

Mitteilungen

der Astronomischen Vereinigung Karlsruhe e.V.

Heft 3/1992

Nr.31

10. Dezember 1992

Vereinsnachrichten

Monatstreffen

Unsere Vereinsabende finden jeden zweiten Montag im Monat im Nebenzimmer des Restaurants "Klosterbräu" in der Schützenstraße statt. Beginn 20 Uhr. Die Teilnahme steht Mitgliedern und Gästen offen. In der Regel wird ein Referat über ein astronomisches Thema gehalten und anschließend diskutiert.

Das Programm für die nächsten Monate:

- 14.12. Kurzbeiträge aus dem Mitgliederkreis
- 11.01. Die Suche nach extraterrestrischer Intelligenz, SETI (Stingl)
- 08.02. Einsatz von CCDs in der Amateurastronomie (Hase, Reddmann, Stingl)
- 08.03. Astronomische Rechenprogramme für den PC (Reichert)
- 19.04. Neues aus der astronomischen Forschung (Reddmann)
- 10.05. Entfernungen im Kosmos (Hase)

Volkssternwarte

Die Volkssternwarte ist jeweils freitags geöffnet, außer an Feiertagen und während der Schulferien:

18.12. 05.02. 05.03. 02.04. 14.05. 18.06.
15.01. 12.02. 12.03. 23.04. 21.05. 25.06.
22.01. 19.02. 19.03. 30.04. 28.05. 20.08.
29.01. 26.02. 26.03. 07.05. 11.06. 27.08.

Einlaß September bis März: 20.00 bis 20.30 Uhr, April bis August: 2 1.00 bis 21.30 Uhr.

Die Betreuer, Frank Hase, Thomas Plum, Bartosz Skovronek, Hans-Peter Stange und Thomas Stingl werden unterstützt von Andrea Bröker, Andreas Kammerer, Matthias Quickert, Thomas Reddmann, Jürgen Reichert, Bertold Schulz und anderen aktiven Mitgliedern der alten Betreuergruppen. Ihr Einsatz wird koordiniert von F. Hase (Tel. 0721/853333). Weitere Betreuer werden gesucht. Interessenten wenden sich an Herrn Hase.

Herausgeber dieses in unregelmäßiger Folge erscheinenden Mitteilungsblattes ist die Astronomische Vereinigung Karlsruhe e.V., Redaktion H.E.Schmidt, Erasmusstr. 6, 7500 Karlsruhe, Tel: 0721/682987; Postgiro-Konto der AVK: 173747-757, BLZ 660 100-75.

Mitglieder

Wir begrüßen als neue Mitglieder

Herrn Björn Freund, Hohenzollernstr. 11, 7500 Karlsruhe 1, Tel. 0721/34496

Herrn Arne Christoph Bramigk, Mainzer Str. 22, 7514 Eggenstein-Leopoldshafen,
Tel. 07247/22080

Herrn Josef Krisch, Elbinger Str. 4D, 7500 Karlsruhe 1, Tel. 0721/679858

Herrn Dietmar Henß, Hirschstr. 36, 7500 Karlsruhe 1

Ihren Austritt erklärten

Herr Jürgen Schön und Herr Dr. Horst Kaltenecker

Die Anschrift von Herrn Michael Hettich hat sich geändert: Er wohnt jetzt
Wickenweg 21, 7500 Karlsruhe 51, Tel. 0721/881858

Mitgliederversammlung

Am 9. November fand im "Klosterbräu" die Mitgliederversammlung 1992 statt. Dazu waren 23 Mitglieder erschienen.

1. Der 1. Vorsitzende, Herr Reddmann, begrüßte die anwesenden Mitglieder im Namen des Vorstands.

2. In seinem Bericht über die Aktivitäten im abgelaufenen Jahr erinnerte Herr Reddmann an die von der AVK im Naturkundemuseum zusammengestellte und betreute Ausstellung "Sonne, Mond und Sterne", die sich eines so großen Besucherzuspruchs erfreute, dass sie über den vorgesehenen Termin hinaus verlängert werden musste. Im Rahmen dieser Ausstellung gab es zwei öffentliche Vorträge, von Prof. Leinert (Heidelberg) über das Olberssche Paradoxon und von Prof. Meisenheimer (Heidelberg) über Quasare, die beide gut besucht waren. - Er dankte den Betreuern der Volkssternwarte, unter denen immer mehr junge Mitglieder sind, für ihre Arbeit und bat um Verstärkung für die bestehenden Betreuergruppen. - Die bundesweite Aktion "FernSehen" hatte rund 150 Besucher auf die Sternwarte nach Rüppurr gelockt, die von AVK-Mitgliedern, vor allem dank tatkräftiger Unterstützung durch Herrn Reichert und Herrn Feuerstein, vorbildlich betreut wurden. - Herr Kammerer war mit seiner Pressearbeit erfolgreich, er war auch mehrmals (in frühen Morgenstunden) mit astronomischen Themen im Lokalrundfunk zu hören.

Die vereinsinternen Monatstreffen boten wieder ein abwechslungsreiches Programm, zu dem auch zwei externe Referenten beitrugen. Herr Reddmann bat darum, dass sich auch einmal neue Mitglieder bereit erklären sollten, bei einem unserer Monatstreffen einen Vortrag zu halten. - Zum traditionellen Sommerfest in Oberhausen herrschte diesmal gutes Wetter. Herr Reddmann dankte Herrn Feuerstein für seine auch in diesem Jahr wieder großzügig gewährte Gastfreundschaft. - Herr Kammerer hatte wieder astronomische Volkshochschulkurse in Hochstetten abgehalten. Dank der organisatorischen Vorarbeit von Frau Büschel war die Hörerzahl (von 15 bis 16 im vergangenen Jahr) 1992 auf 25 bis 30 angestiegen. Herr Reddmann unterrichtet weiter an der VHS Karlsruhe Astronomie.

Der Mitgliederstand hat sich 1992 durch 12 Neuzugänge vergrößert. Wir haben jetzt 89 Mitglieder, die letzte vergebene Mitgliedsnummer war 173!

Die von Frau Möcklinghoff aus Baden-Baden gestiftete Montierung wird zur Zeit überarbeitet. Am geplanten Aufstellungsort an der Teufelsmühle im Schwarzwald machen die Fundamentierungs-Arbeiten Fortschritte. - Zum Schluss seines Berichts dankte Herr Reddmann dem langjährigen Schriftführer, der nicht mehr für den Vorstand kandidierte, für die geleistete Arbeit.

3. Herr Holzhauer hatte Buchungen und Abrechnungen für 1991 rechnerisch und sachlich geprüft und für in Ordnung befunden. Die Belege stimmten mit den Eintragungen überein.

4. Einer Entlastung des Kassenwarts für 1991 stimmten alle Anwesenden ohne Gegenstimme bei einer Enthaltung zu.

5. In seinem Bericht über die Kassensituation 1992 konnte Herr Schulz für den Stichtag 15.10. einen deutlichen Anstieg unserer Guthaben gegenüber dem Stand vom 1.1.1992 vermelden: Postgiro 2469,91 DM (1691,38); Barkasse 682,41 DM (260,99); Postspargbuch 3859,12 DM (3777,81); Summe 7011,44 DM (5730,18). Die Einnahmen setzten sich zusammen aus 1372,00 DM (1301,00) Mitgliedsbeiträgen, einem Überschuss vom Sommerfest von 102,70 DM, dem Zuschuss der Stadt von 1200,00 DM und Spenden und sonstigen Einnahmen in Höhe von 1667,32 DM.. - Ausgegeben wurden 477,32 DM für Verwaltungskosten, 667,95 DM für Sachmittel und 657,79 DM für die Ausstellung "Sonne, Mond und Sterne". Geplant ist, ein H_α-Filter anzuschaffen (600,00 DM) und 200 DM für das Fundament der Außenstelle Teufelsmühle auszugeben.

6. Herr Holzhauer wurde, bei einer Stimmenthaltung und ohne Gegenstimmen, wieder zum Kassenprüfer für 1992 bestellt.

7. Darauf hin übernahm Herr Villringer das Amt des Diskussionsleiters.

8. Sein Vorschlag, den Vorstand zu entlasten, wurde bei 5 Enthaltungen ohne Gegenstimme gutgeheißen.

9. Die Vorstandswahl erfolgte auf Wunsch von mehr als drei anwesenden Mitgliedern geheim. Die Stimmen wurden von Frau Jungbluth und Herrn Maurath ausgezählt. Die Auszählung erbrachte für die aufgestellten Kandidaten die in Klammern angegebenen Stimmzahlen: I. Büschel (9), F. Hase (20), D. Henß (18), A. Kammerer (21), T. Reddmann (21), J. Reichert (21), B. Schulz (21), T. Stingl (19). Damit besteht der neue Vorstand aus den Herren Hase, Henß, Kammerer, Reddmann, Reichert, Schulz, Stingl.

10. Die auf Veranlassung des Finanzamts Karlsruhe-Stadt vom Vorstand beantragte Satzungsänderung wurde einstimmig verabschiedet.

11. Unter "Verschiedenes" regte Herr Skowronek den Versuch an, Mittel aus Lotto- und Toto-Einnahmen für konkrete Vorhaben der AVK verfügbar zu machen. - Frau Büschel erbat weiterhin Unterstützung für ihre Bemühungen um die Pflege der Amateurastronomie im Karlsruher Landkreis. - Herr Schulz erinnerte daran, dass er auf Antrag Quittungen über die Zahlung von Mitgliedsbeiträgen und Spenden zur Vorlage beim Finanzamt ausstellt. Herr Reddmann kündigte an, dass bei gutem Wetter die Sternwarte am 9.12. ab 22 Uhr zur Beobachtung der Mondfinsternis besetzt sei.

Vorstandssitzung

1. Der neu gewählte Vorstand hielt am 3.12.1992 seine konstituierende Sitzung ab. In Anwesenheit aller Vorstandsmitglieder wurde die folgende Ämterverteilung beschlossen:

- 1. Vorsitzender Herr Reddmann
- 2. Vorsitzender Herr Kammerer
- Schriftführer: Herr Henß
- Kassenwart: Herr Schulz
- Beisitzer: die Herren Hase (Sternwartenbetrieb), Reichert (Außenbeziehungen), Stingl (Astronomische Nachrichten).

2. Das Vortragsprogramm für die Monatstreffen im ersten Halbjahr 1993 wurde zusammengestellt (s.S. 1 der Mitteilungen)

3. Es wurde festgestellt, dass die bisher praktizierte Gruppenbetreuung der Volkssternwarte nicht mehr richtig funktioniert, weil die Betreuergruppen zu stark ausgedünnt sind. Andererseits finden sich immer wieder und immer mehr junge Mitglieder, die freitags zwanglos auf die Sternwarte kommen und die Besucher unterhalten und belehren. Herr Hase hat sich bereiterklärt, deren Aktivität zu beaufsichtigen und zu koordinieren. Einsatzfreudige Interessenten, die immer willkommen und erwünscht sind, mögen sich mit Herrn Hase in Verbindung setzen.

4. Im Frühjahr (März, April oder Mai) soll wieder eine öffentliche Vortragsveranstaltung mit einem Fachastronomen stattfinden. Herr Schmidt wird mit Prof. P.G.Metzger, Bonn, Verbindung aufnehmen und ihn einladen. Das genaue Thema soll der Vortragende bestimmen.

5. Es wurde diskutiert, wie der zunehmenden Lichtverschmutzung, die nicht nur die Astronomen trifft, begegnet werden kann. Es war klar, dass hier kurzfristige Lösungen nicht zu finden sind.: Es müssten Kampagnen gestartet werden, um auf regionaler Ebene eine "Sensibilisierung von unten" zu erreichen. Parallel dazu müsste zentral "von oben", z.B. von der VdS, agiert werden, um Politiker und Parlamentarier auf das Problem zu stoßen. Lokal wäre schon etwas gewonnen, wenn in den Himmel gerichtete Scheinwerfer vor Discos und Fahrgeschäften auf Messen abgestellt würden. Endziel wäre es, zu einer gesetzlichen Regelung für Bau und Betrieb von Außenleuchten zu kommen, die sowohl den Bedürfnissen des Umweltschutzes wie auch denen der Astronomen entgegenkommt (" TA Licht"). Herr Kammerer wird dazu Argumentationshilfen aus Amerika beschaffen.

6. Erörtert wurde die Anschaffung eines Newton-Reflektors mit etwa 45cm Öffnung, der sowohl auf der Beobachtungsstation Teufelsröhle, als auch auf dem Max-Planck-Gymnasium eingesetzt werden könnte. Ein derartiges Gerät würde etwa 5000 DM kosten. Zuvor muß allerdings eine Reihe technischer Fragen geklärt werden.

Geburtstag

Am 6.Dezember 1992 feierte unser langjähriges Vereinsmitglied, Frau *Ilse Büschel*, ihren 70.Geburtstag. Frau Büschel ist seit über vierzig Jahren der Astronomie verbunden: Sie hat an der Seite Ihres Mannes, Wolfgang, Büschel, 1951 in Berlin die Gründung der VdS miterlebt, hat seit 1971 aktiv am Aufbau und Betrieb der Diesterweg-Sternwarte in Hochstetten mitgewirkt, hat sich bei der Ausrichtung der Regional-Tagung 1975 und der VdS-Tagung 1979 in Karlsruhe Verdienste erworben. Sie ist, zusammen mit ihrem Mann, stets dafür

eingetreten, daß für den Astronomie-Unterricht in den Schulen ein breiterer Raum geschaffen wird. Seit dem Tode von Wolfgang Büschel im April 1990 sorgt sie mit Energie und Hingabe dafür, dass den Freunden der Astronomie im nördlichen Karlsruher Umland Wirkungsmöglichkeiten eröffnet und erhalten werden. Dazu mag ihr, bei guter Gesundheit, weiterhin Freude und Erfolg beschieden sein.

Das Geheimnis der dunklen Materie

(Th.Reddmann)

Einführung

Wir schauen in den Weltraum mit unseren Teleskopen und genießen die Pracht der leuchtenden Sterne, bewundern die glitzernden Sternhaufen und entzücken uns an den reichhaltigen Formen der leuchtenden Gasnebel. Die Beobachtung der Materie im Weltraum basiert auf dem Licht, durch welche Prozesse auch immer erzeugt, das diese Materie zu uns sendet. Aber es gibt offenbar auch dunkle Gestalten in diesem Universum. Himmelskörper, die nur wenig leuchten (wir leben selbst auf einem solchen "dunklen" Himmelskörper, einem Planeten, der nur durch das Licht der Sonne erwärmt wird), oder der interstellare Staub, der sich zunächst nur als sichtbares Licht verschluckende Materie zeigt. Die Astronomen haben nun alles daran gesetzt, solche zunächst "dunkle" Materie aufzuspüren. Und sie waren recht erfolgreich damit, seit dem den Astronomen die ganze Palette der elektromagnetischen Strahlen, von den Radiowellen bis zu hochenergetischer Röntgenstrahlung und darüber hinaus, für ihre Analysen zur Verfügung steht. So leuchtet zum Beispiel unsere Erde im Infrarot wie auch der interstellare Staub, Gas zwischen den Galaxien ist im Röntgenlicht sehr hell. Könnte es aber vielleicht auch Materie im Weltraum geben, die überhaupt nicht strahlt, die man mit Teleskopen also gar nicht sehen könnte? Wie könnte man dieser Substanz auf die Spur kommen?

Massenbestimmung

Alle Materie muss sich, unabhängig von ihrer Form, Farbe und Beschaffenheit durch ihre Schwerkraft, also die Anziehungskraft auf andere Körper, verraten. Diese Schwerkraft ist Resultat einer jeden Massenanhäufung, ist also gewissermaßen der Kern des Begriffs Materie. Bei gegebener Entfernung ist diese Kraft gerade der Masse dieses Himmelskörpers proportional, und sie nimmt mit dem Kehrwert des Quadrates der Entfernung nach außen hin ab. Kennt man also die Anziehungskraft auf einen Testkörper und die Entfernung dieses Testkörpers zu einem Himmelskörper, so kann man die Masse des Himmelskörpers bestimmen. Wie kann man die Anziehungskraft nun messen? Da im Weltraum selten etwas gegenseitig in Ruhe ist, wird auch ein solcher Testkörper sich bewegen und vom Himmelskörper aus seiner geraden Bahn abgelenkt und im vereinfachten Fall in eine kreisförmige Bahn gezwungen (Wir wissen schon seit Kepler, dass im allgemeinen ein Kegelschnitt als Bahnform entsteht). Die bei dieser kreisförmigen Bewegung auftretende Zentrifugalkraft hält gerade der Anziehungskraft die Waage. Jedermann weiß nun, dass diese Kraft, die einen nach außen schleudern will, um so stärker ist, je enger die Kurve ist und je schneller man fährt (genauer: sie nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu). Kann man also Geschwindigkeit und Bahnradius des Testkörpers bestimmen, so kennt man die Anziehungskraft, und damit über die Kenntnis der Entfernung auch die Masse des Himmelskörpers.

Das ist nun eine schon lang geübte Praxis der klassischen Astronomie, perfektioniert in unserem eigenen Sonnensystem. Hier sind die Testkörper gerade die bezüglich der Masse gegen die Sonne beinahe zu vernachlässigenden Planeten. Das Verfahren funktioniert aber auch bei nicht mehr zu vernachlässigender Testkörper-Masse mit leichter Modifikation. So hat beispielsweise Bessel aus der Schlingerbewegung des Sirius abgeleitet, dass dieser Stern um einen dunklen Begleiter mit etwa einer Sonnenmasse kreist. Er hat dazu den Bahnradius und die Bahngeschwindigkeit des Sirius bestimmen müssen. Unter der einen Voraussetzung, dass ein System ein stabiles Gebilde ist, also ein Paar von Himmelskörpern nicht gerade zufällig aneinander vorbeifliegt, ist dieses Verfahren allgemein in der Lage, die Massen von Himmelskörpern zu bestimmen; auch dann, wenn nur ein Teil des Systems leuchtet. Und man muss dieses Verfahren benutzen, wenn man gerade die nichtleuchtende Materie sucht.

Die lokale Massendichte

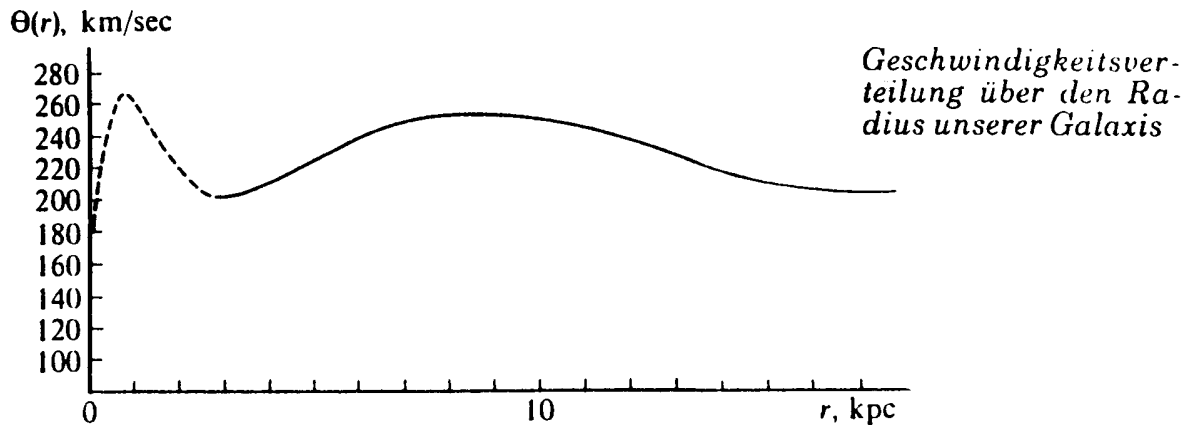
Fragen wir nach der lokalen Massendichte, so meinen wir damit die Masse aller Himmelskörper wie Hauptreihen-Sterne, Neutronensterne, Weiße Zwerge, Gas und Staub in der Sonnenumgebung von einigen zig Parsec. Will man etwas über die Massendichte am Ort unserer Sonne erfahren, braucht man Bewegung, insbesondere senkrecht zur Milchstraßenebene. Die Bewegung der Sterne senkrecht zur Ebene wird offenbar hauptsächlich durch die lokale Massenanhäufung bestimmt. Nach neueren Beobachtungen ergibt sich in einer Säule mit dem Querschnitt von 1 parsec^2 ein Wert von 75 Sonnenmassen.

Addiert man dagegen die Massen aller sichtbaren Sterne, extrapoliert man auf leuchtschwache Sterne und schon verloschene Sternkörper, nimmt planetenartige Gebilde soweit abschätzbar und summiert noch Gas und Staub hinzu, so kommt man auf insgesamt $50 M_0$ ($1 M_0$ ist die Sonnenmasse). 25 Sonnenmassen verstecken sich also als unsichtbare, dunkle Materie in unserer nächsten Umgebung, und wir haben keinen blassen Schimmer, wie und wo. Dieses Ergebnis drückt man üblicherweise noch etwas anders aus, und zwar durch das sogenannte Masse/Leuchtkraft - Verhältnis: Alle über die Leuchterscheinungen abgeleiteten Himmelskörper von etwa $50 M_0$ haben eine totale Leuchtkraft, die etwa 15 Sonnenleuchtkräften entspricht. Das Standard M/L-Verhältnis beträgt also etwa 3. In der Sonnenumgebung wurde aber ein M/L-Wert von 5 bestimmt.

Die Masse unserer Galaxis

Beruhete das vorige Verfahren darauf, vorzugsweise die Geschwindigkeiten senkrecht zur Ebene der Milchstraße zu benutzen, so interessiert uns jetzt gerade die Bewegung der Sterne um das Zentrum der Galaxis. Die Verhältnisse in der Milchstraßenscheibe ähneln zunächst scheinbar denen im Sonnensystem: ein - vielleicht - schwerer Kern im Zentrum, um den gemächlich die Sterne in einer Scheibe kreisen, quasi in einer Ebene. Aber Vorsicht: die Hauptmasse der Galaxis sind doch die Sterne, und die sind doch überhaupt nicht punktförmig im Zentrum vereinigt sondern schön verteilt. Wie können wir nun dieses Problem lösen? Das dritte Keplersche Gesetz behauptet einen bestimmten Zusammenhang zwischen Bahnradius und Geschwindigkeit. Die resultierende Form der Rotationskurve ist ein Ausdruck dafür, dass die Sonne die Hauptmasse im Sonnensystem besitzt. Für große Sternansammlungen erwartet man nicht mehr genau diesen Zusammenhang. Die Geschwindigkeit nahe dem Zentrum kann offenbar viel kleiner sein, da ja im Zentrum kaum Masse sitzt. Aber es bleibt die Tatsache bestehen, dass es zu einer gegebenen Massenverteilung einen festen Zusammenhang zwischen Abstand und Kreisbahngeschwindigkeit geben muss. Dies sind die Rotationskurven der Galaxien. Was erwartet nun der erprobte Stelldynamiker: Ganz allgemein im Zentrum

einen Anstieg, und sobald die Hauptmasse innerhalb der Kreisbahn liegt, einen Abfall der Kurve entsprechend einer Keplerbewegung.



Die tatsächliche Rotationskurve (Abbildung) unserer Galaxis enttäuscht nun aber ganz gewaltig: Wohl gibt es einen Anstieg im innersten Zentrum, dann aber ein Schwingen, das nicht ganz verstanden ist, und, was am dramatischsten ist, noch weiter außen, also außerhalb der Bahn der Sonne um das Zentrum, weigert sich die Rotationskurve beharrlich, abzufallen, sondern steigt eher wieder an. Also ein Zeichen dafür, dass hier noch Materie vorliegt. Man kann die Massenverteilung in drei Komponenten aufspalten, nach außen verbleibt dann die Halokomponente. Diese Komponente zeigt kein Ende nach derzeitigen Beobachtungen. Die Masse in Scheibe und zentraler Verdickung beträgt etwa $6 \cdot 10^{10} M_0$ und mehr als $18 \cdot 10^{10} M_0$ im Halo, entsprechend einem M/L-Verhältnis von mindestens 15.

Mit Schnellläufern und Haloobjekten wie Kugelsternhaufen und den Zwerggalaxien, schätzt man sogar $50 \cdot 10^{10} M_0$ ab, wobei gerade die Bestimmung über die Schnellläufer besonders zuverlässig erscheint. Aus ihrer Geschwindigkeit und der Tatsache, dass sie sich überhaupt noch in der Galaxis befinden, damit also eine stabile Bahn haben, kann man eine untere Grenze für die Fluchtgeschwindigkeit angeben, und damit eine untere Grenze für die Masse. Dies ist also eine Erweiterung der oben dargestellten Methode auf Nichtkreisbahnen. Das resultierende M/L-Verhältnis beträgt danach etwa 36, entsprechend $5 \cdot 10^{11} M_0$. 90% der Materie in unserer Milchstraße sind damit im Halo anzusiedeln, aber nicht sichtbar, wir wissen auch nicht, welche Objekte sich hinter diesen gewaltigen Massen verbergen. Diese Beobachtungen werden gestützt durch Abschätzungen der Masse aus der Bewegung von Kugelsternhaufen und zu unserer Galaxis gehörenden Zwerggalaxien. Das Argument, dass Galaxien einen schweren Halo brauchten, um ihre Scheiben zu stabilisieren, wird heute nicht mehr benutzt, weil man erkannt hat, dass dies wohl eine hinreichende, aber keine absolut notwendige Bedingung für die Stabilität darstellt. Die Relativbewegung unserer Galaxis zu der von M31, dem Andromedanebel, kann als Ausdruck eines M/L-Verhältnisses von etwa 100 in der lokalen Gruppe gedeutet werden.

Ist unsere Galaxis damit ein Sonderfall? Nein, keineswegs, vielmehr sieht es in anderen Galaxien, insbesondere in Galaxien der elliptischen Klasse, noch viel dramatischer aus. Die Methode der Rotationskurve lässt sich sogar viel direkter auf die entfernten Galaxien anwenden. Hier kann man "einfach" den Spalt des Spektrographen über die scheinbare Längsachse der Galaxie legen und die Radialgeschwindigkeiten messen. M/L-Verhältnisse

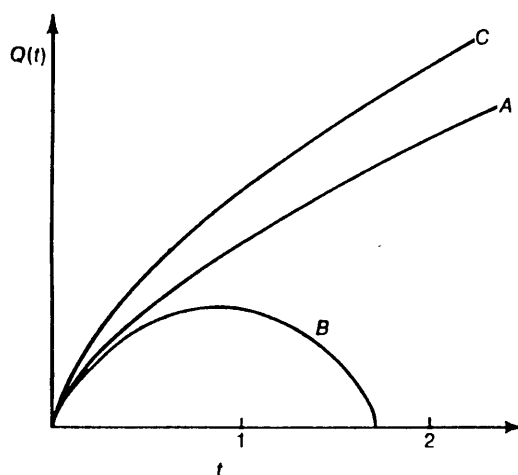
von bis zu 80 und mehr wurden so festgestellt. In den Rotationskurven ist man aber offenbar in den äußeren Randbereichen noch immer nicht bis an den erwarteten Keplerverlauf gelangt, hat also immer noch nicht den Rand der Galaxien erreicht, auch nicht bei den Rotationskurven für das weiter nach außen verfolgbare interstellare Gas. Erst Methoden, die Relativbewegung von Galaxienpaaren oder Satellitengalaxien benutzen, erreichen wohl diese Grenze. Danach scheint sie bei 100 kpc zu liegen und führt zu M/L-Verhältnissen von 200. M/L-Werte in diesem Bereich ergab auch die Analyse der sehr heißen Gashalos. Für M87 wurden so eine Größe von 300 kpc und ein M/L-Wert von 750 abgeleitet. Auch die abnorm vom Hubble-Fluß abweichenden Geschwindigkeitsfelder ergaben Hinweise auf einen Massenanteil von dunkler Materie, der auf einen M/L-Wert von etwa 1000 hinweist.

Wir fassen zusammen: 90% bis 99% der Gesamtmasse in Galaxienhaufen bestehen aus dunkler Materie, mit dem Hauptanteil der Masse außerhalb der sichtbaren Galaxienausdehnung. Die äußeren Randbezirke der Galaxien scheinen bis zu 100 kpc und weiter hinauszureichen.

Die Existenz großer Anteile dunkler Materie kann heute, bald 60 Jahre nachdem Zwicky die ersten Hinweise darauf publiziert hatte, als gesichert betrachtet werden.

Dunkle Materie und die kritische Dichte

Den Kosmologen kommen alle diese Beobachtungen sehr gelegen, da sie es erlauben, an der mittleren Dichte des Universums etwas herumzuschrauben. Den Kosmologen liegt die Tatsache im Magen, dass es uns überhaupt gibt. Dies erfordert nämlich einen relativ engen Bereich dieser mittleren Dichte um den Wert, der die Grenze vom geschlossenen zum offenen Universum darstellt, und, da dieser Bereich mit dem Weltradius skaliert, war dieser Bereich anfangs zu eng, als dass man an Zufall glauben könnte. Das aktuelle Modell der Kosmologen, mit dem sie auch diese Nähe durch eine inflationäre Phase in den ersten 10^{-35} Sekunden erklären können, fordert aber den exakten Wert der kritischen Dichte.



Die mittlere Dichte des Kosmos als Funktion der Zeit (in willkürlichen Einheiten); A: "Kritischer" Dichteverlauf, entsprechend einem "flachen" Universum mit Euklidischer Geometrie, B: "Geschlossenes" Universum, C: "Offenes" Universum

Da die astronomisch bestimmte Leuchtdichte bei $1.3 \cdot 10^8 L_0$ pro Mpc^3 liegt, ergibt sich ein M/L-Verhältnis von 1200, das also etwa 5 bis 10 mal über den gemessenen Werten liegt. Dieser Wert scheint aber trotzdem durch die Beobachtung nicht ausgeschlossen, da man ja aus Mangel an leuchtenden Objekten keine Aussage über Regionen im Weltall machen kann, die außerhalb der Galaxienhaufen liegen, und da man in einigen speziellen Fällen schon recht nahe an dem kosmologischen Wert ist. Man sollte aber bedenken, dass die kritische Dichte einen Wert von nur $1.5 \cdot 10^{-7} M_0/\text{pc}^3$ hat, oder einem Gramm in einem Würfel mit der Seitenlänge 50000 km entspricht.

Kandidaten für dunkle Materie

Braucht man Exoten? Welche "dunkle" Materie gibt es, die wir als normale Beigaben der Himmelswesen kennen: Ausgebrannte Sterne, Weiße Zwerge, Neutronensterne, Schwarze Löcher? - Aus dem Alter des Universums und den heute noch strahlenden alten Sternen kann man die Zahl der erloschenen Sterne abschätzen. Man findet, dass sie nicht mehr als 3% zur kritischen Dichte beitragen können, also ein M/L-Verhältnis von 36. Das wäre aber immerhin noch genug, um das lokale Phänomen zu erklären.

Planeten, Braune Zwerge, Staub

Bleibt bei einem Stern-Kollaps ein Masseklotz mit weniger als $0.08 M_{\odot}$ übrig, so reicht diese Masse nicht aus, um die nuklearen Reaktionen im Inneren zu zünden, das Gebilde kann nur durch die Kontraktion im Infraroten leuchten, im "braunen" Licht. Bisher ist allerdings ein solcher "Fast"-Stern noch nie beobachtet worden. So bleibt nur, die Anfangsmassenfunktion der Sterne zu kleinen Massen hin zu extrapolieren. Danach bliebe kaum Masse für diese Objekte insgesamt übrig. Das gleiche gilt für Planeten und noch kleinere Körper, die Planeten (Vorschlag für Astero/Planetoiden, um schwerwiegende Differenzen im Vorstand beizulegen). Dem Staub wird auch keine große Chance eingeräumt, da er hauptsächlich aus den seltenen schweren Elementen besteht.

Gas

Ionisiertes Gas müsste man zum großen Teil sehen, neutraler Wasserstoff wurde gemessen, aber die Masse ist auch im intergalaktischen Bereich zu klein. Der in diesem Fall unter Umständen nicht-sichtbare Anteil ionisierten Gases erforderte absolut unplausible Anteile.

Ein Möglichkeit, die aber auch nicht gerade ein Standard ist, besteht in massereichen ($> 100 M_{\odot}$) schwarzen Löchern, die sich im Halo aufhalten. Kosmologisch kann man diese Komponenten wahrscheinlich ausschließen, da sie sich schon durch einen Gravitationslinseneffekt bemerkbar gemacht haben müssten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die dunkle Materie vielleicht zum Teil durch die Abwesenheit normaler Himmelswesen erklären lässt, wenn man stark an den Standardmodellen der Sternentwicklung und Sternentstehung dreht. Dadurch wird aber diese Lösung nicht besonders attraktiv. Es gibt zudem eine grundsätzliche Schwierigkeit, die erstrebte kritische Dichte zu erreichen.

Die Häufigkeit der leichten Elemente und die maximale Baryondichte

Unter der Annahme, daß die Theorie vom Urknall zumindest zurück bis etwa zur ersten Minute richtig ist, regiert die Expansion des frühen Universums die Bildung der leichten Elemente Deuterium (pn), ^3He , ^4He und ^7Li . Die Häufigkeiten hängen nun nur von der Dichte der damaligen Ursuppe ab, aus denen diese Elemente entstanden, der sogenannten Baryondichte (gleich der Dichte der Quarkkonstituenten). Aus ihr läßt sich die heutige Dichte der aus Protonen und Neutronen bestehenden Materie berechnen. Es ergibt sich, daß für die Dichte der baryonischen Materie nur ein enger Bereich in Frage kommt:

$$0.02 < \Omega_B < 0.03$$

allerdings noch quadratisch abhängig von der Hubblekonstanten H_0 . Nimmt man den untersten Wert von $50 \text{ km sec}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$, so folgt immer noch für die Baryondichte ein Maximalwert von 7% der kritischen Dichte. Das ist nun schon unterhalb der Werte, die für manchen Haufen abgeleitet wurden und ist erst recht weit von der kritischen Dichte entfernt. Andererseits folgt aus dieser Einschränkung, dass das M/L-Verhältnis mindestens 12 beträgt, deutlich mehr als der beobachtete Wert von etwa 2.5. Auch für die baryonische Materie bleibt ein bisher ungesehener Teil, vielleicht braune Zwerge und Planeten.

Dunkle Materie und exotische Teilchen

Gibt es denn noch andere Arten von Materie als die bekannten Bausteine der Atome? Die dunkle Materie müsste mit allen häufigen Bestandteilen der Welt nur schwach wechselwirken, sonst hätten wir sie schon durch uns seltsam vorkommende Reaktionen "sehen" können. Nun bietet der physikalische Elementarteilchenzirkus eine ganze Reihe von solchen Teilchen, von den Neutrinos über Neutralinos bis zu den Axionen und vielen mehr. Besondere Beachtung haben die vertrauten Neutrinos gefunden, die allerdings eine bisher nicht beobachtete Ruhemasse besitzen müssten, um diesen Dienst an der Kosmologie verrichten zu können.

Kalte dunkle Materie und die Galaxie-Entstehung

Die Kosmologen können die dunkle Materie noch aus anderen Gründen gut gebrauchen: Es zeigt sich nämlich, dass baryonische Materie Strukturen unterhalb der Galaxienhaufengröße in der Anfangsphase verwischt. Da man heute aber Hinweise hat, dass Galaxienhaufen sich nach den Galaxien gebildet haben, muss man annehmen, dass die Verdichtungen in nichtbaryonischer Materie stattfanden, auf die, da sie ja den Hauptanteil der Materie im Universum ausmacht, die baryonische Materie dann einfallen konnte. Damit sich die dunkle Materie in Ruhe verdichten konnte, darf sie nicht zu heiß sein, da sie sich sonst in kürzester Zeit einfach durch Diffusion gleichmäßig verteilt. Schnelle Neutrinos scheiden daher aus, gesucht ist vielmehr die kalte dunkle Materie (cold dark matter, CDM). Auch dieser Ansatz hat mit Schwierigkeiten zu kämpfen, aber er stellt zusammen mit dem Modell des inflationären Universums, das die richtige Begründung für den Dichtewert liefern muss, den Großen Einheitlichen Theorien (GUTs), die das Überwiegen der Materie gegenüber der Antimaterie erklären, und mit den Superstringtheorien, die die Anfangsdichtefluktuationen liefern können, das bisher ehrgeizigste und vielleicht erfolgreichste Konzept dar. Aber dieser gesamte Komplex ist noch sehr im Fluß. Jede neu beobachtete Galaxie am Rand der Welt kann diese Theorien stürzen. Die immer wieder bestätigte Gleichmäßigkeit der 3K-Hintergrundstrahlung hat schon einige Astrophysiker zur Verzweiflung gebracht.

Noch einmal Dynamik: Stimmt das Abstandsgesetz der Gravitation?

Bei allen Messungen der Massen über die dynamischen Größen gehen wir davon aus, dass die Theorien über die Gravitation von Newton und Einstein gültig sind. Das Problem der Rotationskurven lässt sich aber wohl auch durch eine Änderung des Abstandsgesetzes der Gravitationskraft lösen, ohne dass man dunkle Materie heranziehen muss. Aber das scheint eine ad-hoc-Lösung zu sein, allein dazu erdacht, ein paar Rotationskurven anzupassen. Die Basis für solche Auswege erscheint mir viel zu unsicher.

Kalender der Weltraumaktivitäten Dezember '92 - Juni '93

(Thomas Stingl)

Quelle: Ron Baalke, Jet Propulsion Lab, Pasadena, USA; stingl@fzi.de

Dezember 1992

- 01: Superbird A Ariane Start
- 02: STS-53, Space Shuttle Discovery, Department of Defense (DOD)
- 08: Asteroid 4179 Toutatis, Vorbeiflug an der Erde (0.024 AU)
- 9 - 10: Mondfinsternis
- 10: Optus B-2 Langer Marsch 3 Start
- 12-13: Geminiden Meteoriten Schauer
- 12: Asteroid 4179 Toutatis max. Helligkeit, 9.4 magnitude
- 14: 30. Jahrestag, Mariner 2 Venus Vorbeiflug
- 19: 20 Jahre, seit dem Menschen zuletzt auf dem Mond waren (Apollo 17)
- 22: Ursiden Meteoriten Schauer (Maximum: 10:00 UT)
- 25: Isaac Newtons 350. Geburtstag (oder am 4. Januar)

Januar 1993

- ?: Eutelsat II F-5 Ariane Start
- ?: Galaxy 4 Ariane Start
- 03 - 04: Quadrantiden Meteoriten Schauer (Maximum: 10:00 UT)
- 10: Geotail, 4. Vorbeiflug am Mond
- 25: STS-54, Space Shuttle Endeavour, TDRS-F

Februar 1993

- ?: ALEXIS Pegasus Start
- 06: Astro-D Start (USA/Japan)
- 08: Mars Observer, 2. Manöver zur Flugbahnkorrektur (TCM-2)
- 25: STS-55, Space Shuttle Columbia, Spacelab D2 Mission (SL-D2)

März 1993

- ?: Hispasat 1B & Insat 2B Ariane Start
- ?: Galileo, 10 rpm Spinup Test
- ?: DFH-3 Langer Marsch 2E Start (China)
- 01: Ulysses, 3. Opposition
- 23: STS-56, Space Shuttle Discovery, Atmospheric Lab for Applications and Science
- 31: Commercial Experiment Transporter (Comet) Start

April 1993

- ?: Astra 1C Ariane Start
- 06: 20. Jahrestag, Pioneer 11 Start (Jupiter & Saturn Vorbeiflug)
- 06: Lyriden Meteoriten Schauer (Maximum: 02:00 UT)
- 23: Pi-Puppide Meteoriten Schauer
- 29: STS-57, Space Shuttle Endeavour, European Retrieval Carrier (EURECA-IR)

Mai 1993

- ?: Advanced Photovoltaic Electronics Experiment (APEX) Pegasus Start
- 04: Galileo zum zweitenmal im Asteroidengürtel
- 15: Magellan, Missionsende?

Juni 1993

- ?: Temisat Meteor 2 Start
- 04: Mondfinsternis
- 14: Sakigake, 2. Vorbeiflug an der Erde (Japan)
- 22: 15. Jahrestag der Entdeckung von Charon durch Christy

Geheimnisvolles Objekt jenseits von Pluto gesichtet

Am 14. September dieses Jahres gaben David Jewitt (Universität von Hawaii) und Jane Luu (Universität von Kalifornien in Berkeley) die Entdeckung eines schwachen Objekts in den südwestlichen Fischen bekannt, das sich langsam bewegte und keine nennenswerte Parallaxe zeigte. Seine Entfernung von der Erde wurde von Brian Marsden auf erstaunliche 37 bis 59 astronomische Einheiten geschätzt.

Es ist noch nicht ganz klar, ob es sich dabei um einen Asteroiden oder einen Kometen handelt. Auf jeden Fall ist seit der Entdeckung des Pluto 1930 kein Objekt in dieser Entfernung mehr in unserm Sonnensystem beobachtet worden.

Mit einer visuellen Helligkeit von 23.6 erscheint es 1000 mal lichtschwächer als Pluto in vergleichbarer Entfernung.

Falls es sich um einen Kometen handelt, so muss er ungewöhnlich groß sein und mindestens 200 km Durchmesser haben.

Wegen seiner Rottönung wird vermutet, dass sich auf seiner Oberfläche organische Materie befindet.

Die beiden Entdecker hatten zwischen dem 30. August und dem 1. September mit dem 2.2 m-Spiegel auf dem Mauna Kea (Hawaii) sechs CCD-Aufnahmen gemacht; später waren Beobachtungen wegen störenden Mondlichts nicht mehr möglich.

Marsden hat dem vermuteten kleinen Planeten die Bezeichnung 1992 QB1 gegeben.

(aus *Sky&Telescope*, November 1992)

**Der Vorstand der AVK wünscht allen Mitgliedern
und Freunden der Astronomischen Vereinigung
Frohe Weihnachten und ein Gutes Neues Jahr!**