sind beide Komponenten weisse Zwerge; verschiedene Systeme haben einen weissen Zwerg als Komponente (bekannt ist Sirius).

Wieder alle Schwierigkeiten der Entdeckung ausser acht gelassen, sind 68 % der Sterne mit grösserer Masse als die Sonne mehrfach. Für Sterne mit kleinerer oder gleicher Masse wie die Sonne sinkt der Anteil ein wenig: für 0.5 bis 1 Sonnenmasse ist er 30 %, für 0.25 bis 0.5 Sonnenmassen 15 % und beträgt 8 % für Sterne mit 0.1 bis 0.25 Sonnenmassen.

Von nur rund 250 der gegen 20 000 katalogisierten visuellen Doppelsterne sind die Bahnen gut untersucht. Die Zeiten für einen Umlauf (Periode) liegen zwischen gegen schätzungsweise 11 000 Jahren (Sigma Ursae Maioris) und 1 Jahr 8 Monaten (Stern BD —8°4352).

Der Doppelstern-Charakter kann auch im Spektrum festgestellt werden: Wenn die Bahnebene der Komponenten nahezu durch den Beobachtungsort geht, bewegt sich die eine der beiden Sonnen auf uns zu und die andere von uns weg, was entgegengesetzte Doppler-Effekte, d. h. Aufspaltung der Spektrallinien, zur Folge hat. Die Aufspaltung verschwindet, wenn die beiden Sterne von uns aus gesehen hintereinander stehen. Der erste sog. spektroskopische Doppelstern wurde 1889 durch Pickering entdeckt (Mizar im Grossen Bären, der ja als weit entfernten Begleiter das «Reiterlein» hat). Heute sind ungefähr 1000 spektroskopische Doppelsterne bekannt; von etwas über 500 sind auch die Bahnen bestimmt. Die Schätzungen gehen dahin, dass von den heissen Sternen ($50\,000^{\circ}$ bis $20\,000^{\circ}$ Oberflächentemperatur) jeder dritte oder vierte spektroskopisch Doppelstern-Charakter hat.

Es besteht noch eine dritte Möglichkeit, die Mehrfach-Natur eines Sternes festzustellen: die gegenseitige Verfinsterung der Komponenten. Wenn die Richtung zum Beobachter in die Bahnebene des Systems fällt, wechselt die Lichtmenge, die vom Doppelgestirn zu uns gelangt, je nachdem die beiden Sterne neben- oder hintereinander stehen und sich unter Umständen vollständig bedecken. Als Hauptvertreter dieser sog. Bedeckungs-Veränderlichen sind Algol (Beta Persei) und Zeta Aurigae bekannt¹⁾. Der neueste Katalog (Kukarkin und Parenago, 1948) enthält gegen 2000 «Algol-Sterne», von 550 sind die Bahnelemente berechnet. Es gibt Bedeckungs-Veränderliche mit Umlaufzeiten von kaum 4 Stunden!²⁾ Die Entdeckung von noch kürzeren Perioden mit Hilfe der neuen photoelektrischen Messmethoden ist aber nicht ausgeschlossen.

Diese drei Doppelstern-Typen — visuelle und spektroskopische Doppelsterne, Bedeckungs-Veränderliche — können nicht streng voneinander getrennt werden, es ist aber auch nicht nötig, denn es handelt sich ja qualitativ immer um dieselbe Erscheinung. Dass aber alle bis heute bekannten Mehrfach-Sterne nur eine Selektion aus einer grossen Gesamtheit darstellen, ist augenfällig: Sehr weite Paare führen in der für die Beobachtung zur Verfügung stehenden Zeit kaum merkliche Bewegungen aus (die Periode nimmt mit dem gegenseitigen Abstand der Komponenten zu) und werden nicht als zusammengehörig erkannt; die Systeme sind auch leichter erkenntlich, wenn ihre Bahnebene nicht stark gegen die Sichtlinie geneigt ist. Diese letzte Bedingung beschränkt noch mehr die Auswahl bei den spektroskopischen Doppelsternen, denn der Doppler-Effekt tritt nur ein, wenn sich die Lichtquelle tatsächlich auf uns zu oder von uns weg bewegt. Erst recht entscheidend wird die Bahnneigung bei den Bedeckungs-Veränderlichen für ihre Auffindung. Schon bei einer Bahnneigung von 20° gegen die Gesichts-

linie schwindet die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung. Wenn aber die beiden Komponenten sehr verschiedene Durchmesser und verschiedene Leuchtkraft haben — neben geringer Bahnneigung —, liegt der Fall günstiger; besonders dann, wenn der grössere Stern zugleich der lichtschwächere ist, werden die Lichtschwankungen am grössten. Dies ist der Fall z. B. bei Zeta Aurigae und Epsilon Aurigae u. a. Auch ist die Verfinsterung natürlich «tiefer», wenn die Sterne näher beieinander sind, die Periode also kurz ist.

Alle diese Ausführungen dürften deutlich zeigen, dass es sehr schwierig und gefährlich ist, aus diesem einseitigen Material Schlüsse zu ziehen. Die an einem System festgestellten Eigenschaften können kaum auf ein anderes übertragen werden; die physikalischen Eigenarten der verschiedenen Typen unterscheiden sich sehr stark, und von ihnen hängt weitgehend auch die Entdeckungswahrscheinlichkeit ab. Man ist heute eher bereit, jeden Doppelstern als ein Individuum aufzufassen, anstatt statistisch Klassen zu bilden und diese gesamthaft zu untersuchen. Durch die verschiedenen Entdeckungswahrscheinlichkeiten würde eine falsche Häufigkeitsverteilung vorgetäuscht.

Die erstaunlich grosse Zahl der Doppelsterne aller Arten erweckt den Eindruck, dass diese Himmelskörper ein ebenso normales Sterndasein darstellen, wie die Einzelsterne, ja, dass es sogar wahrscheinlicher ist, Mehrfachsterne anzutreffen als Einzelgänger! Die Frage ihrer Entstehung und Entwicklung drängt sich also auf. In grossen Zügen muss man sich vorstellen, dass alle Sterne sich auf irgend eine Weise aus diffuser Materie bilden und sich durch Kontraktion erwärmen, bis in ihrem Innersten Atomkernreaktionen möglich werden. Diese bei tieferen Temperaturen ablaufenden Reaktionen vermögen aber nur für kurze Zeit Energie zu liefern, sodass die Leuchtkraft des Himmelskörpers kaum ansteigt. Diese Sterne haben grosse Ausdehnung und geringe Oberflächentemperaturen, wir kennen sie als rote Riesensterne, wie z. B. Beteigeuze, Zeta Aurigae etc. Wenn der verfügbare Vorrat der bei diesen Kernreaktionen umgesetzten Elemente (vor allem Deuterium, Lithium, Beryllium und Bor) erschöpft ist, bleibt — nach der Ansicht vieler Forscher — nur noch der Kohlenstoff-Stickstoff-(C-N-) Zyklus (entdeckt von Bethe und v. Weizsäcker) als Energielieferant. In diesem wird im wesentlichen Helium aus Wasserstoff aufgebaut. Die Anreicherung von Helium, das für die Strahlung weniger durchlässig ist als Wasserstoff, führt zu einer Temperaturerhöhung im Sterninnersten, wodurch der Umwandlungs-Prozess noch beschleunigt wird, usw. Die zunehmende Energieproduktion äussert sich schliesslich auch in einer Zunahme der Oberflächentemperatur und der Leuchtkraft. Wir haben es hier mit Sternen wie die Sonne zu tun. Was dann geschieht, wenn auch der letzte verfügbare Wasserstoff in Helium umgewandelt ist, entzieht sich noch unserer sicheren Kenntnis. Sehr wahrscheinlich wird der Stern wieder auf seine Gravitationsenergie zurückgreifen und durch Zusammenschrumpfen seine Ausstrahlung bestreiten müssen.

Eine Gaskugel kann sich aber nicht beliebig klein machen. Die Kompressibilität jedes Stoffes hört auf, wenn sich die Atomkerne berühren (bei einem spezifischen Gewicht von rund 10 Millionen Tonnen pro cm^3 !). Die Materie ist dann im Zustand der Entartung und strahlt nicht mehr. Diese Sterne wären etwa von der Art der weissen Zwerge, die ja auf Mondgrösse eine Sonnenmasse vereinigen²⁾.

Bis jetzt war nie die Rede von der Entwicklung der Doppelsterne, die ja unter Umständen ganz anders verläuft wie diejenige von Einzelsternen. Die Entstehung vieler Sternpaare lässt sich nach O. Struve auf folgende Art darstellen: Gaskugeln, wie die Sterne, rotieren im allgemeinen. Wenn sie sich zusammenziehen, wie dies die Sterne im wesentlichen während ihrer ganzen Lauf-

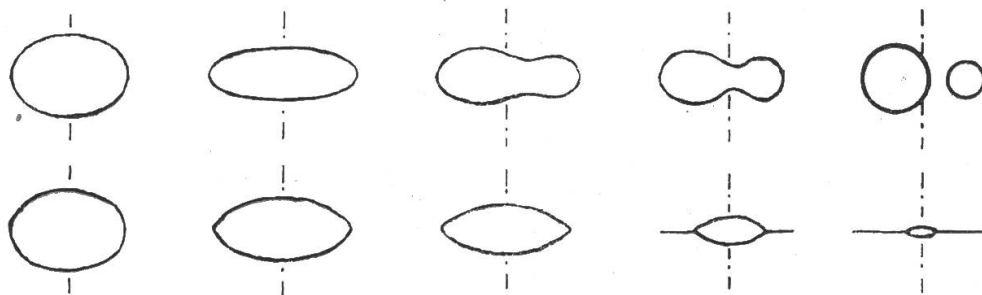


Abb. 1 Sternteilung durch Rotation (n. Jeans)

unten: gasförmige Materie mit Massekonzentration im Zentrum
oben: unzusammendrückbare Materie (Flüssigkeit)
(aus Struve, Stellar Evolution)

bahn tun, behalten sie im grossen und ganzen ihren Drehimpuls bei, wie ein Schlittschuhläufer, der bei der Ausführung einer Pirouette die Arme und Beine anzieht, um in immer schnellere Rotation zu geraten. Der Stern wird sich immer schneller um seine Achse drehen, je älter, d. h. je kleiner er wird. Die Gaskugel wird sich schliesslich sehr stark abplatten. Diese Deformation verläuft nach verschiedenen Gesetzen je nach dem Zustand der Sternmaterie. Es können zwei Grenzfälle für den Verlauf angegeben werden: Ist die Sternmaterie inkompressibel, verhält sich der Stern wie ein Flüssigkeitstropfen, der in immer raschere Rotation versetzt wird, er plattet sich an den Polen ab und wird ein Rotationsellipsoid. Neuere Berechnungen haben ergeben, dass ein solcher Körper nicht mehr stabil ist, wenn der Polardurchmesser weniger als $\frac{7}{12}$ des Aequatordurchmessers beträgt. Er verlängert sich in einer Richtung in der Aequatorebene und wird mehr oder weniger eiförmig. Wenn die Achsen dieses nun dreiachsigen Ellipsoids sich wie 23 : 10 : 8 verhalten, bildet sich irgendwo eine Einschnürung. Dieser jetzt birnenförmige Stern teilt sich schliesslich in zwei — nicht unbedingt gleich grosse — Teile auf. Dabei geht noch ein Teil der ursprünglichen Sternmaterie verloren.

Ganz andere Verhältnisse treffen wir an, wenn die Sternmaterie praktisch im Innersten einer fast masselosen Atmosphäre konzen-

triert ist. Bei zunehmender Rotationsgeschwindigkeit sammelt sich diese Atmosphäre immer mehr über dem Aequator an, bis schliesslich dort eine scharfe Kante entsteht. Bei noch schnellerer Rotation dieses linsenförmigen Sterns kann die Materie durch die Gravitationskraft nicht mehr zurückgehalten werden und verlässt den Stern, während aus dem Inneren Stoff nachströmt. Jeans hat gefunden, dass sich ein wirklicher Stern bei zunehmender Rotation immer teilt. Der tatsächliche Vorgang stellt dabei eine Kombination der beiden angeführten Extremfälle dar: Zuerst wird sich die Sternatmosphäre — mit geringerer Dichte — längs der Aequator-kante verflüchtigen, dann wird die innere Sternpartie abgeplattet und teilt sich in zwei Komponenten auf (s. Abb. 1 und 2).

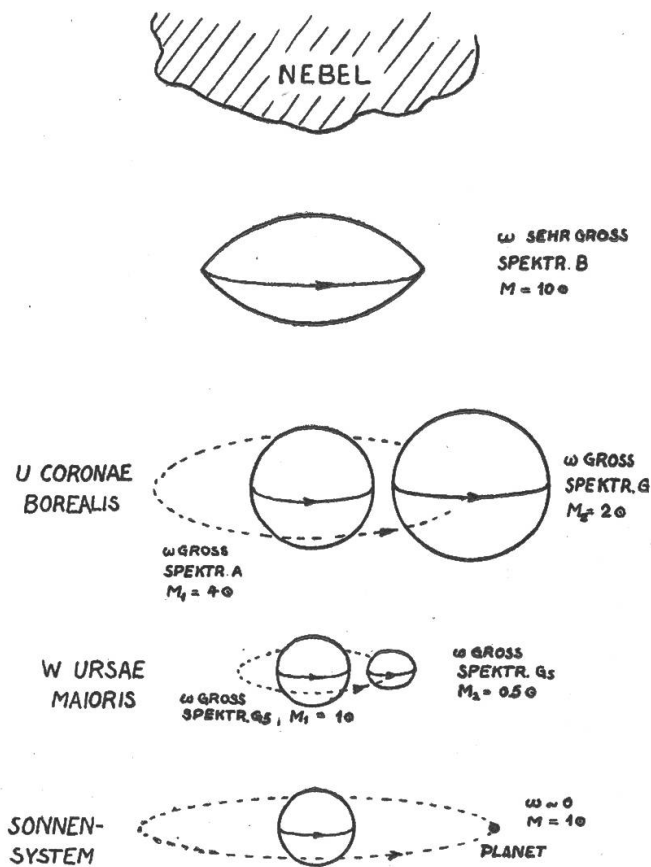


Abb. 2 Möglicher Entwicklungsgang eines engen Doppelsterns (n. Jeans und v. Weizsäcker). Die Rotationsgeschwindigkeit (ω) und die Masse nehmen ab bei der Materieausstrahlung an der Aequator-kante und schliesslicher Teilung.

Der neue Himmelskörper, ein Doppelstern, ist nun umgeben von einer beiden Komponenten gemeinsamen Hülle. Solche Sterne existieren am Himmel in beträchtlicher Zahl. Da die Komponenten aber sehr nahe beieinanderstehen, sich oft sogar berühren, sind sie nur durch genaueste Untersuchung ihrer Spektren erkennbar. Einige der bekanntesten Vertreter sind die Veränderlichen Beta Lyrae, W Ursae Maioris, RW Tauri u. a.

Eine weitere sehr interessante Entwicklungsmöglichkeit bietet sich nach v. Weizsäcker: In der scheibenförmigen «Doppelstern-

Atmosphäre» (der Materie, welche die Aequatorkante des Sterns verlassen hat und sich unter langsamer Rotation immer weiter entfernt) bilden sich Turbulenzzellen, die zu örtlichen Massekonzentrationen Anlass geben. Aus diesen «Knoten» könnten Verdichtungen und schliesslich planetenartige, nichtstrahlende Körper hervorgehen.

Die Ansichten Struves sind deshalb interessant, weil sie eine Möglichkeit darstellen, dass ein Stern seine Masse verkleinert, und damit auch seine Energie-Emission, nach dem Masse-Leuchtkraft-Gesetz. Es würde ihm also vor dem Einschwenken in das Dasein eines weissen Zwergen noch einmal eine Chance zu einem neuen Leben gegeben, sozusagen im Schosse einer Familie, wenn sich Planeten um ihn herum sammeln. Wenn auch das Beobachtungsmaterial für diese sehr engen Doppelsterne noch recht spärlich und die Theorie ihrer Entstehung noch lückenhaft ist, bieten die von Struve publizierten Ideen viele Anregungen für das weitere Vorgehen bei der Suche nach dem Geheimnis der Sternentwicklung.

Literatur :

1. «Orion» Nr. 17, 1947, p. 361.
2. George Gamow, Geburt und Tod der Sonne, Birkhäuser, Basel.
3. 12 Lacertae, Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific, 64 (II. 1952), p. 22.
4. Otto Struve, Stellar Evolution, Princeton University Press, 1950 (s. a. «Orion» Nr. 33, 1951, p. 342).

Sur l'abondance des étoiles doubles (Résumé)

Dans une récente publication (Stellar Evolution) le célèbre astronome américain Otto Struve a donné un exposé des connaissances actuelles sur les étoiles doubles et principalement sur les binaires spectroscopiques. Les étoiles doubles sont étonnamment nombreuses si l'on considère le nombre total des étoiles: Parmi les 39 étoiles distantes de moins de 5 parsecs on compte déjà 7 binaires et 2 étoiles triples; 21 d'entre elles seulement sont considérées, à peu près sûrement, comme dépourvues de compagnon stellaire. Quant aux étoiles des classes spectrales A à K, situées à moins de 10 parsecs, 50 % sont multiples. Tenant compte de la difficulté à déceler la multiplicité (trop grande distance mutuelle des composantes, faible éclat, inclinaison défavorable de l'orbite) Kuiper estime que 80 % environ des étoiles voisines du soleil pourraient être multiples. Les étoiles doubles dont la masse est plus grande que celle du soleil sont relativement plus fréquentes que celles de moindre masse.

On doit donc admettre que l'existence d'étoile double est aussi normale que celle d'étoile simple. Et Struve énonce une théorie, selon laquelle la scission d'une étoile en deux corps (non nécessairement égaux) serait un événement courant durant son évolution (dû à la rotation). La formation de systèmes planétaires pourrait être imaginée comme cas particulier de la fission stellaire.