Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 50 (1992)
Heft: 248

Artikel: Aufbau und Entwicklungsgeschichte des Milchstrassensystems
Autor: Trefzger, Ch.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898974

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: 09.07.2025

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

Aufbau und Entwicklungsgeschichte des Milchstrassensystems

CH. TREFZGER

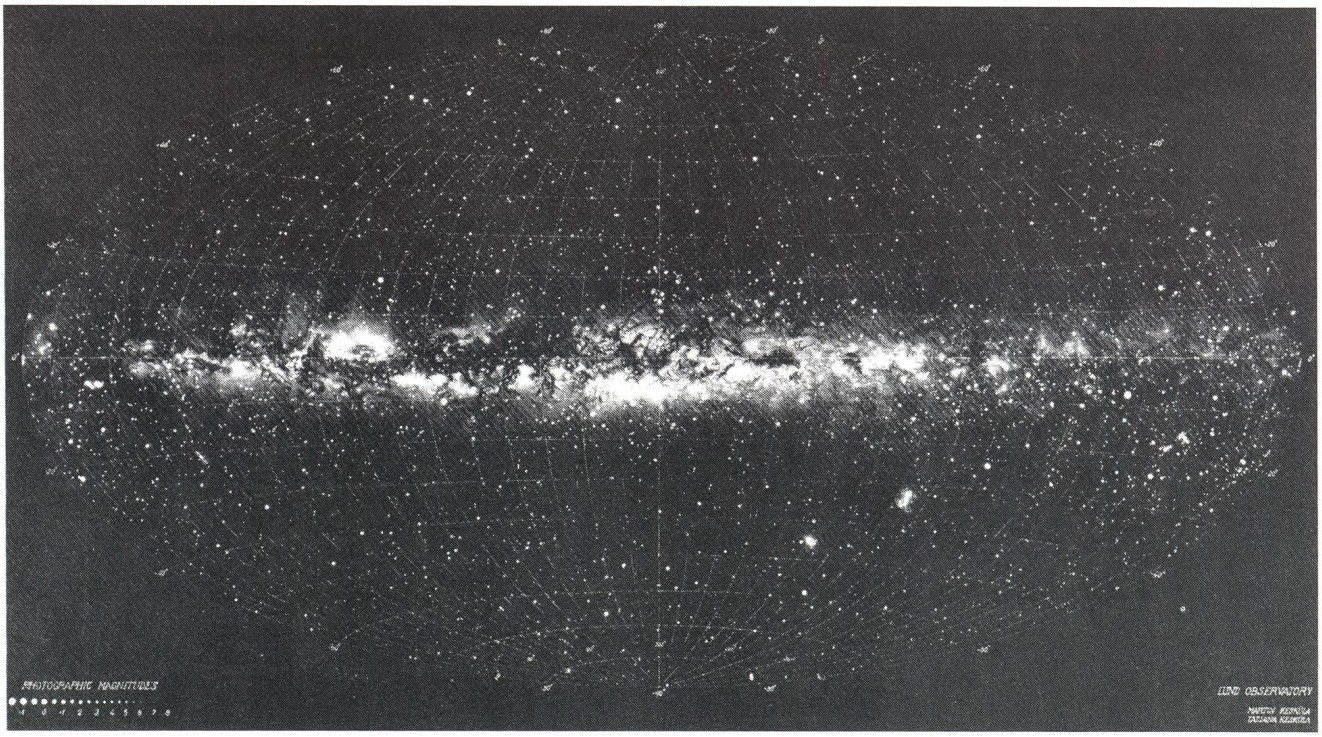
Schriftliche Fassung des anlässlich der Generalversammlung der SAG in Chur am 15. Juni 1991 gehaltenen Hauptvortrags.

Teil I: Unsere Vorstellungen vom Bau des Milchstrassensystems im Laufe der Zeit

Schon in frühen Zeiten hat sich der Mensch Gedanken gemacht über das geheimnisvoll schimmernde Lichtband der Milchstrasse, welches sich in den Sommernächten über uns hinzieht (Fig.1). Einer der ersten, der sich systematisch mit dieser Frage beschäftigte, war W.Herschel (1738-1822) in England. Er besass die besten und weitreichendsten Spiegelteleskope seiner Zeit. Mit ihrer Hilfe unternahm er umfangreiche Sternzählungen in verschiedenen Feldern des Himmels mit dem Ziel, Ausdehnung und Form des Milchstrassensystems zu ergründen. Dabei nahm der an, alle Fixsterne besitzen die gleiche absolute Leuchtkraft wie die Sonne. Da er die Entfernungen der Sterne noch nicht genau kannte (die erste Fixsternparallaxe wurde ja erst 1838 von F. Bessel gemessen), musste er sich mit relativen Distanzangaben begnügen; er mass sie in Einheiten der Siriusentfernung ("Siriusweite"). Eine weitere Annahme betraf die mittlere Distanz der Fixsterne voneinander: mangels genauerer Kenntnisse wurde sie als überall gleich betrachtet, bis an die Grenzen des Sternsystems.

Herschels Sternzählungen zeigten, dass unser Milchstrassensystem von aussen wie eine grosse Linse aussieht, deren grösster Durchmesser etwa 1000 Siriusweiten beträgt und eine Dicke von knapp 100 Siriusweiten aufweist. Die Sonne befindet sich im Zentrum dieses abgeflachten Systems. Die Bedeutung von Herschels Arbeiten liegt nicht so sehr in den Ergebnissen - seine Annahmen haben sich heute als nicht zutreffend erwiesen - als in der Methodik seines Vorgehens, denn das systematische Zählen der Sterne in verschiedenen Himmelsrichtungen war für viele nachfolgende Forscher richtungsweisend. Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde das Modell unseres Sternsystems unter anderem durch den holländischen Astronomen J.Kapteyn (1851-1922) weiterentwickelt und verfeinert, indem er die Photographie und verbesserte statistische Methoden anwandte. Das Kapteyn'sche Sternsystem ist ebenfalls eine etwa kreisförmige Linse, in deren Zentrum sich die Sonne befindet. Die räumliche Sterndichte ist im Zentrum am höchsten und fällt nach aussen hin ab.

Figur 1)
Diese zusammengesetzte Gesamtansicht der Milchstrasse zeigt, wie stark die hellen Sternwolken sowie die interstellare Materie in der Milchstrassenebene konzentriert sind. Das eingezeichnete Netz sind galaktische Koordinaten (Sternwarte Lund).



Etwa zur gleichen Zeit wie Kapteyn befasste sich auch der amerikanische Astronom H. Shapley (1885-1972) mit dem Problem des Aufbaus unseres Sternsystems. Er untersuchte die räumliche Verteilung der Kugelsternhaufen und erkannte, dass ihr Schwerpunkt nicht bei der Sonne liegt, sondern weit entfernt in Richtung zum Sternbild Schützen. Shapley verwarf das Kapteyn'sche System und schlug statt dessen ein viel grösseres scheibenförmiges Sternsystem vor, welches von einem Halo aus Kugelhaufen umgeben ist, wobei sich die Sonne etwa 30 000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt befindet. Die Auseinandersetzung um die wahre Grösse unseres Milchstrassensystems gipfelte in der berühmten Debatte zwischen Shapley und Curtis in der Washingtoner Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1920.

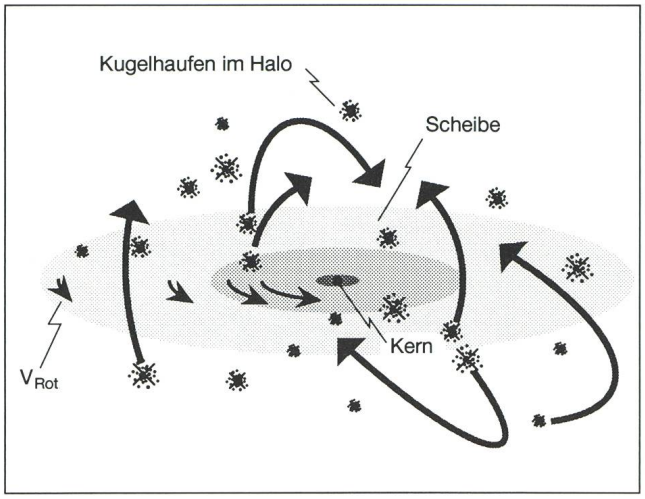
Der Grund dafür, dass wir von unserem Standort aus gar nicht die wirkliche Gestalt des Milchstrassensystems überblikken können, liegt in der 1930 von Trümpler entdeckten Absorption des Sternlichts durch die interstellare Materie. Sie verwehrt uns den Blick ins Zentrum mit optischen Hilfsmitteln. Von grosser Bedeutung in diesem Zusammenhang sind die Untersuchungen der extragalaktischen Sternsysteme ("Spiralnebel") durch E.Hubble (1889-1953) mit Hilfe des 2.5m-Spiegelteleskops auf Mt. Wilson: im Jahre 1924 gelang es ihm, die Randpartien des Andromedanebels in Einzelsterne aufzulösen und damit zu beweisen, dass es sich um ein eigenes Milchstrassensystem in unserer Nachbarschaft handelt.

Nachdem man die Gestalt unseres Sternsystems erkannt hatte, stellte sich die Frage nach den Bewegungen der Sterne. Bereits in den Jahren 1926/27 gaben der Schwede Lindblad und der Holländer Oort die richtige Antwort: die Sterne der Scheibe umkreisen das galaktische Zentrum unter dem Einfluss der gegenseitigen Gravitation. Unsere Sonne bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 250 km/s, sodass ihre Umlaufszeit etwa 220 Millionen Jahre dauert. Die näher beim Zentrum liegenden Sterne bewegen sich schneller, die weiter aussen liegenden Sterne jedoch langsamer als die Sonne (differentielle Rotation). Damit eröffnet sich auch die Möglichkeit, die Verteilung der Massen im Milchstrassensystem zu studieren; wir werden später noch auf dieses wichtige Problem zurückkommen.

Während die Sterne der galaktischen Scheibe nahezu kreisförmige Bahnen beschreiben, bewegen sich die Kugelsternhaufen und die Feldsterne des Halos um das Zentrum in sehr langgestreckten, ellipsenförmigen Bahnen (Fig.2). Solche Objekte sind den Astronomen schon seit längerer Zeit durch ihre grossen Geschwindigkeiten relativ zur Sonne aufgefallen - man nennt sie daher Schnelläufer.

Unsere heutige Vorstellung über die Sternpopulationen geht auf W. Baade (1893-1960)zurück. Er unterschied zum ersten Mal zwischen Population I und Population II und hat im Jahre 1944 darauf hingewiesen, dass verschiedene Bereiche unserer Milchstrasse sich nicht nur in dynamischer Hinsicht, sondern auch in ihren Hertzsprung-Russell-Diagrammen voneinander unterscheiden. Während bei manchen offenen Haufen die Hauptreihe bis zu den hellen O- und B- Sternen hinauf besetzt ist, treffen wir bei den Kugelhaufen auf der Hauptreihe Sterne nur noch bis zum Spektraltyp F an (siehe Fig.3). Die Kugelhaufen weisen dagegen einen sehr steilen Riesenast sowie den charakteristischen Horizontalast auf.

Aufgrund von theoretischen Ueberlegungen über die Sternentwicklung konnte ein Teil dieser Unterschiede als Alterseffekt gedeutet werden: Bei den Kugelhaufen (Population II) haben sich alle Sterne mit absoluten Helligkeiten heller als 3.5 mag. bereits von der Hauptreihe wegentwickelt, woraus sich ein Alter von etwa 15 Milliarden Jahren ergibt. Dagegen müssen diejenigen offenen Haufen, in denen noch die sehr kurzlebigen O-Sterne gefunden werden (Population I), viel jünger sein; man schätzt ihr Alter auf wenige Millionen Jahre. Detaillierte Kenntnisse über das Alter verschiedener offener Haufen und der Kugelhaufen verdanken wir den Untersuchungen von A. Sandage.



Figur 2)
Schematische Darstellung der Bahnen von Kugelsternhaufen im Halo unserer Galaxis sowie der Rotationsbewegung der Sterne in der Scheibenebene.

Aber nicht alle Unterschiede zwischen den Hertzsprung-Russell-Diagrammen der verschiedenen Sternpopulationen liessen sich auf den Alterseffekt zurückführen. Man erkannte rasch, dass auch die chemische Zusammensetzung eine grosse Rolle spielen muss. Wie aus spektroskopischen Analysen bekannt ist, besteht die Sonne gewichtsmässig aus etwa 70 % Wasserstoff, 28 % Helium, und nur 2 % entfallen auf die restlichen schweren Elemente (der Astronom nennt sie pauschal "Metalle"). Dies gilt auch für die allermeisten anderen Sterne in unserer Umgebung und in der galaktischen Scheibe. Demgegenüber sind die Sterne in den Kugelhaufen um einen Faktor hundert ärmer an schweren Elementen als die Scheibensterne, es sind also praktisch reine Wasserstoff-Helium-Kugeln. Dazu eine Randbemerkung: wenn sich um Halosterne Planeten gebildet haben sollten, dann sind es wahrscheinlich nur jupiterähnliche Gaskugeln, denn für den Aufbau von festen Planeten wie zum Beispiel die Erde fehlten die schweren Elemente weitgehend.

Das Schema von Baade mit nur zwei Sternpopulationen hat sich bald als zu grobe Vereinfachung der Wirklichkeit erwiesen. In der Zwischenzeit sind zahlreiche weitere Studien über die Bewegung und Verteilung anderer Objekte im Milchstrassensystem ausgeführt worden und haben aufgezeigt, dass Verfeinerungen des Populationsbegriffs notwendig sind. Das erweiterte Beobachtungsmaterial hat 1957 auf der berühmten Vatikan-Konferenz über Sternpopulationen die Grundlage geliefert für eine neue Einteilung, welche bis heute Verwendung findet. Die alten Begriffe von Baade sind zwar beibehalten worden, doch hat man neue Untergruppen geschaffen, siehe dazu die Tabelle 1. Im folgenden seien diese Gruppen noch einzeln erläutert:

Halo-Population II

Dies sind die ältesten Objekte in der Milchstrasse, die wir überhaupt kennen. Dazu gehören die Kugelhaufen vom Halo-Typ (siehe Fig. 4), also die metallärmsten unter ihnen; ihr Alter wird auf ungefähr 15 Milliarden Jahre geschätzt. Der Gehalt an schweren Elementen beträgt etwa ein Prozent des Gehalts unserer Sonne. Die Feldsterne dieser Population sind uns als Unterzwerge (subdwarfs), RR-Lyrae-Sterne (P>0.4 Tage) oder K-Riesen bekannt. Die Verteilung ist sphärisch um das Zentrum, eine Rotation ist sehr langsam oder gar nicht vorhanden.

Intermediäre Population II

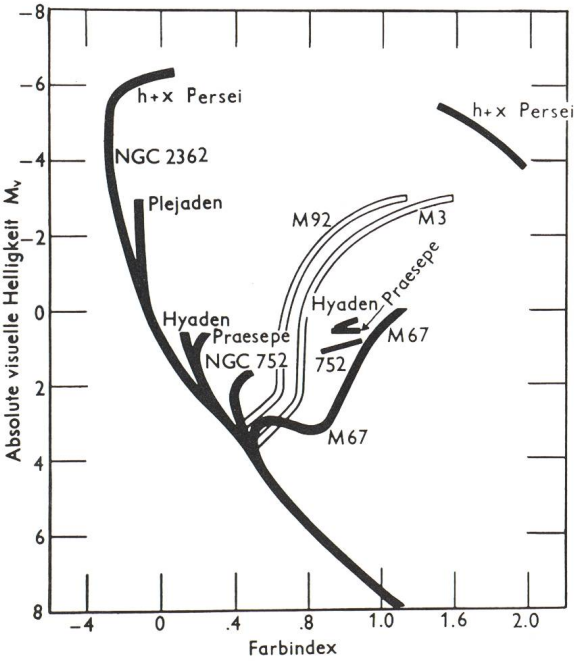
Die Eigenschaften dieser Sterne sind nicht so extrem wie diejenigen der Halo-Population, insbesondere sind sie bereits stärker gegen die Scheibe konzentriert. Dazu gehören zum Beispiel die metallreicheren Kugelhaufen (Scheiben-Typ) sowie die Mira-Variablen mit Perioden kürzer als 250 Tage.

Scheibenpopulation

Dazu ist die grosse Masse der Sterne zu zählen, welche in der Scheibe sowie in der Nähe des Kerns liegen. Das Alter liegt im Bereich 2 bis 10 Milliarden Jahre, die Konzentration zur galaktischen Ebene ist deutlich ausgeprägt. Unsere Sonne ist ein typischer Scheibenstern.

Figur 3)
Hertzsprung-Russell-Diagramme verschiedener offener Sternhaufen sowie der Kugelhaufen M3 und M92. Aufgetragen ist die Absolute visuelle Helligkeit über dem Farbindex (B-V). Das Abknicken der Hauptreihe nach rechts zeigt das Alter des betreffenden Sternhaufens an: während die jüngsten Sternhaufen wie z.B. NGC 2362 oder h + χ Persei nur wenige Millionen Jahre alt sind, weist M 67 ein Alter von etwa 4 Milliarden Jahren auf, da seine Hauptreihe nur noch bis zu den G-Sternen besetzt ist. Die übrigen offenen Haufen bilden eine Alterssequenz zwischen diesen Extremwerten. Für die Kugelhaufen ergeben sich Alterswerte von etwa 15 Milliarden Jahren (nach Sandage).

Figur 4)
Kugelsternhaufen M13, Entfernung etwa 23'000 Lichtjahre. Aufnahme von Ch. Trefzger mit der 40cm-Schmidtkamera der Sternwarte Metzerlen (Astronom. Institut der Universität Basel), 103a-D, Bel. 20min



Ältere Population I

Um noch eine feinere Altersabstufung vornehmen zu können, unterscheidet man zwischen der älteren und der extremen Population I. Zur älteren Population I gehören Sterne im Altersbereich bis etwa 2 Milliarden Jahre, also zum Beispiel die meisten offenen Sternhaufen, ferner Zwergsterne vom Spektraltyp später als A mit Metallinien normaler Stärke.

Extreme Population I

Sie umfasst alle sehr jungen Gebilde wie OB-Sterne, Assoziationen, junge offene Sternhaufen (Fig. 5 und Fig.6), klassische Cepheiden und T-Tauri-Veränderliche. Weiterhin ist das interstellare Medium hier aufzuzählen mit seinen beiden Komponenten Gas und Staub. Diese Sternpopulation ist sehr stark auf die galaktische Ebene konzentriert, ihre gesamte Dicke beträgt nur wenige hundert Lichtjahre. Der Gehalt an schweren Elementen ist solar oder sogar etwas höher. Viele der oben aufgeführten Objekte sind zudem längs der Spiralarme angeordnet, deshalb spricht man manchmal auch von der Spiralarmpopulation.

Figur 5)
Sternhaufen h + χ Persei, Entfernung 7500 Lichtjahre, Alter 3 - 5 Millionen Jahre. Aufnahme von Ch. Trefzger mit der 40cm-Schmidtkamera der Sternwarte Metzerlen (Astronom. Institut der Universität Basel), 103a-O, Bel. 25min

Die Fig.7 zeigt schematisch einen meridionalen Querschnitt durch unsere Galaxis mit den unterschiedlichen Abständen der diversen Sternpopulationen von der galaktischen Ebene. Während das interstellare Medium mit den ganz jungen Objekten eng auf die Ebene konzentriert ist, erstreckt sich der Bereich des Halos mit den Kugelhaufen mehrere Zehntausend Lichtjahre weit von der Mittelebene weg.

Viele extragalaktische Sternsysteme zeigen ein charakteristisches Spiralmuster, welches sich besonders deutlich auf Blauaufnahmen zeigt und durch junge, leuchtkräftige O- und B-Sterne gebildet wird. Diese Spiralarme sind also die bevorzugten Orte der Sternbildung. So hat sich die Frage gestellt, ob auch unser Sternsystem ein solches Spiralmuster besitzt und wo die allfällig vorhandenen Spiralarme lokalisiert sind. Dies ist ein schwieriges Problem für den beobachtenden Astronomen, denn wir können unsere Galaxis ja nicht von aussen betrachten. Systematische Untersuchungen von W.Becker und seinen Mitarbeitern haben aufgezeigt, dass sich die ganz jungen Sternhaufen und die HII-Regionen entlang von drei lokalen Armen anordnen: dem Orion-Arm in der Nähe der Sonne, dem Sagittarius-Arm innerhalb der Sonnenbahn sowie dem ausserhalb liegenden Perseus-Arm. Ob unsere Galaxis auch ein grossräumiges Spiralmuster aufweist, ist bis heute noch ungeklärt, denn die radioastronomischen Beobachtungsmethoden lassen keine hinreichend genauen Entfernungsbestimmungen zu.

Die Erforschung der Struktur unseres Milchstrassensystems ist noch längst nicht abgeschlossen und heute Gegenstand zahlreicher Forschungsprojekte. Viele neue Impulse sind von der Radioastronomie sowie von den Satellitenobservatorien ausgegangen, wodurch es möglich geworden ist, das gesamte elektromagnetische Spektrum zu beobachten. Besonders die Erforschung der interstellaren Materie hat von dieser Entwicklung profitiert. Unsere Kenntnisse über die Verteilung dieses Mediums in der Galaxis und über die Prozesse bei der Sternentstehung haben sich stark erweitert; sie an dieser Stelle in mehr Einzelheiten darzustellen würde jedoch den Rahmen dieses Uebersichtsbeitrags sprengen.

Dagegen soll an dieser Stelle auf die Entdeckung der "dicken Scheibe" durch den englischen Astronomen Gilmore und seine Mitarbeiter eingegangen werden. Danach besitzt unser Milchstrassensystem neben der herkömmlichen dünnen Scheibe noch eine weniger stark abgeplattete Scheibe, deren Skalenhöhe etwa 4000 bis 5000 Lichtjahre beträgt. Diese Scheibenkomponente erstreckt sich also weit tiefer in den Halo hinein als die klassische Scheibenpopulation. Nach dem Populationsschema der Tabelle 1 sind die Eigenschaften der "dicken Scheibe" am ehesten mit der intermediären Population

Figur 6)
Rosetten-Nebel, darin eingebettet der junge Sternhaufen NGC 2244 (Alter 3 Millionen Jahre). Aufnahme von Ch. Trefzger mit der 40cm-Schmidtkamera der Sternwarte Metzerlen (Astronom. Institut der Universität Basel), 103a-E mit Rotfilter RG1, Bel. 105min.

II zu vergleichen. Nur etwa 2 bis 3 Prozent aller Sterne, die wir in der Sonnenumgebung vorfinden, gehören dieser dicken Scheibenkomponente an und ihre Eigenschaften unterscheiden sich nicht sehr stark von denjenigen der gewöhnlichen Scheibensterne, sodass die Aufteilung in diese beiden Kategorien nur statistisch durchgeführt werden kann. Man ist sich noch nicht im klaren darüber, ob die "dicke" Scheibe herkunftsmässig eher dem Halo zuzurechnen ist oder aber als Ausläufer der normalen dünnen Scheibe betrachtet werden muss.

Im Laufe der vergangenen Jahre ist es den Astronomen immer deutlicher geworden, dass es im Universum neben der sichtbaren Materie in Form von Planeten, Fixsternen, Gas und Staub sowie Galaxien noch eine beträchtliche Menge an Materie geben muss, welche zwar nicht direkt beobachtbar ist, wohl aber durch ihre anziehende Wirkung auf die übrigen Körper in Erscheinung tritt. Erste Hinweise für die Existenz unsichtbarer Materie im Weltall ergaben sich aus Beobachtungen von F.Zwicky (1898-1974) vom Jahre 1933 im Comahaufen. Zwicky mass die Radialgeschwindigkeiten einzelner Galaxien und kam zum Schluss, dass ihre Bewegungsenergie wesentlich grösser sein müsse als die Bindungsenergie des Haufens. Da es keine Anzeichen für die Auflösung von Galaxienhaufen gibt, so schloss er, dass ihre Bindungsenergie unterschätzt würde und dass demnach viel mehr Masse im Comahaufen vorhanden sein müsse als in Form von Galaxien sichtbar war.

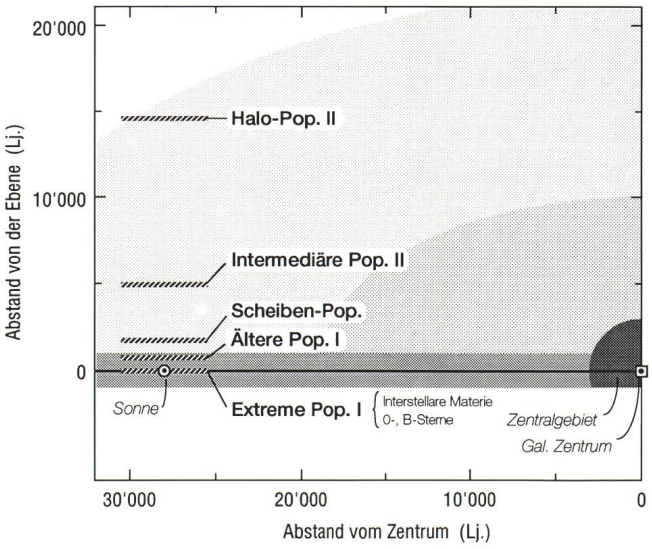
Im Jahre 1960 publizierte der holländische Astronom Oort eine Studie über die Dichte- und Geschwindigkeitsverteilung von Riesensternen senkrecht zur Ebene unserer Galaxis. Danach ist die auf dynamischem Weg bestimmte Massendichte in der Sonnenumgebung deutlich höher als der Wert, den man durch Zählung aller bekannter Sterne erhält. Obwohl Oorts Schlussfolgerungen in neuester Zeit wieder angezweifelt werden, ist das Problem der unsichtbaren Materie in voller Schärfe bei den Rotationskurven von Galaxien aufgetaucht.

So beschäftigte sich Vera Rubin von der Carnegie Institution in Washington in den siebziger Jahren mit der Rotationsgeschwindigkeit von Spiralgalaxien. Sie weisen bei vielen Spiralen erstaunliche Gemeinsamkeiten auf: die Rotationsgeschwindigkeit steigt in den innersten Bereichen rasch auf einen Wert von etwa 200 bis 250 km/s an und bleibt häufig nahezu konstant bis zum Rand der Galaxie. Auch die Rotationskurve unseres Sternsystems weist diese Eigenschaften auf.

Warum sind diese Ergebnisse für die Astronomen so überraschend? Berechnet man die Massenverteilung innerhalb einer Galaxie aufgrund der Verteilung der sichtbaren Materie, also mit einer starken Konzentration im Zentrum und wenig Masse weit aussen, so müsste die Rotationsgeschwindigkeit aussen rasch abnehmen (ähnlich wie die Bahngeschwindigkeiten der Planeten im Sonnensystem). Aus der Tatsache, dass die Rotationsgeschwindigkeiten jedoch konstant verlaufen, muss geschlossen werden, dass viele Galaxien von dunklen, massiven und sehr ausgedehnten Halos umgeben sind. Dies gilt auch für unser Milchstrassensystem.

Alle bisher ausgeführten Versuche, diese dunkle Materie optisch oder in anderen Wellenlängenbereichen nachzuweisen, sind fehlgeschlagen. Die Frage nach ihrer Natur ist völlig offen und Gegenstand lebhafter Diskussionen und Kontroversen in

Figur 7)
Schematischer Querschnitt durch die Galaxis senkrecht zur galaktischen Ebene zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Skalenhöhen der Sternpopulationen.



	Halo-Population II	Intermediäre Population II	Scheiben-population	Ältere Population I	Extreme Population I
Typische Vertreter	Kugelhaufen (Halo-Typ) Unterzwerge RR-Lyrae-Sterne (P > 0.4d) K-Riesen	Schnelläufer mit |W| > 30km/s Kugelhaufen (Scheiben-Typ) Langperiod. Veränderliche (P < 250d, früher als M5)	F- bis M-Sterne mit "schwachen Metallinien" Planet. Nebel Novae RR-Lyrae-Sterne (P < 0.4d)	A- bis K-Sterne mit "starken Metallinien" K- bis M-Zwerge mit Emissionslinien	Interstel. Gas O- B-Sterne Junge, offene Sternhaufen T-Tauri-Sterne
<|z|> (Lj)	10'000	5'000	1'300	500	250
Σ_W (km/s)	80 - 100	40 - 60	20 - 40	10 - 20	5 - 10
Konzentration zum Zentrum	stark	stark	stark - mässig	schwach	keine
Metallgehalt (Sonne=1)	1/10 - 1/100	1/10 - 1/100	ca 1/3	ca 1	ca 1
Alter (19^9J.)	15	10 - 15	2 - 12	0.1 - 2	< 0.1
H-R -Diagramm	M 92 , M 3	47 Tuc	M 67	Hyaden	h + χ Persei

Tabelle 1
Populationseinteilung nach der Vatikan-Konferenz 1957. Es bedeuten: <|z|>=mittlerer Betrag der Abstände von der galaktischen Ebene, Σ_w = Streuung der Geschwindigkeiten senkrecht zur Ebene, mit Metallgehalt meint der Astronom die Menge aller Elemente schwerer als Helium

Fachkreisen. Die Lösung wird in folgenden Bereichen gesucht: gewöhnliche Materie wie zum Beispiel Körper in der Grösse von Planeten oder sehr lichtschwachen Sternen, die über grosse Distanzen nicht mehr gesehen werden können; eine weitere Möglichkeit wäre das Vorhandensein von massiven Elementarteilchen (z.B. Neutrinos) oder von Schwarzen Löchern. Einige wenige Forscher gehen noch viel weiter und ändern das Newton'sche Gravitationsgesetz so ab, dass die Diskrepanz zwischen beobachtbarer und dynamisch abgeleiteter Massenverteilung verschwindet.

Im zweiten Teil dieses Beitrags wenden wir uns der Entstehung und der chemischen Entwicklung unseres Milchstrassensystems zu.

CH. TREFZGER
Astronomisches Institut der Universität Basel
Venusstrasse 7, 4102 Binningen

Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen

Oktober 1991 (Mittelwert 147,0)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R	174	130	157	160	191	165	143	133	130	141	
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
R	120	121	121	122	134	131	112	107	64	64	
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
R	77	79	108	152	190	215	220	226	225	220	225

Nombres de Wolf

HANS BODMER, Burstwiesenstr. 37, CH-8606 Greifensee

November 1991 (Mittelwert 110,5)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	217	160	143	100	113	129	128	151	133	116
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	143	121	111	92	91	85	81	79	101	86
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R	71	81	88	95	94	89	105	104	111	96