

Sternhaufen

Autor(en): **Pahlen, E. von der**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): - **(1951)**

Heft 30

PDF erstellt am: **14.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900488>

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.

Sternhaufen

Von Prof. Dr. E. von der PAHLEN, Basel

Vortrag gehalten in der Universität Basel, anlässlich der Generalversammlung 1950 der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Von den vielen Wundern, die wir in unserem Sternsystem um uns herum sehen, wie pulsierende Sterne, leuchtende Gasnebel, Wolken kosmischen Staubes usw., stellen vielleicht das allergrösste Wunder die dichten, auf engem Raum beschränkten Ansammlungen von Sternen dar, die als *Sternhaufen* bezeichnet werden. Schon ein flüchtiger Blick auf die uns heute zur Verfügung stehenden zahlreichen photographischen Aufnahmen solcher Gebilde zeigt, dass sie sehr verschieden aussehen. Es ist bekannt, dass man sie alle in zwei grosse Klassen einteilen kann, die *Kugelhaufen* und die *offenen Haufen*. Als extreme Beispiele beider Haufenarten können der «offene» Haufen der Plejaden (im Sternbild Stier) und der Kugelhaufen Messier 13 (im Sternbild des Herkules), der S. 188 abgebildet ist, dienen. Allerdings sind die Unterschiede nicht immer so krass, wie in diesen beiden extremen Fällen, und die erwähnte Zweiteilung lässt sich im allgemeinen noch nicht mit voller Konsequenz durchführen. Die drei wichtigsten Merkmale, nach denen man einen offenen Haufen von einem Kugelhaufen zu unterscheiden pflegt, sind nämlich:

1. die Form ihrer Projektion auf der Himmelssphäre,
2. die in ihnen enthaltenen Sternanzahlen,
3. ihre Lage am Himmel in Bezug auf die Milchstrasse.

Die Kugelhaufen erscheinen immer als Kreisscheiben, mit nur ganz geringen «Abplattungen» in einzelnen Fällen, während die offenen Haufen, wie z. B. die Plejaden, auch eine unregelmässige Gestalt haben können. Die Sternanzahl ist in den Kugelhaufen im allgemeinen sehr viel grösser als in den offenen Haufen. Während ein Haufen letzterer Art mit 100 und mehr Sternen schon zu den Seltenheiten gehört, enthalten die meisten Kugelhaufen Hunderttausende von Sternen, die in ihren zentralen Teilen so gedrängt stehen, dass die einzelnen schwächeren Sterne gar nicht mehr gezählt werden können. Beide Klassen von Sternhaufen zeigen eine enge Beziehung zu der grossen Symmetrieebene unseres Sternsystems, die durch die Sternwolken der Milchstrasse gekennzeichnet wird, doch ist die Verteilung beider Gruppen in Bezug auf diese Ebene — den galaktischen Aequator — eine stark verschiedene. Die Kugelhaufen, von denen wir in unserem Sternsystem nur 93 kennen, sind auf beide galaktischen Hemisphären, also zu beiden Seiten der Milchstrassenebene, symmetrisch verteilt, 47 in der nördlichen, 46 in der südlichen Halbkugel. Innerhalb der eigentlichen Milchstrasse sind sie nicht zu finden, sondern nur in höheren galaktischen Breiten, bis zu den höchsten, jedoch mit starker Bevorzugung der Breiten $\pm 10^\circ$. Dagegen liegen die offenen Haufen in unmittelbarer Nähe des galaktischen Aequators, also vorwiegend

in der Milchstrasse, weshalb sie in neuerer Zeit auch als «galaktische Haufen» bezeichnet werden. Nun gibt es aber eine Reihe von Fällen, in denen sich diese verschiedenen Kriterien zueinander in Widerspruch befinden. So kennen wir z. B. eine Anzahl von Haufen, die sich als kreisrunde Scheiben auf die Sphäre projizieren und nur aus dem Grunde nicht zu den Kugelhaufen gezählt werden, weil sie innerhalb des Milchstrassengürtels liegen und viel weniger Sterne enthalten, als ein normaler Kugelhaufen aufzuweisen pflegt.

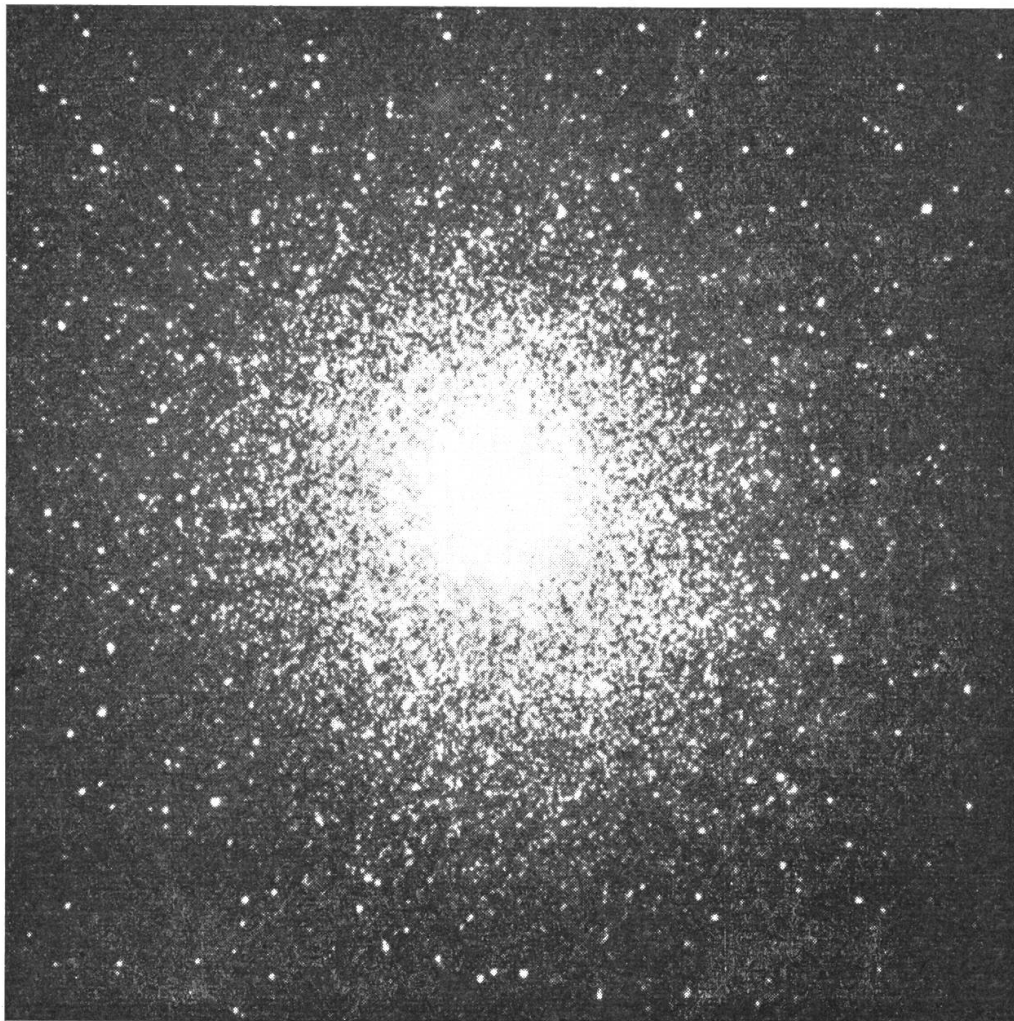


Abb. 1 Der Kugelsternhaufen M 13 im Herkules

Aufnahme mit dem 60 Zoll-Spiegelteleskop des Mt. Wilson-Observatoriums bei 11 Stunden Belichtungszeit. — Schon in mittelgrossen Fernrohren ist dieser Sternhaufe ein prächtiges Objekt. Die hellsten Sterne sind von der Grösse 13.8^m.

Der Haufendurchmesser beträgt rund 160 Lichtjahre, seine Entfernung 33 500 Lichtjahre.

Dagegen gibt es auch einzelne Fälle, in denen ein Haufen zu den Kugelhaufen gerechnet wird, trotzdem er auffallend sternarm ist, nur weil er in einer Gegend steht, in der offene Haufen nicht vorkommen pflegen, wie die Umgebung der galaktischen Pole. Es ist klar, dass durch diese Kriterien nur das allgemeine Verhalten

der offenen und kugelförmigen Haufen gekennzeichnet, nicht aber eine strenge Definition ihrer Natur gegeben wird. Eine solche wird wahrscheinlich erst in der statistischen Zusammensetzung ihres Sternmaterials in Bezug auf die Spektralklasse zu finden sein, doch reichen die uns heute zur Verfügung stehenden Beobachtungen zur konsequenten Durchführung einer solchen Klassifikation noch nicht aus.

Einen sehr charakteristischen Unterschied zeigt die Verteilung der beiden Haufenarten in Bezug auf die galaktische Länge: Während sich die offenen Haufen über den ganzen galaktischen Äquator ganz gleichmässig verteilen, sind die Kugelhaufen bekanntlich auf eine Halbkugel der Himmelssphäre beschränkt, deren Pol in der Milchstrasse bei der Länge 326° , also im Sternbild des Schützen, liegt. Es ist ja bekannt, wie auf Grund dieser ganz einseitigen Verteilung, in Verbindung mit den mit Hilfe der in ihnen enthaltenen Veränderlichen der «Cepheiden-Klasse» bestimmten Entfernungen der Kugelhaufen, eine ganz neue Vorstellung vom Aufbau unseres galaktischen Sternsystems von H. S h a p l e y entwickelt werden konnte. Nach dieser Vorstellung befindet sich die Sonne und die ihre Umgebung bildende lokale Sterngruppe in einer ganz exzentrischen Lage in Bezug auf den wahren Mittelpunkt des Gesamtsystems, der in der Richtung nach dem obenerwähnten Punkte im Schützen in einer Entfernung von etwa 30 000 Lichtjahren zu suchen ist und wahrscheinlich eine riesige Ansammlung von Sternwolken und kosmischen Staubwolken darstellt.

An dieser Stelle kann ich natürlich kein einigermaßen vollständiges Bild von dem Aufbau dieses «erweiterten» Sternsystems geben und will mich daher damit begnügen, zwei sich uns stellende Probleme herauszugreifen, die gegenwärtig im Mittelpunkt des Interesses stehen dürften und über die noch wenig berichtet worden ist:

- a) die Frage nach der Entstehung der Kugelhaufen und überhaupt aller Sternhaufen, die eine zentrisch-symmetrische Struktur zeigen, und
- b) die Frage des Zusammenhanges der Sternhaufen mit ihrem galaktischen Hintergrunde, d. h. dem allgemeinen Sternsystem, dem sie angehören.

Hier muss gleich vorweggenommen werden, dass die Erscheinung der Haufenbildung keineswegs auf unser Sternsystem beschränkt ist, sondern augenscheinlich eine allgemeine kosmische Bedeutung hat. In den uns im Raume umgebenden «fremden» Sternsystemen sehen wir, sofern die Entfernungen dieser Systeme uns gestatten, so kleine Objekte in ihnen noch festzustellen, eine Reihe von Gebilden, in denen wir diesen Systemen angehörende Sternhaufen, speziell auch Kugelhaufen, erkennen müssen.

Schon das allernächste «fremde» Sternsystem, die grosse Magellansche Wolke, lässt unmissverständlich mehrere solche Gebilde erkennen, trotz ihrer Entfernung von rund 70 000 Lichtjahren,

aber auch in dem etwa noch zehnmal weiter von uns entfernten Spiralnebel in der Andromeda lassen sich mit voller Sicherheit lokale Sternverdichtungen beobachten, die nur als offene und kugelförmige Sternhaufen gedeutet werden können.

Die inneren Verhältnisse in einem Kugelhaufen sind uns heute noch ziemlich unvollkommen bekannt, weil wir in ihnen nur die allerhellsten Sterne getrennt sehen und über die tatsächliche Verteilung der schwächeren Sterne, die wir nicht mehr abzählen können, nichts Bestimmtes auszusagen vermögen. Wir wissen aber schon, dass ein normaler Kugelhaufen einen Radius von 30 bis 50 Lichtjahren aufweist, und bei dieser Grösse nicht weniger als 40 000 Sterne enthält, die beträchtlich heller als unsere Sonne sind, so dass seine Gesamtmasse nicht unter 250 000 Sonnenmassen betragen kann, und die räumliche Sterndichte in ihm etwa 4—5000 mal grösser sein muss, als in der Umgebung unserer Sonne.

Wie können solche merkwürdige und im wesentlichen sphärische Zusammenballungen von Sternen entstanden sein? Die landläufige Theorie hat hierfür eine Erklärung, jedoch ist diese kaum sehr befriedigend. Sie lautet etwa folgendermassen: An einer Stelle des Raumes ist zu irgend einer Zeit eine beträchtliche Zusammenballung von gasförmiger Materie erfolgt. Aus dieser Gaswolke haben sich Sterne entwickelt, die ursprünglich mit einer räumlichen Dichte von Tausenden von Sonnenmassen pro Kubiklichtjahr verteilt waren und beträchtliche ungeordnete Relativgeschwindigkeiten gegeneinander besaßen. Ein solches Gebilde hat die Tendenz, eine mehr oder weniger kugelförmige Gestalt anzunehmen und wird unter dem Einfluss der zwischen den einzelnen Sternen stattfindenden Wechselwirkungen (Begegnungen, die hier die Rolle der Zusammenstösse der kinetischen Gastheorie übernehmen) dem Zustande eines isothermen Gleichgewichtes zustreben, den es aber wegen seiner endlichen Masse nur bei vollständiger Auflösung («Verödung») erreichen kann. Die uns bekannten Sternhaufen befinden sich gerade in diesem Zustande der Auflösung. Diese Vorstellung von der Entstehung und Entwicklung eines dichten Sternhaufens schliesst nun aber beträchtliche Schwierigkeiten in sich. Es ist nicht leicht einzusehen, auf welche Weise die von ihr verlangte Zusammenballung einer Gasmasse in einem verhältnismässig engen Raume erfolgt sein kann. Auch neigen die meisten Astronomen heute dazu, in einem Stern das Produkt eines natürlichen, einigermaßen «ungestörten» Wachstums zu sehen, und es erscheint von diesem Standpunkt aus keineswegs ohne weiteres verständlich, wieso sich auf dem engen Raume des Kernes eines Kugelhaufens, in «planetarischen» gegenseitigen Entfernungen und unter ständiger gegenseitiger Störung durch Begegnungen aus etwaigen anfänglichen Verdichtungen normale Riesensterne entwickeln könnten.

Aus diesen und anderen, hier nicht näher zu erwähnenden Gründen erscheint es nicht unvernünftig, sich auf den entgegengesetzten Standpunkt zu stellen, und die Entstehung der dichten

Haufen durch ein Zusammenströmen der Sterne zu erklären zu versuchen. Es ist nämlich sehr wahrscheinlich, dass in einer diffusen Gaswolke eher viele lokale Verdichtungen als eine zentrale Zusammenballung entstehen müssten, und die aus ihnen entstehenden Sterne würden dann, wenigstens im statistischen Sinne, in Bezug auf diese Wolke anfänglich ruhen. Für die auffallend kleinen Relativgeschwindigkeiten in Sterngruppen, deren Mitglieder augenscheinlich gemeinsamen Ursprungs sind, lassen sich aus der Erfahrung nicht wenige Belege anführen: die sogenannten lokalen Sternströme, wie der Ursa-Major-Strom, der Taurusstrom (die Hyaden) usw., deren Sterne sich praktisch alle mit der selben Geschwindigkeit bewegen. Auch in den offenen Sternhaufen scheinen keine grösseren Geschwindigkeiten vorzukommen, und die mittlere relative Geschwindigkeit scheint von der Grössenordnung von nur 1 km/sec zu sein. Nehmen wir nun aber als Ausgangsstadium eine sehr verdünnte räumliche Verteilung von gegeneinander praktisch ruhenden Sternen an, dann ist es klar, dass ein solches Gebilde unter dem Einflusse seines eigenen Gravitationspotentials sich zusammenziehen müsste, und zwar in einer verhältnismässig kurzen Zeit, zu einem Gebilde sehr grosser räumlicher Sterndichte.

Dies lässt sich an dem folgenden idealisierten Modell sofort demonstrieren: Wir stellen uns eine kugelförmige Sternwolke vor, die aus einer Million Sonnen (Masse $10^6 \odot$) besteht und einen Radius von 3260 Lichtjahren (1000 Parsec) hat. Wie wir gleich sehen werden, sind uns solche Gebilde in der Welt nicht ganz unbekannt, wenn sie auch schwer zu beobachten sind. Wie zieht sich nun ein solches Gebilde unter der eigenen Gravitationskraft zusammen? Es ist leicht zu zeigen, dass, wenn die ursprüngliche Verteilung der Sterne in der grossen Kugel eine gleichmässige war, sie bei der Zusammenziehung zwar immer dichter, aber stets eine gleichmässige bleiben wird, und dass die Sternwolke nur 100 Millionen Jahre brauchen würde, um sich auf die Dimensionen eines normalen Sternhaufens mit einem Radius von etwa 70 Lichtjahren) zusammenzuziehen. Da die Lebensdauer eines Sternes heute auf etwa 1 bis 10 Milliarden Jahre abgeschätzt werden kann, ist es klar, dass solche Prozesse der Haufenbildung im Laufe der physikalischen Entwicklung eines Sternsystems dutzendweise vorgekommen sein können. Ist aber die ursprüngliche Verteilung der Sterne keine ganz gleichmässige, sondern fällt die räumliche Dichte auch nur ganz wenig vom Mittelpunkte nach dem Rande zu ab, so entsteht in dem Gebilde bei seiner Zusammenziehung eine sehr starke Zentralverdichtung, die mit den beobachteten Kernen von Kugelhaufen die grösste Aehnlichkeit hat ¹⁾. Diese Bedingungen werden in der Natur wohl nur als Ausnahmefälle verwirklicht sein, und es wäre von diesem Standpunkte aus durchaus verständlich, warum uns in unserem Sternsystem nur etwa 90 solche Gebilde bekannt

¹⁾ E. von der Pahlen, Ueber die Entstehung der sphärischen Sternhaufen, Zeitschrift für Astrophysik, Bd. 24, S. 68, 1947.

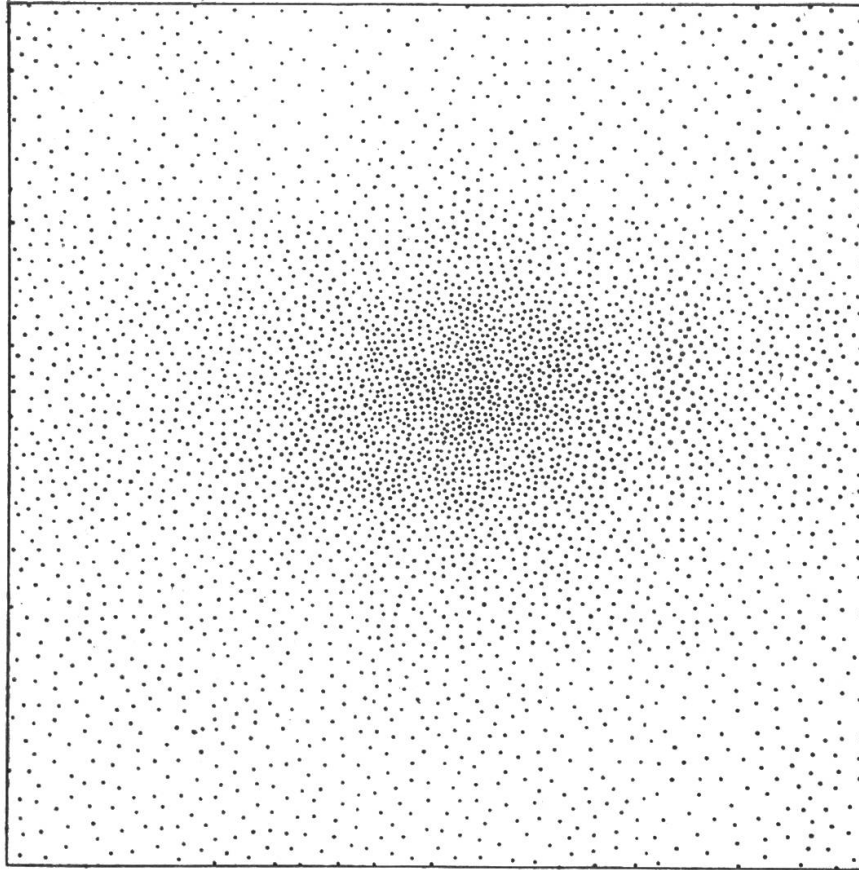


Abb. 2 Mittlere Partie des Sculptor-Haufens

Es fehlt jede Spur einer kernartigen **Zentralverdichtung**
(Nach Harvard-Bulletin Nr. 908)

sind. Man könnte aber den Einwand erheben, dass wir dichte Sternhaufen mit verschiedenen Graden der Konzentration wohl sehen, die ganz diffusen, noch kernlosen Stadien des Prozesses uns aber unbekannt geblieben sind. Dieser Einwand kann heute nicht mehr als stichhaltig betrachtet werden, weil wir in neuerer Zeit mehrere ganz diffuse Gebilde kennengelernt haben, und wahrscheinlich noch mehr kennen würden, wenn sie nicht so ausserordentlich schwer zu beobachten wären. In den Jahren 1938 und 1939 lenkte Shapley die Aufmerksamkeit der Astronomen auf zwei merkwürdige, am Südhimmel aufgenommene Gebilde, die man mit gleichem Rechte als riesige lose Sternhaufen oder als *Zwerggalaxien* (sehr kleine Sternsysteme) ansprechen kann. Sie liegen in den Sternbildern Sculptor und Fornax, in der Nähe des südlichen Himmelspols. Um uns an den besser untersuchten von den beiden Haufen, den Sculptorhaufen, zu halten, der in einer Entfernung von rund 250 000 Lichtjahren von uns steht, so haben wir in ihm ein praktisch sphärisches Gebilde von einigen 5000 Lichtjahren Radius, welches aus mindestens drei Millionen Sonnenmassen bestehen muss. Das sind aber grössenordnungsmässig gerade die Dimensionen, die wir unserer Proberechnung zugrunde gelegt hatten, und

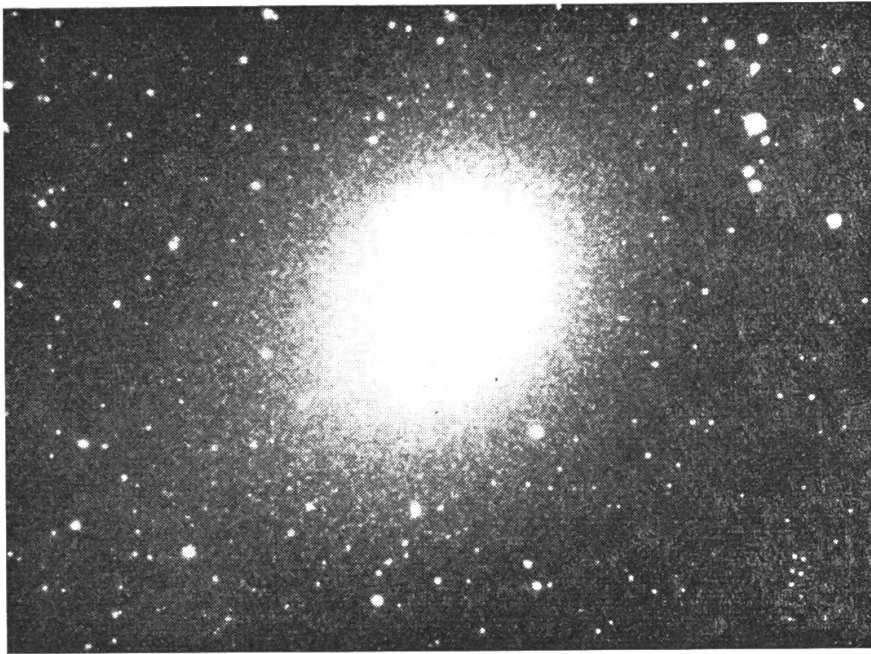


Abb. 3 NGC 185

Dieser elliptische Nebel gehört zur lokalen Gruppe von Sternsystemen, zu der auch der Grosse Andromeda-Spiralnebel M 31 zählt. Die Aufnahme wurde von Dr. W. Baade mittelst rotempfindlicher Platte mit dem 100-Zoll-Spiegelteleskop auf Mount Wilson bei 4-stündiger Belichtung gewonnen. Deutlich lässt sich in den Aussenpartien die *Auflösung des «Nebels» in Einzelsterne* erkennen. NGC 185 ist nur 58' von einem ähnlichen Objekt NGC 147 entfernt und es wird angenommen, dass beide «Nebel» als Begleiter des Grossen Andromedanebels angesehen werden können, von dem sie ca. 7° entfernt sind, im Raume rund 40 000 Parsec (= ca. 130 000 Lichtjahre). NGC 185 steht in einer Entfernung von rund 670 000 Lichtjahren. Position: AR 0h33.4m, $\delta +47^\circ 47'$, fotogr. Gr. +11.8^m, absolute Grösse —10.6^m. Gesamtdurchmesser inkl. äussere Regionen ca. 2700 Lichtjahre, scheinbarer Durchmesser 14.5' $\times$ 12.3'.

(Astrophys. Journal 100, 148.)

wir wissen daher, dass sich ein solches Gebilde in rund 100 Millionen Jahren zu einem normalen Kugelhaufen zusammenziehen kann. Besonders auffallend ist in diesem Gebilde, ebenso wie im Fornax-Haufen, die vollständige Abwesenheit jeder Spur einer kernartigen Zentralverdichtung, wie aus der Abbildung 2 auf S. 192 der mittleren Partie des Sculptor-Haufens zu ersehen ist. Es wird wohl kein Mensch im Ernst behaupten wollen, dass dieses Gebilde auf dem Wege der «Aufblähung» eines ursprünglich dichten Kugelhaufens entstanden sein könnte. In jüngerer Zeit sind uns noch zwei weitere Systeme ganz ähnlichen Charakters durch die Untersuchungen von W. Baade bekannt geworden, dem es unter Verwendung von rotempfindlichen Platten gelungen ist, am 100-zölligen Mt. Wilson-Reflektor zwei kleine aussergalaktische Nebel in Sterne aufzulösen. Es sind die Nebel NGC 147 und NGC 185 (Abb. 3), die beide unweit von dem von ihm gleichfalls in Sterne aufgelösten Andromedanebeln stehen. Auch hier handelt es sich um

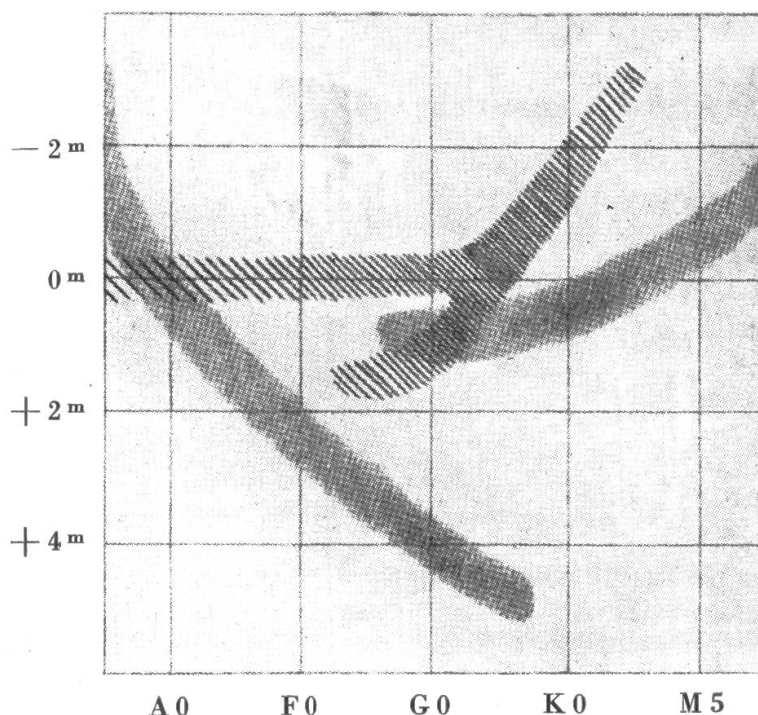


Abb. 4 Hertzsprung-Russell-Diagramm

Links am Rand der Darstellung sind die absoluten Grössen gegeben, unten die Spektralklassen. Die in Schummerung (kontinuierliche Schattierung) dargestellten Zonen entsprechen der Population I (unsere stellare Umgebung), die schräg schraffierten Zonen der Population II (Sterne in Kugelsternhaufen). (Astrophys. Journal 100, 148.)

«Zwerggalaxien» von rund 1500 Lichtjahren Radius, die aus etwa drei Millionen von Sternen bestehen, doch sind ihre Entfernungen von uns noch beträchtlich grösser als die der Haufen in Sculptor und Fornax, nämlich etwa 670 000 Lichtjahre.

Wenn es nun als sicher gelten kann, dass die Sternhaufen aus den diffusen Sternfeldern, in denen wir sie heute sehen, entstanden sind, so fragt es sich, wo sie am häufigsten gebildet werden und aus welchen Sternen sie sich zusammensetzen. Damit kommen wir zu unserer zweiten Frage nach dem Zusammenhang zwischen den Sternhaufen und dem Sternsystem. Die wichtigste Tatsache, die uns hier in die Augen springt, ist die, dass die hellsten Sterne, die wir in den Kugelhaufen sehen, nicht etwa weisse oder blaue Sterne sind, wie wir sie aus unserer unmittelbaren Umgebung so gut kennen, sondern rote Riesensterne, die höchstens 2000 mal heller als die Sonne sind. Die Zusammensetzung der Sternbevölkerung eines Kugelhaufens ist also eine prinzipiell andere, als der Bevölkerung unserer nächsten kosmischen Umgebung, eine Tatsache von äusserst grosser Bedeutung, auf die W. Baade 1944 zuerst eindringlich aufmerksam gemacht hat. Die Zusammensetzung einer «Sternpopulation» wird ja bekanntlich durch deren Hertzsprung-Russell-Dia-

gramm charakterisiert, das eine Korrelationstafel zwischen der absoluten Helligkeit und dem Spektraltypus darstellt.

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm für unsere stellare Umgebung besteht aus einem nahezu horizontalen «Riesenast» und einer schrägen «Hauptsequenz», an deren unterem Ende die Zwergsterne stehen. Es ist auf der von Baade entworfenen Figur (Abb. 4) durch kontinuierliche Schattierung dargestellt. Besonders auffallend ist die Lücke im Riesenaste bei der Spektralklasse F. Eine Sternbevölkerung dieses Typus bezeichnet Baade als Population I. Die spektrale Zusammensetzung der Kugelhaufen ist eine merklich andere und ist auf der Abbildung durch schräge Schraffierung gekennzeichnet. Hier haben wir einen Riesenast vor uns, dessen Sterne beträchtlich heller sind als die roten Riesen unseres Systems, aber weniger hell als die in diesem System auftretenden weissen und blauen Riesen. Die oben erwähnte Lücke im Riesenaste ist hier vollständig ausgefüllt, denn an dieser Stelle befinden sich gerade die kurzperiodischen Veränderlichen der Cepheiden-Klasse, die für die Kugelhaufen so charakteristisch sind. Das ist der zweite Typus einer Sternbevölkerung, den Baade als Population II bezeichnet. Es ist nun sehr bemerkenswert, dass unter den Sternen unserer unmittelbaren kosmischen Umgebung einige Gruppen auch bestimmt zu der Population II gerechnet werden müssen: das sind die Populationen einiger offener Haufen (während sonst die meisten dieser Gebilde zu der Population I gehören) und ferner die Gruppe der sogenannten «Schnell-Läufer», d. h. der Sterne, deren Geschwindigkeit in Bezug auf unsere Umgebung grösser als etwa 70 km/sec ist. In Wirklichkeit sind es «Langsamläufer», also Sterne, welche die schnelle Bahnbewegung der Sterngruppe, zu der unsere Sonne gehört, nicht mitmachen und daher «zurückbleiben», also Feldsterne, deren Ursprung sich von dem unserer Sterngruppe stark unterscheiden kann. Ähnliche Unterschiede in der Population lassen sich auch in «fremden» Sternsystemen feststellen: so gehören die Kerne der Spiralnebel bestimmt der Population II an, während in den äusseren Partien der Spiralarme weisse und blaue, sehr lichtstarke Sterne auftreten, die für die Population I charakteristisch sind.

Hiermit ist uns ein neues, sehr reizvolles, aber zunächst noch sehr verwirrendes astrophysikalisches Problem aufgegeben. Die von den Sternen im Hertzsprung-Russell-Diagramm eingenommenen Gebiete entsprechen *möglichen* Sternzuständen, während die leer bleibenden Gebiete *nicht mögliche* Sternzustände kennzeichnen. Nun haben wir zwei verschiedene Sternpopulationen vor uns, die zum Teil sogar miteinander vermischt auftreten, und die sich voneinander dadurch unterscheiden, dass gewisse Sternzustände, die in der einen Population als möglich erscheinen, sich in der anderen als unmöglich erweisen, und umgekehrt. Die Deutung dieser Erscheinung, der augenscheinlich eine ganz grundlegende kosmologische Bedeutung zukommen muss, wird eine der wichtigsten Aufgaben der zukünftigen Forschung bilden.