

# Die Verdoppelung der Dimensionen im Weltall

Autor(en): **Müller, Edith A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): - **(1954)**

Heft 42

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900440>

## **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 Verdoppelung der Dimensionen im Weltall

Von Dr. EDITH A. MÜLLER, Ann Arbor, Michigan (USA)

Während des letzten Kongresses der Internationalen Astronomischen Union (I.A.U.) im September 1952 kündete Dr. Walter Baade von den Mt. Wilson und Palomar Observatorien an, dass die Dimensionen des Universums nach den neuesten Forschungsergebnissen verdoppelt werden müssen<sup>1)</sup>. Diese zunächst etwas sensationell klingende Bekanntgabe ist jedoch tief begründet und stellt den ersten fundamentalen Beitrag zur Astronomie dar, der mit dem neuen 5 Meter-Spiegelteleskop auf Palomar gewonnen wurde. Wie ist man nun zu dieser Erkenntnis gekommen? Stellen wir uns zunächst eine zweite grundlegende Frage: wie werden die Dimensionen des Universums gemessen?

Unter den tausend und abertausend Sternen verschiedenster Eigenschaften gibt es eine Gruppe von Sternen von ganz besonderer Eigenart, die für die Klärung unserer Fragen von ungeheurer grosser Bedeutung sind. Es sind dies gewisse periodisch veränderliche Sterne. Gegenüber dem Grossen Bären auf der anderen Seite des Polarsternes finden wir das eher unscheinbare Sternbild des Cepheus und in diesem einen Stern ( $\delta$  Cephei), dessen Helligkeit sich periodisch ändert. Dieser Stern ist der Prototyp einer Anzahl von Sternen, die gleich ihm in regelmässigen Zyklen pulsieren und daher nach ihm  *$\delta$  Cephei-Sterne* genannt werden. Der periodische Lichtwechsel der  $\delta$  Cephei-Sterne ist nicht wie bei den Bedeckungsveränderlichen darauf zurückzuführen, dass zwei Sterne um ihren gemeinsamen Schwerpunkt rotieren und sich dabei abwechselnd gegenseitig bedecken, sondern hier handelt es sich um ein periodisches Pulsieren des Sternes. Die Ursache dieses veränderlichen Lichtwechsels liegt in einer zyklischen Aenderung des Sternradius und gleichzeitig damit des Volumens, der Dichte, der Temperatur, der Helligkeit und des Spektraltypus des Sterns. Die Periodendauer liegt zwischen einem und etwa 100 Tagen, wobei die Periode von rund 5 Tagen am häufigsten vorkommt. Die Aenderung der Helligkeit ist visuell nicht grösser als eine Grössenklasse. Der Anstieg zum Lichtmaximum erfolgt meist rascher als der Abstieg zum Minimum. Die  $\delta$  Cephei-Sterne sind verhältnismässig seltene Sterne. Sie werden ausnahmslos innerhalb des schmalen Bandes der Milchstrasse beobachtet und in ihrer langsamen Raumbewegung weisen sie die charakteristische Rotationsbewegung der Milchstrasse auf. Die Untersuchung ihrer Spektren hat gezeigt, dass sie zu der Klasse der Ueberriesen gehören, nämlich jenen Sternen sehr grosser Leuchtkraft, deren Dichten zwischen 10 und 0,00001 mal die Sonnendichte betragen und deren Durchmesser das Hundertfache des Sonnendurchmessers übersteigen. Die Zugehörigkeit zur Klasse der Ueberriesen<sup>2)</sup> erklärt das seltene Vorkommen von  $\delta$  Cephei-Sternen, denn Ueberriesen sind seltene Objekte.

<sup>1)</sup> Vgl. «Orion» Nr. 40, S. 138. <sup>2)</sup> Diagramm «Orion» Nr. 41, S. 172.

Eine zweite Sterngruppe mit ähnlichen Eigenschaften, deren Perioden jedoch kürzer als ein Tag sind und die auch sonst gegenüber den  $\delta$  Cephei-Sternen einige deutliche Unterschiede aufweisen, sind unter dem Namen RR Lyrae-Sterne bekannt nach deren Prototyp im Sternbild der Leier. Sie gehören zur Klasse der Riesensterne und sind daher viel zahlreicher als die  $\delta$  Cephei-Sterne (Uebergiganten). Ihre Massen sind im Durchschnitt ungefähr das Vierfache der Sonnenmasse, ihre Radien 5 bis 10 mal grösser als der Sonnenradius und daher ihre Dichten etwa ein Hundertstel der Sonnendichte. Im Gegensatz zu den  $\delta$  Cephei-Sternen kommen sie in allen galaktischen Breiten vor, sind also über den ganzen Himmel verstreut zu finden und besitzen sehr grosse Raumgeschwindigkeiten, die bis zu mehreren hundert Kilometern pro Sekunde betragen. Ein weiterer bedeutender Unterschied der RR Lyrae-Sterne gegenüber den  $\delta$  Cephei-Sternen liegt in deren Auftreten in kugelförmigen Sternhaufen, jenen Anhäufungen von Sternen, deren Konzentration im Zentrum des Haufens so stark ist, dass auch das grösste Fernrohr nur die äusseren Bereiche eines solchen Kugelhaufens in einzelne Sterne aufzulösen vermag. Kugelhaufen finden wir in allen galaktischen Breiten, und in vielen von ihnen wurden RR Lyrae-Sterne beobachtet.

Die Beobachtung von periodisch veränderlichen Sternen beschränkt sich nun aber nicht bloss auf unser Milchstrassensystem. Die Grosse und die Kleine Magellansche Wolke sind die ersten aussergalaktischen Nebel, in welchen  $\delta$  Cephei-Sterne entdeckt wurden. Bei der sorgfältigen Untersuchung der in der Kleinen Magellanschen Wolke gefundenen  $\delta$  Cephei-Sterne wurde von Miss Henrietta Leavitt vom Harvard College Observatory im Jahre 1912 eine ganz besonders wichtige Entdeckung gemacht. Sie fand, dass die Helligkeit und die Periodendauer dieser veränderlichen Sterne in enger Beziehung zueinander stehen: je grösser die scheinbare Helligkeit ist, umso länger ist die Periodendauer. Da in diesem aussergalaktischen Nebel die Einzelsterne als praktisch gleich weit entfernt von uns angenommen werden dürfen, so kann man von der scheinbaren Helligkeit der Sterne direkt auf ihre absolute Helligkeit schliessen. Mit Hilfe einer Anzahl  $\delta$  Cephei-Sterne von Periodendauern bis zu 100 Tagen und RR Lyrae-Sterne ergänzte Dr. Harlow Shapley die von Miss Leavitt gefundene Beziehung und setzte deren Eichung fest, indem er auf Grund von Entfernungsbestimmungen galaktischer  $\delta$  Cephei-Sterne die Konstante bestimmte, um die sich die absolute und die scheinbare Helligkeit voneinander unterscheiden. Aus dem Vergleich von scheinbarer und absoluter Helligkeit kann die Entfernung eines Sternes berechnet werden und deshalb war mit der Perioden-Helligkeits-Beziehung auf einmal die Möglichkeit geschaffen, die Entfernung aussergalaktischer Nebel zu bestimmen, sofern man in ihnen überhaupt periodische Veränderliche finden konnte. Die periodisch veränderlichen Sterne stellen somit den Maßstab dar, mit dem man die Entfernungen im Weltall messen kann. Hat man einmal die Entfernungen einiger aussergalaktischer Nebel bestimmt, so kann man von diesen auf die Entfernungen anderer Systeme schliessen, die zu

weit entfernt sind, als dass man sie in Einzelsterne auflösen könnte, indem man die Gesamthelligkeit eines solchen Systems mit der eines bekannten aussergalaktischen Nebels vergleicht.

Die Freude war gross, als es Dr. Edwin Hubble im Jahre 1920 gelang, auf den mit dem damals neuen zweieinhalb Meter-Spiegelteleskop des Mt. Wilson Observatory aufgenommenen photographischen Platten die Spiralarme des Andromedanebels — jenes unserem Milchstrassensystem so sehr ähnlichen grossen aussergalaktischen Sternsystems — aufzulösen und dabei eine Anzahl  $\delta$  Cephei-Sterne zu entdecken. So konnte er die Perioden-Helligkeits-Beziehung anwenden und damit bestimmte er die Entfernung des Andromedanebels zu rund einer Million Lichtjahren. Bei genauerer Erforschung dieses Systems fiel ihm jedoch eine merkwürdige Tatsache auf, dass nämlich die Kugelhaufen, die dort ebenso wie in unserem Milchstrassensystem aufzufinden sind, alle um ungefähr  $1\frac{1}{2}$  absolute Helligkeiten schwächer erscheinen als die kugelförmigen Sternhaufen in unserem Milchstrassensystem. In Einzelsterne konnten die Kugelhaufen des Andromedanebels nicht aufgelöst werden, weshalb auch keine periodisch veränderlichen Sterne darin beobachtet werden konnten. Doch die auffällige Erscheinung der verminderten absoluten Helligkeit der Kugelhaufen im Andromedanebel gab den ersten Anlass, an der Richtigkeit des verwendeten «Maßstabes» zu zweifeln.

Es blieb dem neuen 5 Meter-Spiegelteleskop auf Mt. Palomar vorbehalten, Klarheit in diesen Widerspruch zu schaffen. Unter der Annahme der auf rund eine Million Lichtjahre geschätzten Entfernung des Andromedanebels waren in diesem auf Grund der Perioden-Helligkeits-Beziehung RR Lyrae-Sterne von der durchschnittlichen scheinbaren Helligkeit von 22,4 zu erwarten. Diese Zahl ist rund  $0.1^m$  mehr als die Helligkeit des schwächsten mit dem 5 Meter-Spiegelteleskop gerade noch wahrnehmbaren Objektes. Trotz sorgfältiger Durchmusterung der photographischen Platten konnte jedoch kein einziger RR Lyrae-Stern aufgefunden werden. Daraus musste geschlossen werden, dass entweder die RR Lyrae-Sterne schwächer sind als angenommen, oder dass der Andromedanebel eine grössere Entfernung besitzt als die bisherige Schätzung angab. Zur Entscheidung wurde der kugelförmige Sternhaufen M 3 zu Hilfe genommen. Die in ihm beobachteten RR Lyrae-Sterne wurden mit Sternen bekannter Helligkeit verglichen und es zeigte sich, dass die auf Grund der Perioden-Helligkeits-Beziehung gewonnenen absoluten Helligkeiten dieser RR Lyrae-Sterne richtig waren. Damit kam man zu dem Schluss, dass die Entfernung des Andromedanebels bis anhin als zu klein geschätzt wurde. Die Eichung unseres «Maßstabes» war falsch. Es erwies sich, dass die im Andromedanebel beobachteten periodischen Veränderlichen in Wirklichkeit  $1\frac{1}{2}$  mal heller sind als das ursprüngliche Perioden-Helligkeits-Diagramm angab, was zur Folge hat, dass die bisher angenommene Entfernung des Andromedanebels verdoppelt werden muss.

Der Grund, weshalb sich dieser Fehler in der Eichung unseres «Maßstabes» einschleichen konnte, ist darin zu suchen, dass im Pe-

rioden-Helligkeits-Diagramm bisher keine Rücksicht auf den bedeutenden Unterschied zwischen der von Dr. Baade im Jahre 1944 eingeführten Stern-Population I und Stern-Population II genommen wurde. Als damals Dr. Baade mit dem 2½ Meter-Reflektor Aufnahmen des Andromedanebels sowohl mit blau- wie mit rotempfindlichen photographischen Platten durchführte, entdeckte er, dass alle Sterne in zwei Populationen eingeordnet werden können. Die hellsten Sterne der Population II sind rot und rund 1000 mal heller als die Sonne. Die hellsten Sterne der Population I dagegen sind sehr heisse blaue Sterne mit Helligkeiten, die rund 100 000 mal grösser sind als die der Sonne. Sterne der Population II sind im Kern des Spiralnebels konzentriert, während die Sterne der Population I in den Spiralarmlen zu finden sind. So wie die Sterne der beiden Populationen verschieden sind voneinander, so sind auch die zugehörigen periodischen Veränderlichen deutlich voneinander zu unterscheiden, und somit darf nicht eine einzige Perioden-Helligkeits-Kurve für beide Populationen verwendet werden. Es zeigte sich, dass die periodischen Veränderlichen der Population I um 1½ Grössenklassen heller sind als solche der gleichen Periodendauer von Population II Veränderlichen. Nun gehören aber die im Andromedanebel beobachteten Veränderlichen der Population I an, und da das ursprüngliche Perioden-Helligkeits-Diagramm für diese Veränderlichen eine um 1½ Grössenklassen zu schwache absolute Helligkeit angab, wurde die Entfernung des Andromedanebels zu klein geschätzt. Damit ist auch der Widerspruch zwischen der absoluten Helligkeit der Kugelhaufen im Andromedanebel und der in unserem Milchstrassensystem aufgehoben.

Die Verdoppelung der Entfernung des Andromedanebels hat zur Folge, dass auch seine Ausdehnung doppelt so gross angenommen werden muss. Dadurch verliert unser eigenes Milchstrassensystem seine Sonderstellung, doppelt so gross als eines der grössten aussergalaktischen Systeme zu sein, denn die Bestimmung seiner Dimensionen unterlag dem begangenen Fehler im Perioden-Helligkeits-Diagramm nicht.

Ferner wurden die Entfernungen aller bisher beobachteten aussergalaktischen Systeme mit dem gleichen falschgezeichneten «Maßstab» gemessen und daher müssen bei allen deren Entfernung und Ausdehnung ungefähr verdoppelt werden. Wenn aber alle beobachteten aussergalaktischen Systeme in doppelte Entfernung rücken, so heisst dies, dass das 5 Meter-Spiegelteleskop auf Mt. Palomar Objekte wahrnehmen kann, die bis zu 2 000 000 000 Lichtjahren entfernt sind, und nicht, wie man bisher annahm, nur solche bis zu 1 000 000 000 Lichtjahren!

Nebenbei sei noch erwähnt, dass als eine weitere Folge der Verdoppelung der Dimensionen des Universums auch dessen Altersbestimmung beeinflusst wird, da diese auf Grund der Entfernung und der Geschwindigkeiten, mit denen die aussergalaktischen Nebel voneinander zu fliehen scheinen, gewonnen wird.