


Diät für die Milchstraße – eine lustig geschriebene Kritik über die „Herleitung“ der Dunklen Materie aus den Rotationskurven von Galaxien

Klaus Retzlaff

Heute möchte ich eine lustige Geschichte erzählen. Es geht um:

Evidenzen – Rotationskurven Galaxien




Kepler'sche Bahn: Rotationsgeschwindigkeit v_{rot} eines Sterns der Masse m um innere Zentralmasse M_r (Radius r außerhalb der galaktische Bulge, $r > 5 \text{ kpc}$)

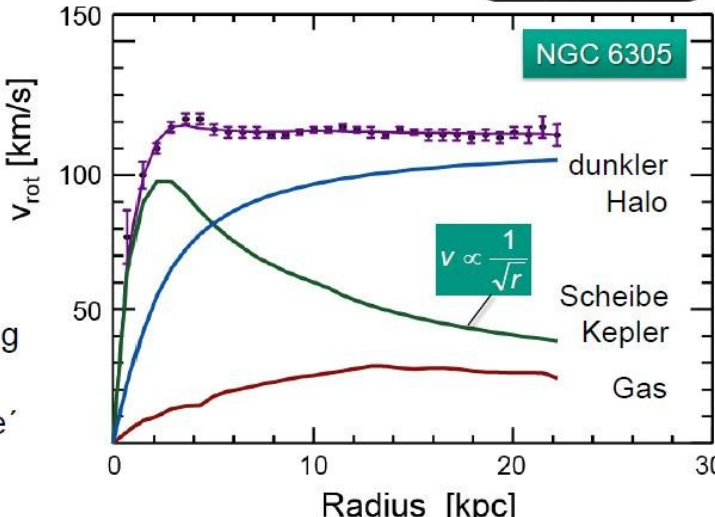
$$F = \frac{GM_r m}{r^2} = m \cdot a$$

$$a = \frac{v_{rot}^2}{r} = \frac{GM_r}{r^2}$$

$$\Rightarrow v_{rot}(r) = \sqrt{\frac{GM_r}{r}}$$

da experimentelle Beobachtung $v_{rot}(r) = \text{const.}$
 Problem der 'fehlenden Masse'
 ↪ **Dunkelmaterie-Halo**





14
16.12.2010 G. Drexlin – VL09
KIT-IEKP

Das ist die übliche Form, wie in 1001 Vorträgen und Seminaren, um mal nicht von den Märchen aus 1001 Nächten zu reden, in der Milchstraße die Dunkle Materie „hergeleitet“ wird. Diese wundersame Geschichte beruht auf der Anwendung der Formel für die Kreisbahngeschwindigkeit, wie sie in dem Schaubild des KIT zu sehen ist.

Damit Studenten das richtig begreifen, gibt es sogar Übungsaufgaben dazu. Diese Armen sollen eine Kurve berechnen – vermutlich auch noch mit dem Taschenrechner – um dann zu lernen, dass die berechnete Kurve nicht zu der gemessenen Kurve passt.

Lösung zur Aufgabe - Rotierende Galaxie

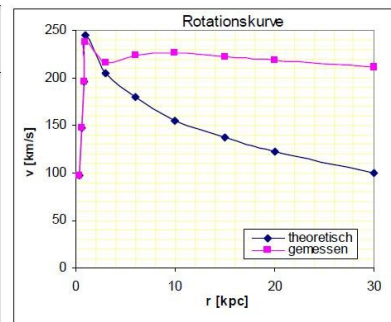
Geg.: Gravitationskonstante
 Umrechnung
 Sonnenmasse

$\gamma = 6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
 $1 \text{ pc} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$
 $M_S = 1,9896 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Ges.: theoretische Bahngeschwindigkeiten $v(r)$ der Sterne bei r

Lös.: $v(r) = \sqrt{\frac{\gamma \cdot M(r)}{r}}$

r [kpc]	$M(r)$ [kg]	berechnet $v(r)$ [km/s]	gemessen $v(r)$ [km/s]
0,4	$1,8 \cdot 10^{39}$	98	98
0,6	$6,0 \cdot 10^{39}$	147	147
0,8	$14,2 \cdot 10^{39}$	196	196
1	$27,8 \cdot 10^{39}$	245	238
3	$58,3 \cdot 10^{39}$	205	216
6	$89,9 \cdot 10^{39}$	180	224
10	$111,1 \cdot 10^{39}$	155	226
15	$132,7 \cdot 10^{39}$	138	223
20	$137,7 \cdot 10^{39}$	122	219
30	$138,7 \cdot 10^{39}$	100	211



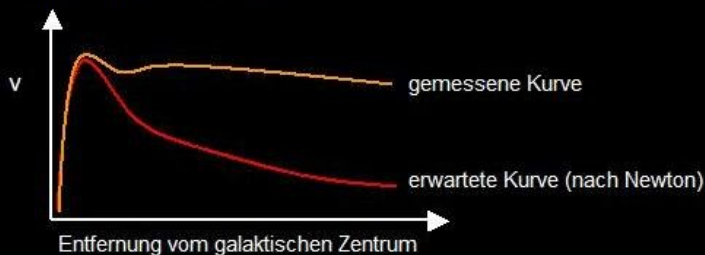
Diät für die Milchstraße – eine lustig geschriebene Kritik über die „Herleitung“ der Dunklen Materie aus den Rotationskurven von Galaxien

Klaus Retzlaff

Sogar in einem Lehrbuch für Studenten der Astrophysik habe ich diese Berechnungsweise gefunden. Aus diesen Ergebnissen werden dann weitreichende Schlussfolgerungen gezogen, wie hier wieder exemplarisch demonstriert:

Rotationskurven

Die Rotationskurve einer Galaxie beschreibt den Zusammenhang zwischen Rotationsgeschwindigkeit und Abstand vom Galaxiezentrum.



Aufgrund von Beobachtungen der Doppler-Verschiebung von Spektrallinien in den Sternspektren, konnte in den 70 Jahren festgestellt werden, dass Galaxien weder wie ein starrer Körper noch wie ein Kepler-System rotieren, wie es von einem gravitativ gebundenen System zu erwarten wäre.

Würde eine Galaxie wie ein starrer Körper rotieren, so wäre die Rotationskurve eine Ursprungsgerade.

Würde die Galaxie hingegen wie ein Kepler-System rotieren, so würde die Rotationskurve nach außen hin recht schnell abfallen.

In Wirklichkeit fällt die Kurve bei vielen Galaxien nicht schnell ab, sondern bleibt sehr lange konstant.

Um dies zu erklären, muss angenommen werden, dass in Galaxien weit mehr Materie vorhanden ist, als man sehen kann.

Dies führte zur Entdeckung der dunklen Materie.

Eine andere Erklärung ist, die newtonschen Gesetze abzuändern, wie es in der modifizierten Newtonschen Dynamik (MOND) angenommen wird.

Der Schluss geht dann auf Dunkle Materie oder eine andere Gravitationstheorien. Die Anwendung der Formel beruht auf der folgenden Annahme (wieder ein Zitat):

In einer Galaxie jedoch haben wir eine Dichteverteilung vom Galaxienzentrum nach außen und jeder Körper auf einer Umlaufbahn am Radius r um dieses Zentrum wird durch die gesamte Masse $M(r)$ innerhalb der Umlaufbahn gravitativ auf seiner Bahn gehalten, das heißt in einer Galaxie gilt

$$M = M(r) \neq \text{konst.}$$

Hinweis: Für die Bewegung eines Körpers auf einer Kreisbahn ist nur die gravitative Wirkung der Masse eines Kugelvolumens innerhalb seiner Umlaufbahn maßgebend.

Nun müssen wir die Massen innerhalb eines Radius r aufsummieren. Dies ist zum einen eine zentrale Punktmasse (z.B. zentrales Schwarzes Loch und Sternhaufen)

Diät für die Milchstraße – eine lustig geschriebene Kritik über die „Herleitung“ der Dunklen Materie aus den Rotationskurven von Galaxien

Klaus Retzlaff

Nun möchte ich nicht böse sein und jemanden kompromittieren, darum gebe ich den Autor nicht an. Jeder möge selber im Internet suchen und er wird diese und ähnliche Zitate finden. Aber so stets geschrieben und einer schreibt es vom anderen ab. Also das lernen so die Studenten von ihren Professoren:

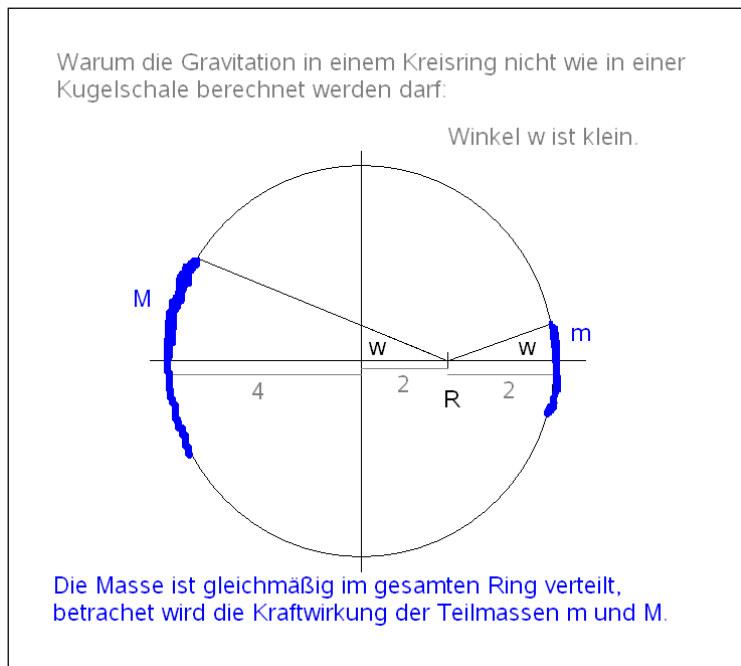
„Hinweis: Für die Bewegung eines Körpers auf einer Kreisbahn ist nur die Masse eines Kugelvolumens innerhalb der Umlaufbahn maßgebend.“

Vielleicht sollte man einmal über die Todesstrafe für Professoren nachdenken oder, was auch eine gute Idee ist - einen mittelalterlichen Pranger wieder einführen. Na vielleicht soll man aber auch Gnade vor Recht ergehen lassen, denn sogar ein befreundeter Astroberufskollege aus Österreich hat mir erklärt, dass ein Kreis ja eine zweidimensionale Kugel sei und man daher wie in einer Kugel rechnen könne.

Ja, die Kugel, die Kugel sollte man sich geben, wenn man so denkt – habe ich ihm natürlich nicht gesagt, habe mir einen anderen Spaß gemacht und damit auch noch andere schockiert.

Auch eine bekannte Astrozeitschrift hatte das Thema drauf und denselben Unfug erzählt, ne geschrieben. Der Schock ergab sich aus der folgenden Betrachtung¹:

Die Betrachtung der Gravitation in einem Kreisring ist von Interesse, um zu zeigen, dass die Verhältnisse in einem Kreisring wesentlich andere sind, als innerhalb einer massiven



Kugelschale. Im Innern einer Hohlkugel heben sich alle Gravitationskräfte bei kugelsymmetrischer Massenverteilung vollständig auf, so dass die Massen der Kugelschale die Bewegung einer Probemasse im Innern nicht beeinflussen. Darum müssen die äußeren Massen im Fall einer kugelsymmetrischen Verteilung nicht berücksichtigt werden. Bei einem Kreisring ist das aber ganz anders.

Betrachten wir den folgenden exemplarischen Fall eines Kreisrings, wobei wir zur Vereinfachung die Probemasse, die Kreisconstante und die Gravitationsconstante 1 setzen:

Für einen hinreichend kleinen Winkel w können wir die Massen m und M als durch Punktmassen auf den jeweiligen Radien ersetzbare Größen auffassen. M und m sind aber

¹ Der Test ist jetzt von mir.

Diät für die Milchstraße – eine lustig geschriebene Kritik über die „Herleitung“ der Dunklen Materie aus den Rotationskurven von Galaxien

Klaus Retzlaff

unterschiedlich groß, ihr Massenverhältnis ist durch das Verhältnis ihrer Bogenlängen gegeben. Die Massen sind darum proportional den Abständen von der Probemasse im Punkte R, weil die Massendichte auf dem gesamten Ring eine Konstante (1 gesetzt) ist. Auf Basis des Newtonschen Gravitationsgesetzes lassen sich nun sehr anschaulich die unterschiedlichen Kräfte bestimmen, die von m, bzw. M auf einen Probekörper der Masse=1 wirken. Dann findet man für den Kreisring:

$F_M \approx \frac{\tan(w) \cdot 6}{6^2} = \frac{\tan(w)}{6}$, sowie $F_m \approx \frac{\tan(w) \cdot 2}{2^2} = \frac{\tan(w)}{2}$. Die Kraft, die von der kleinen Masse m auf den Probekörper wirkt ist deutlich größer als die Kraft, die von der größeren Masse M wirkt. Damit wird die Probemasse im Kreisring zum rechten Rand hingezogen. Das ist in einer Hohlkugel völlig anders, weil die Massen m und M dann flächige Objekte sind und entsprechend würde in der Hohlkugel gelten:

$F_M \approx \frac{\tan(w) \cdot 6^2}{6^2} = \tan(w)$, sowie $F_m \approx \frac{\tan(w) \cdot 2^2}{2^2} = \tan(w)$. Beide Kräfte sind gleich groß, d.h. wir finden das bekannte Resultat: Im Innern einer Hohlkugel kompensieren sich bei homogener Massenverteilung alle Gravitationskräfte.

Also erst einmal darf man die Kräfte von Massen außerhalb einer Bahn nicht vernachlässigen. Das ist aber noch nicht alles. Wenn die Massen gar nicht in einer Kugel, sondern in einer Scheibe konzentriert sind, sind auch die Abstände zur betrachteten Testmasse geringer. Damit erzeugt ein und dieselbe Gesamtmasse aufgrund der geringeren Abstände – alles liegt in einer Ebene – eine größere Gravitationswirkung.

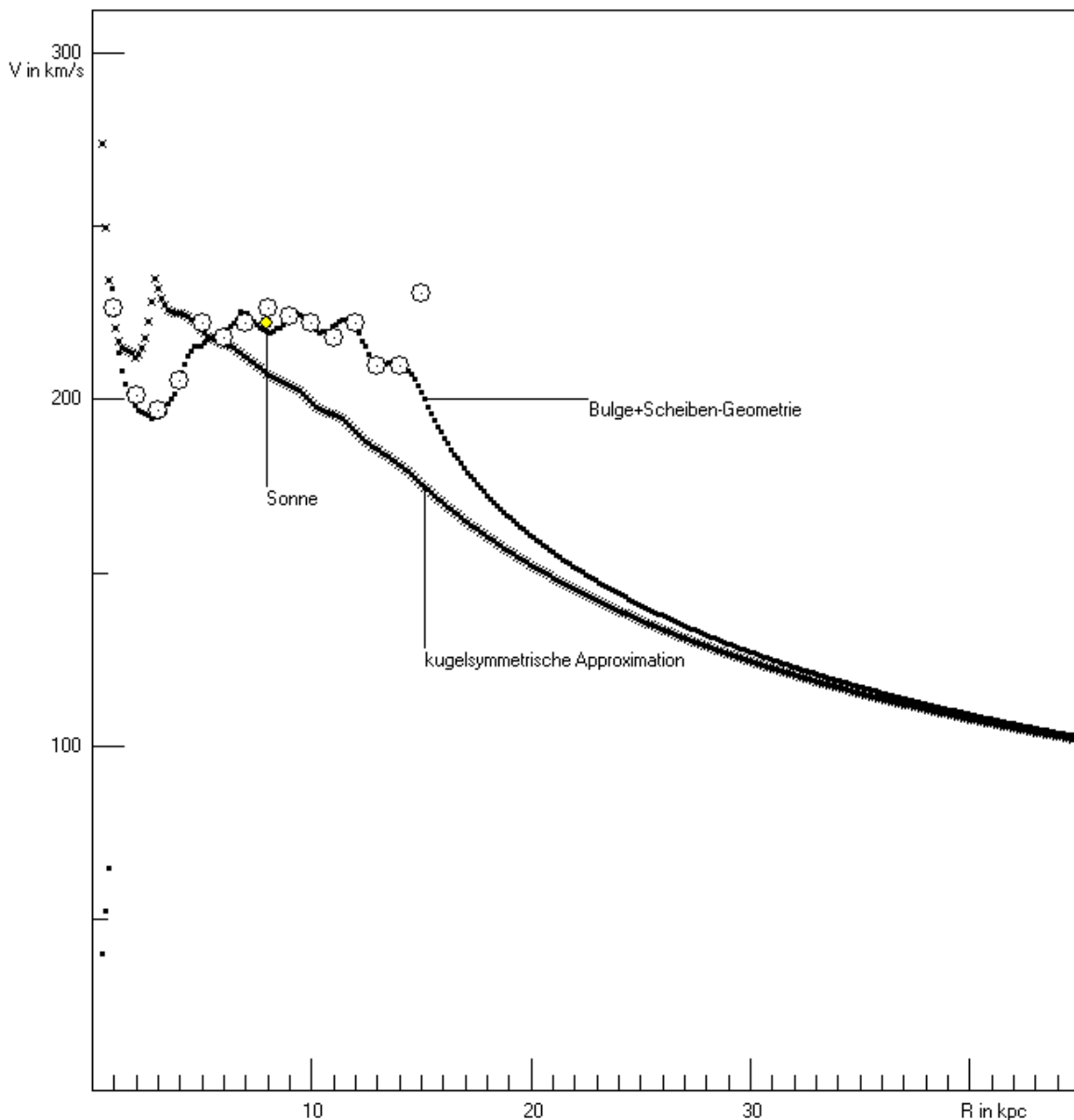
Tut man aber wie in einer Kugel rechnen, fehlt scheinbar Masse. Die Formel aus den Vorlesungen macht eben genau das. Sie tut so, als wären alle Massen in einer Kugelschale und nicht in einer Kreisscheibe verteilt. Kein Wunder also, dass das Eine nicht zum Anderen passt. Wenn man die richtige Geometrie nimmt und die Wirkung aller Massen berücksichtigt, dann kommt man zu einer wundersamen Übereinstimmung zwischen Newtonscher Gravitationstheorie, der Menge an beobachtbarer Materie und bei der Dichteverteilung liegt die Dichteverteilung in der Sonnenumgebung super in der Mitte des Fehlerbalkens.

Dunkle Materie gibt es zumindest nicht in unserer Galaxie bis 15 kpc und die Modifizierte Newtonsche Mechanik MOND hat einen Schummelfaktor als neue Naturkonstante eingeführt, weil auch die MOND-Indianer nicht wussten, dass sie nur einen durchgesetzten Lehrbuchfehler korrigieren – zumindest scheint das so. Was ich noch nicht untersucht habe sind andere Indizien, die für DM sprechen könnten, z.B. den Gravitationslinseneffekt, das Verhalten von Galaxienhaufen. Darum muss ich vorsichtig sein. Auch ist das Gesagte nur für unsere Galaxie bis 15 kpc untersucht. Doch da erscheint das Resultat eindeutig gegen Dunkle Materie zu sprechen und ich finde keinen Widerspruch zur Newtonschen Gravitationstheorie.

Diät für die Milchstraße – eine lustig geschriebene Kritik über die „Herleitung“ der Dunklen Materie aus den Rotationskurven von Galaxien

Klaus Retzlaff

Ist das nicht eine schöne Kurve von mir. Die runden Kullern (in der Kurve für die Rotation) sind die Messwerte². Das meine Kurve außerhalb von 15kpc abfällt, liegt daran, dass ich da gar keine Materie mehr hingsetzt habe.



Ein ausführlicher Artikel über die Computersimulation wird zurzeit erarbeitet, damit jeder auch die Einzelheiten nachvollziehen kann.

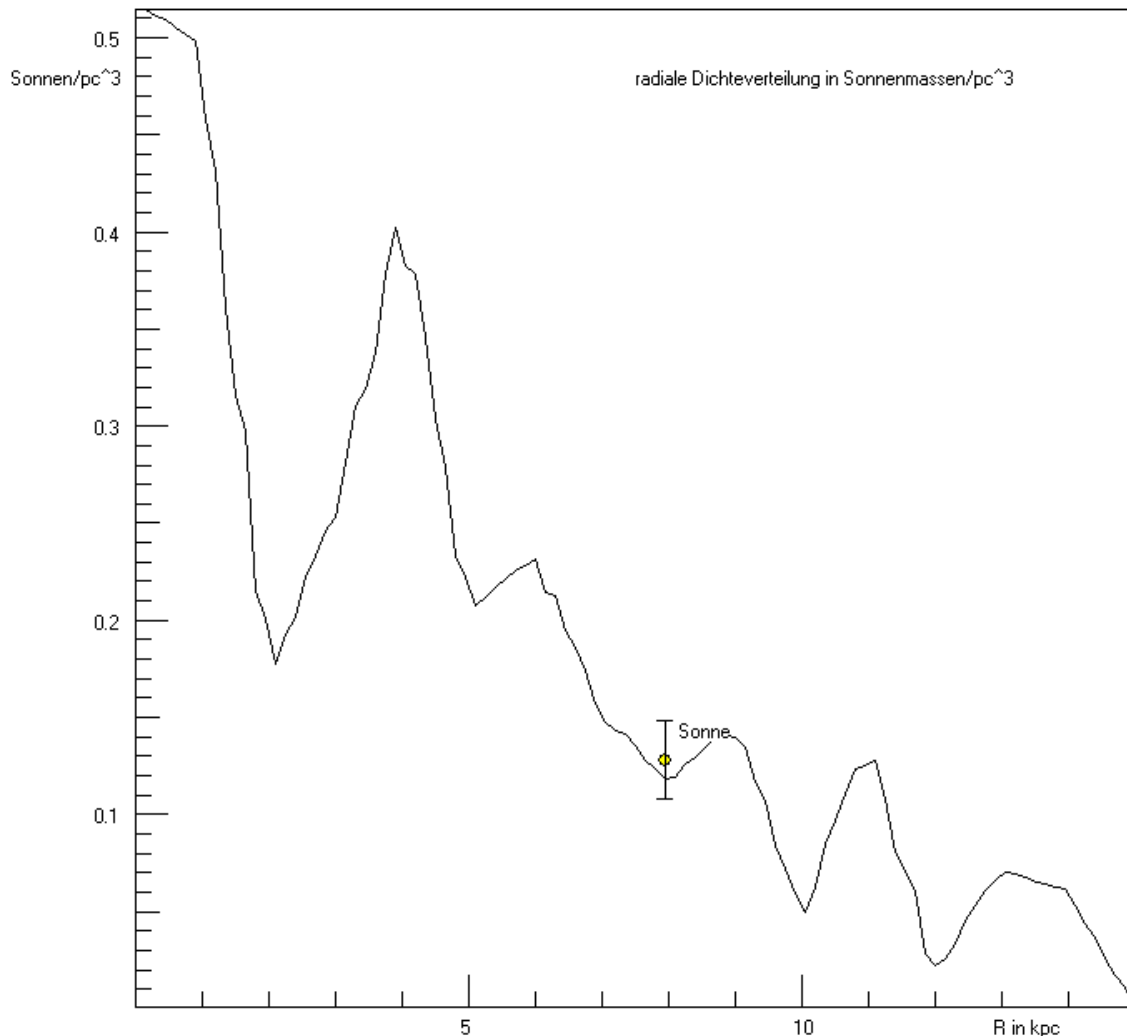
²

M. Honma, Y. Sofue, Rotation Curve of Galaxy, 1997, PASJ, 49, 453 sowie M. Honma, Y. Sofue, Mass of the Galaxy Inferred from Outer Rotation Curve, 1996, Apj, 360, 505

Diät für die Milchstraße – eine lustig geschriebene Kritik über die „Herleitung“ der Dunklen Materie aus den Rotationskurven von Galaxien

Klaus Retzlaff

Und hier nun findest Du noch die schöne Massendichte.



Die hier sieht man die von mir berechnete Massendichte in unserer Galaxis. Die berechnete Massendichte um die Sonne befindet sich wunderbar im Fehlerbalken der Messungen. Die Schwankungen kommen von den Spiralarmen und dem Bulge. Und die Masse unserer Milchstraße (bis 15 kpc) ist eben nun viel kleiner als wenn da noch eine unbekannte Dunkle Materie da wäre. Sie liegt bei nur 10^{11} Sonnenmassen.



Ist das nicht schön?