

Joachim Stiller

# Das Problem der Dunklen Materie gelöst!

## Zur Wasserstoffhypothese der Dunklen Materie

Wissenschaftliche Arbeiten von Joachim Stiller

Alle Rechte vorbehalten

# Die Wasserstoffhypothese der Dunkle Materie

Die Kosmologie nimmt heute ganz allgemein die Existenz einer sogenannten Dunklen Materie (DM) an, ohne die die Verhältnisse im Weltall nicht erklärt werden können. Um was es sich bei dieser postulierten Dunklen Materie (DM) handelt, ist bis heute nicht geklärt, und die Wissenschaft scheint heute von einer Lösung des Problems weiter entfernt, denn je. Zwei Beobachtungen scheinen die Existenz der DM eindeutig zu belegen:

1. der Gravitationslinseneffekt
2. die Bewegung der Galaxien in Galaxienhaufen

Die DM ist nur zu identifizieren, aufgrund der eindeutig bestimmbaren „Gravitationswirkung“, sichtbar ist sie hingegen „nicht“. Daher auch der Ausdruck „Dunkle Materie“. Aus weitgehend gesicherten Berechnungen ergibt sich für die DM etwa das fünffache der sichtbaren, stellaren Masse.

Ich möchte nun hier die durchaus gewagte These vorbringen, dass es sich bei der DM in Wahrheit nur um neutralen Wasserstoff handelt. Ich habe diese These wiederholt im Internet diskutiert und bin dabei auf wenig Verständnis oder gar Gegenliebe gestoßen. Ganz im Gegenteil. Im Augenblick scheine ich der Weltweit einzige Wissenschaftler zu sein, der die Wasserstoffhypothese der Dunklen Materie ernsthaft in Erwägung zieht. Aber, es gibt für mich ausreichend Gründe, die ein Festhalten an der Wasserstoffhypothese rechtfertigen. Diese möchte ich im Folgenden kurz darstellen.

## Primordialer Wasserstoff

Fangen wir der Einfachheit halber einmal mit dem stärksten Gegenargument gegen die Wasserstoffhypothese an. Dort wird behauptet, außerhalb der stellaren Scheibe gäbe es keinen neutralen Wasserstoff, der ja sonst gemessen werden müsste. So schrieb mir der Redakteur von „Sterne und Weltall“, dem Publikationsorgan des Max-Planck-Instituts, Ulrich Bastian:

Die Wasserstoffhypothese passe „nicht zu primordialer Nukleosynthese und würde 21-cm-Strahlung freisetzen.“ Die Wasserstoffhypothese „ist also mit Leichtigkeit und mit großer Gewissheit (???) widerlegbar“ So weit, so gut.

Ich möchte nun auf das Material aus dem Werk „Die neue Kosmologie – von Dunkelmaterie, GUT's und Superhaufen“, herausgegeben von James Cornell, besonders aber den Vortrag von Vera Rubin zurückgreifen, das die Sache bereits an dieser Stelle etwas erhellen kann. So schreibt Vera Rubin auf Seite 126:

„In einigen (?) Galaxien ist noch deutlich über die optisch sichtbare Galaxie hinaus neutraler Wasserstoff vorhanden, der im Radiobereich bei einer **Wellenlänge von 21 cm** beobachtet werden kann. Damit ist es möglich, die Dynamik und die Masseverteilung jenseits der Grenzen der optischen Galaxie zu untersuchen. Diese Beobachtungen zeigen, dass auch dieses Gas in großen radialen Entfernungen praktisch noch mit konstanter Geschwindigkeit kreist.“

Es gibt in diesem Vortrag von Vera Rubin mehrere Abbildungen von Rotationskurven. Ich möchte hier besonders auf die Abbildung auf Seite 124 verweisen. Sie wurde 1982 das erste mal veröffentlicht. Im unteren Teil der Darstellung sind Rotationskurven zu sehen, die deutlich einen Radius von bis zu 40 oder 50 kpc aufweisen, was etwa 150 000 ly entspricht, etwa dem Dreifachen der optischen Galaxie. Die Messungen stammen von 1982 Heutige Messungen dürften erheblich genauer sein, und damit noch weiter in das Weltall hinausreichen. Neutraler Wasserstoff wird nicht nur überhaupt gemessen, sondern bis zu einem Mehrfachen

der optischen Galaxie. Würde man den primordialen, neutralen Wasserstoff auch nur bis zu einem sechsfachen der optischen Galaxie nachweisen können, wäre die Wasserstoffhypothese bereits an dieser Stelle eindeutig bewiesen. Die Menge des dann vorhandenen neutralen Wasserstoffs würde ohne weiteres Ausreichen, die Dunkle Materie zu erklären, die ja auf etwa das fünffache der sichtbaren Masse geschätzt wird. q.e.d.

## Die Materieverteilung innerhalb der Galaxie

Und nun kommen wir zu einem zweiten gewichtigen Einwand, der bereits von Zwicky gemacht wurde. Die Materieverteilung nimmt offensichtlich nach außen hin, also mit zunehmender Entfernung ab. Aber trotzdem bleiben die Rotationsgeschwindigkeiten gleichbleibend hoch, und das bis weit über den sichtbaren Bereich der stellaren Scheibe hinaus. Dies sei aber ohne DM nicht zu erklären.

Ich will nun versuchen, zu zeigen, dass es sich hierbei um einen kolossalen Denkfehler handelt, dessen Unverstand einmalig in der Geschichte der Menschheit sein dürfte.

Beginnen wir bei dem, was wir tatsächlich messen können, und das ist eine konstante Rotationsgeschwindigkeit. Nun können wir das Gravitations-Bewegungs-Gesetz so interpretieren, dass sich folgender Zusammenhang ergibt: Bei konstanter Rotationsgeschwindigkeit nimmt die Gesamtmasse der Galaxie proportional mit der Entfernung, also proportional zum Radius zu. Ich lasse die Formel kurz folgen:

Das umgeformte Gravitations-Bewegungs-Gesetz:

$$(1) \quad \text{Gesamtmasse } M(r) = \text{Radius } R \times v^2 / \text{Gravitationskonstante } G$$

So weit ist der Sachverhalt also eindeutig. Das ist aber noch nicht das Entscheidende. Fragen wir uns nun einmal, wie sich denn die Materieverteilung, also die Dichteverteilung der Materie bei steigender Entfernung verhält. Wir teilen zunächst den Gesamtradius in gleich große Abschnitte. Die Gesamtmasse nimmt nun proportional zum Radius zu. Da aber die (gedachten) Kreisringe (Kreissegment) flächentechnisch immer größer werden, muss zwangsläufig die Materieverteilung nach außen hin umgekehrt-proportional zum Radius abnehmen. Die Materie dünnt praktisch nach außen hin immer weiter aus, auch noch bis weit über den Bereich der optischen Galaxie hinaus. Über den Bereich der stellaren Scheibe hinaus setzt sich dieser Prozess der zum Radius umgekehrt-proportionalen (nicht aber exponentiellen, wie einiger Kosmologen fälschlicherweise annehmen) Ausdünnung der Materie (Wasserstoff) praktisch beliebig fort, theoretisch bis ins unendliche. Die Gesamtmasse der Galaxie (Spiralgalaxie) könnte theoretisch einen beliebig hohen Wert annehmen, und das obwohl die Dichteverteilung des neutralen Wasserstoffs nach außen hin abnimmt. Aber sie wird niemals Null. Wenn wir den primordialen Wasserstoff „nur“ bis zu einem sechsfachen des Radius der stellaren Scheibe nachweisen könnten, wäre meine Wasserstoffhypothese auch von dieser Seite her lückenlos und sauber bewiesen. Dass die Gesamtmasse der Galaxie dabei weiterhin mit dem Radius ansteigt, bleibt davon absolut unberührt. Das war ja gerade die Voraussetzung, die wir gemacht hatten. Man muss also genau zwischen Gesamtmassenzunahme und Materiedichteverteilung innerhalb der Galaxie unterscheiden, eine Unterscheidung, die Zwicky offensichtlich nicht gemacht hat. Für mich ist die Wasserstoffhypothese inzwischen „evident“. Es kann nicht anders sein.

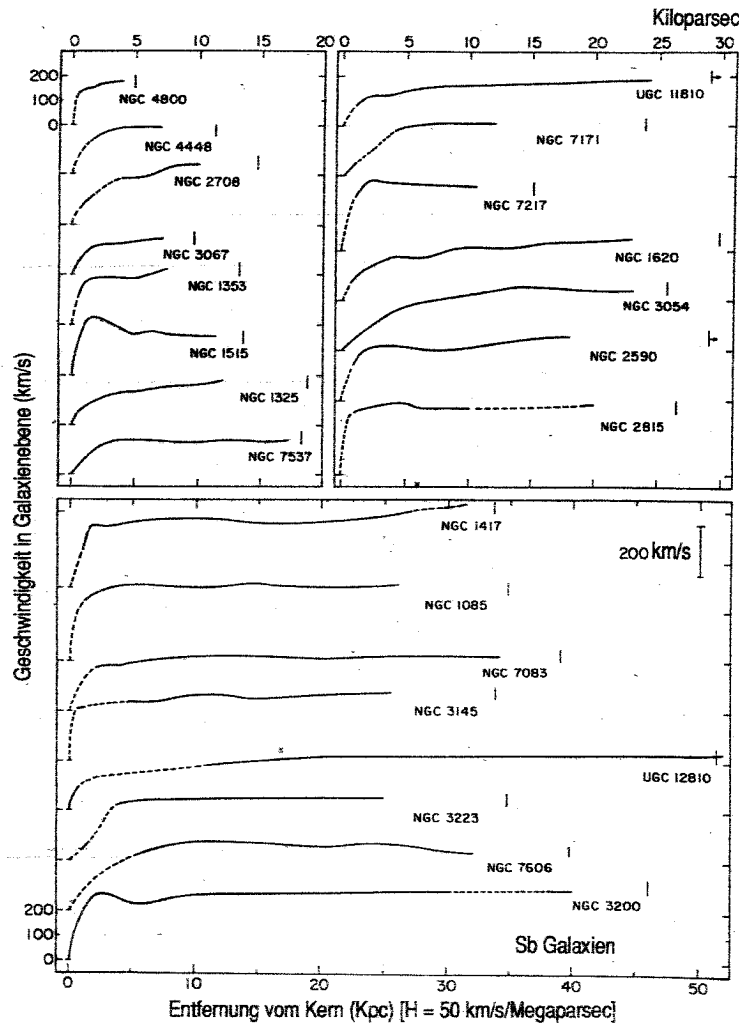


Abb. 4.12 Rotationskurven von 23 Sb-Galaxien, Galaxien mit gut entwickelter Spiralstruktur und mittelgroßem «Bulge». Man beachte, daß praktisch alle Rotationsgeschwindigkeiten am Rande der optisch sichtbaren Galaxie hoch bleiben. (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von *The Astrophysical Journal*; Copyright 1982 The American Astronomical Society.)

### Literaturhinweise:

- „Die neue Kosmologie“, hrsg. von James Cornell
- „Sterne und Weltall“, Ausgabe 9/2005
- De Boer/Fürst: „Astronomie“
- Unsöld/Baschek: „Der neue Kosmos“
- Weigert/Wendker: „Astronomie und Astrophysik“
- Schneider: Extragalaktische Astronomie und Kosmologie“

# Zur Materiedichtevertelung in Spiralgalaxien

Die Materiedichte innerhalb und außerhalb der stellaren Scheibe von Spiralgalaxien berechnet sich nach meiner Ableitung wie folgt:

$$\begin{aligned}(1) \quad p(r) &= dM / dA \\ &= d(v^2 r / G) / d(\pi r^2) \\ &= (v^2 / G) / (2 \pi r) \\ &= v^2 / (2 \pi G r)\end{aligned}$$

Ich kann es auch spaßeshalber geometrisch herleiten, und nicht nur differentialrechnerisch:

$$\begin{aligned}(2) \quad p(r) &= (M(R) / R) \times (1 / 2 \pi r) \\ &= (v^2 R / G R) \times (1 / 2 \pi r) \\ &= (v^2 / G) \times (1 / 2 \pi r) \\ &= v^2 / (2 \pi G r)\end{aligned}$$

mit:

Rotationsgeschwindigkeit  $v = \text{ca. } 220 \text{ km / s}$  (der tatsächliche Betrag liegt wahrscheinlich etwas höher)

Kreiszahl  $\text{Pi} = 3,1415$

Gravitationskonstante  $G = 6,6741 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg} \times \text{s}^2)$   
 $= 6,6741 \times 10^{-20} \text{ km}^3 / \text{kg} \times \text{s}^2$

Damit können wir die Flächendichten der Milchstraße exakt bestimmen... Wichtig ist, dass wir in Sonnenmassen pro Parsec Quadrat umrechnen müssen... Und eben da vertue ich mich immer...

## Rechnung 1

$$\begin{aligned}p(r) &= v^2 / 2 \text{ Pi } G r \\ \text{.....} &= 220^2 \text{ km}^2 / \text{s}^2 \text{ Geteilt durch } 2 \times 3,1415 \times 6,6741 \times 10^{-20} \text{ km}^3 / \text{kg} \times \text{s}^2 / r\end{aligned}$$

Sekunde Quadrat und Kilometer Quadrat kürzen sich raus:

$$\text{.....} = 1154,212 \times 10^{20} (\text{kg/km}) / r$$

Jetzt umrechnen in Sonnenmassen pro Parsec (pc)...

1 pc entspricht  $3,09 \times 10^{13}$  km  
1 km entspricht  $1/3,09 \times 10^{-13}$  pc  
1 Sonnenmasse entspricht  $1,98892 \times 10^{30}$  kg  
1 kg entspricht  $1/1,98892 \times 10^{-30}$  Sm

Setzen wir ein:

$p(r) = 1154,212 \times 10^{20} \text{ kg} / \text{km} / r$   
.....=  $1154,212 \times 10^{20} \times 1/(1,98892 \times 10^{-30}) \times 3,09 \times 10^{13} / r$   
.....=  $1793,191 \times 10^3 \text{ Sonnenmassen SM} / (\text{pc} \times r)$

Wenn wir jetzt als Radius kpc eingeben können wir auch zunächst durch 1000 teilen

$p(r) = 1793,191 \text{ Sm} / (\text{pc} \times r)$  in kpc...

für  $r = 5 \text{ kpc}$  erhalten wir ca.  $360 \text{ Sm/pc}^2$   
für  $r = 10 \text{ kpc}$  erhalten wir ca.  $180 \text{ Sm/pc}^2$   
für  $r = 15 \text{ kpc}$  erhalten wir ca.  $120 \text{ Sm/p}^2$

Und das stimmt ziemlich gut mit den erwarteten Parametern überein.

## Rechnung 2

Wir können aber noch anders vorgehen, wenn wir berücksichtigen, dass die Materiedichteverteilung proportional zum Radius abnimmt:

Gesamtmasse  $M = 200\,000\,000\,000 \text{ Sm}$  verteilen sich auf  $r = R = 50\,000 \text{ Ly}$  dann kommen auf ein Ly  $4\,000\,000 \text{ SM}$ . Ein pc =  $3,26 \text{ Ly}$ ... Dann kommen auf ein pc  $13\,040\,000 \text{ SM}$

Diesen Betrag muss ich nur noch durch  $2 r \text{ Pi}$  teilen... Wir kriegen rechnerisch raus:  $415 \text{ Sm/pc}^2$  ( $r = 5\,000 \text{ pc}$ ),  $207 \text{ Sm/pc}^2$  ( $r = 10\,000 \text{ pc}$ ) und  $138 \text{ Sm/pc}^2$  ( $r = 15\,000 \text{ pc}$ ), und das passt, wenn man berücksichtigt, dass wir für die Rotationsgeschwindigkeit einen etwas zu geringen Wert angenommen haben... Rechnerisch liegt die Rotationsgeschwindigkeit bei  $237 \text{ km/s}$  und nicht bei nur  $220 \text{ km/s}$ , wie wir gleich sehen werden... Damit ist eigentlich schon der Beweis erbracht dass es keine DM gibt... Die DM ist neutraler Wasserstoff, und befindet sich in der Verlängerung der stellaren Scheibe um die stellare Scheibe herum, sozusagen in der Fortsetzung des Warps...

## Berechnung der Rotationsgeschwindigkeit

Die Rotationsgeschwindigkeit ist gemessen etwa 230 km / s... Jetzt brauchen wir die Rotationsgeschwindigkeit der Milchstraße nur noch rechnerisch überprüfen... Kriegen wir das passende Ergebnis, dann braucht es in der stellaren Scheibe keine DM... Rechnen wir mal:

$$v = \sqrt{G M / r}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2$$

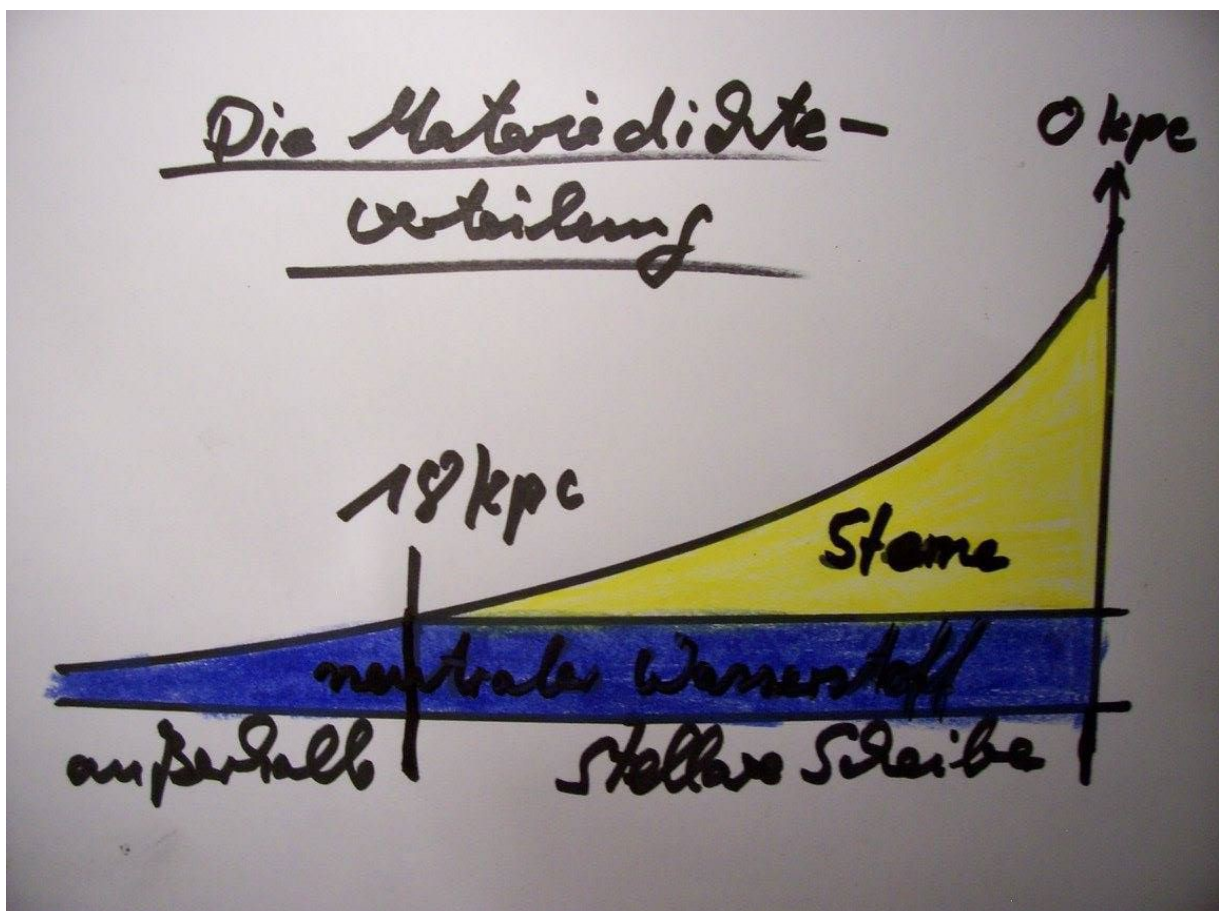
$$M = 200\,000\,000\,000 \text{ SM} \times 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$r = R = 50\,000 \text{ LY} \times 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$$

---

$$v = 237 \text{ km / s}$$

Und das ist exakt richtig... Bei einer angenommenen Gesamtmasse der stellaren Scheibe müssten wir rechnerisch einen Rotationsgeschwindigkeit von 237 km / s erhalten... Und das stimmt mit dem tatsächlichen Wert überein...



# Newton's Gravitations-Bewegungsgesetz und die Differenz von konstanter und variabler Zentralmasse

Das Newtonsche Gravitations-Bewegungsgesetz kann wie folgt geschrieben werden:

$$(5) \quad v = \sqrt{G M / r}$$

Dabei zeigt sich ganz grundsätzlich, dass  $v$  von nur **zwei** Größen abhängt: 1. Dem jeweiligen Radius, und 2. der Zentralmasse. Wenn wir dies nun auf das Sonnensystem einerseits und auf die Spiralgalaxien andererseits anwenden, ergibt sich je ein anderes Bild.

**Für das Sonnensystem** bleibt die Zentralmasse konstant. Die Rotationsgeschwindigkeit  $v$  hängt nur vom Radius ab. Wir können also schreiben

$$(6) \quad v = \sqrt{G M(\text{Sonne}) / r}$$

**Für die Spiralgalaxien** nimmt die (scheinbare) Zentralmasse (Gesamtmasse) mit dem Radius zu. Die Rotationsgeschwindigkeit hängt somit nicht nur vom Radius  $r$  ab, sondern auch von der scheinbaren Zentralmasse  $M(r)$ . Hinzu kommt, dass die Masse rein rechnerisch genau proportional zum Radius zunimmt.  $M(r) / r$  bleibt also konstant, und somit auch die Rotationsgeschwindigkeit. Wir können also schreiben:

$$(7) \quad v = \sqrt{G M(r) / r}$$

Des weiteren können wir folgern:  $M(r) / r = \text{konstant}$ , und somit  $v = \text{konstant}$ . Das ist zwar eine Rückwärtsextrapolation, die aber meines Erachtens hier vertretbar ist. Letztendlich, und das ist etwa das worauf ich immer wieder hinaus will, lässt sich der Würfel der proportionalen und umgekehrt-proportionalen Abhängigkeiten innerhalb der Spiralgalaxien beinahe beliebig drehen und wenden. Das Ergebnis ist immer dasselbe. Die Spiralgalaxien befinden sich in einer Art schwebendem Gleichgewichtszustand, der nur durch wenige (Natur)Gesetze bedingt ist: Entweder a) die Rotationsgeschwindigkeiten sind konstant, oder aber b) die Gesamtmasse nimmt proportional zum Radius zu, oder aber c) die Materiedichteverteilung (und damit übrigens auch die Masse-Leuchtkraftbeziehung) nimmt umgekehrt-proportional zum Radius (nicht exponential) ab. Es handelt sich hierbei um wirkliche Naturgesetze, und verblüffend einfache dazu. Eine Übertragung von Kepler auf die Galaxien unter der Annahme einer konstanten Zentralmasse, wie sie heute praktisch in jedem Lehrbuch steht (Stichwort Keplerbewegung), ist so „nicht“ zulässig. Und das in gar keiner Weise (siehe Beispiele etwa auch in Weigert/Wendker: *Astronomie und Astrophysik – Grundkurs*, S.219-221 oder Schneider, Peter: *Extragalaktische Astronomie und Kosmologie*, S.4-6 und S.100-102).



# Herleitung von Newtons Gravitations-Bewegungs-Gesetz

Wir schreiben Newtons Gravitationsgesetz in der Form:

$$(a) \quad F_G = G M m / r^2$$

Und für die Zentrifugalkraft schreiben wir:

$$(b) \quad F_Z = v^2 m / r$$

Da für jedes Objekt, dass sich stabil auf einer Kreisbahn um die Sonne (M) bewegt, die Gravitationskraft  $F_G$  genau so groß sein muss, wie die entgegengesetzt wirkende Zentrifugalkraft  $F_Z$ , können wir beide Kräfte gleichsetzen:

$$(c) \quad G M m / r^2 = v^2 m / r$$

$m$  und ein  $r$  kürzen sich raus. Wir erhalten:

$$(d) \quad G M / r = v^2$$

oder

$$(e) \quad M = v^2 r / G$$

oder:

$$(f) \quad v^2 = G M / r$$

oder

$$(g) \quad v = \sqrt{G M / r}$$

## Literaturhinweise:

- H. R. Henkel: „Astronomie“ (ich möchte dieses Werk ausdrücklich jedem empfehlen, der sich etwas eingehender mit Kepler und Newton beschäftigen will)
- De Boer/Fürst: „Astronomie“
- Unsöld/Baschek: „Der neue Kosmos“
- Weigert/Wendker: „Astronomie und Astrophysik“
- Schneider: „Extragalaktische Astronomie und Kosmologie“

# Alan Guth: Die Gravitationsenergie

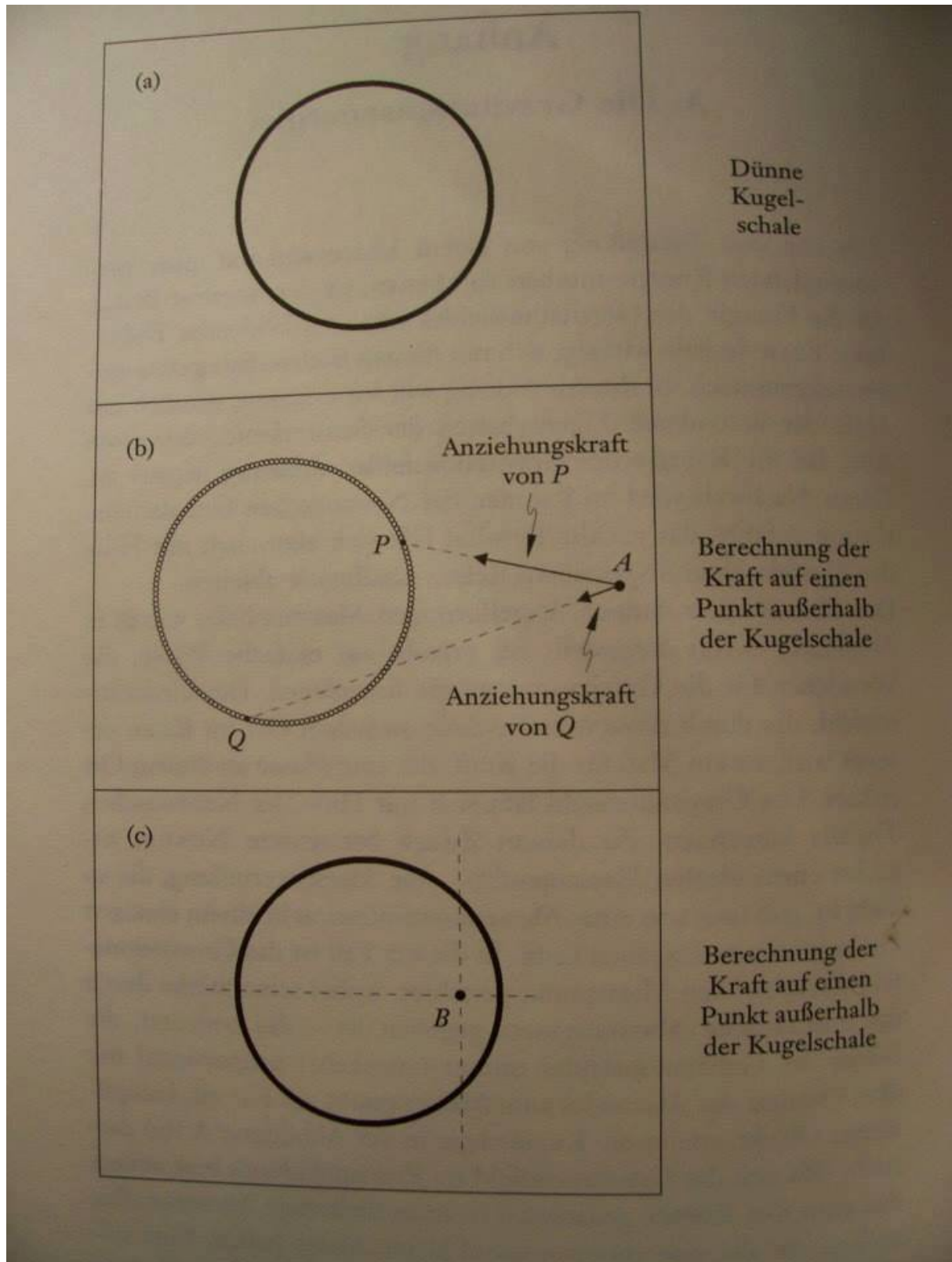
Ich möchte hier einmal die Interpretation des Hohlkugelproblems von Alan Guth wiedergeben, wie er es unter Anhang A einem Werk "Die Geburt des Kosmos aus dem Nichts - Die Theorie des inflationären Universums" angehängt hat.

„Um sich eine Vorstellung von einem Universum mit einer verschwindenden Energie machen zu können, ist der negative Betrag für die Energie des Gravitationsfeldes von entscheidender Bedeutung. Es ist deshalb wichtig, sich mit diesem Sachverhalt genau auseinanderzusetzen. In diesem Anhang will ich erklären, wie sich mit Hilfe der besonderen Eigenschaften der Schwerkraft nachweisen lässt, dass die Energie des Gravitationsfeldes eindeutig negativ ist. Dieser Nachweis wird im Rahmen der Newtonschen Gravitationstheorie geführt, das gleiche Resultat lässt sich aber auch mit Hilfe der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie ableiten.

Das Modell einer dünnen, kugelförmigen Massenschale, wie es in Abbildung A.1(a) dargestellt ist, erlaubt auf einfache Weise, das Vorzeichen für die Gravitationsenergie festzulegen. Das Gravitationsfeld, das durch diese Massenschale an jedem Ort im Raum erzeugt wird, ist ein Maß für die Kraft, die eine Masse an diesem Ort erfährt. Das Gravitationsfeld lässt sich mit Hilfe der Newtonschen Theorie berechnen. Zu diesem Zweck betrachtete Newton zunächst einen idealen Massepunkt - eine Masseverteilung, die so klein ist, dass man von einer Massekonzentration in einem einzigen Punkt im Raum ausgehen kann. In diesem Fall ist das Gravitationsfeld direkt auf den Massepunkt gerichtet, wobei seine Stärke durch das quadratische Abstandsgesetz gegeben ist - das bedeutet, die Stärke des Gravitationsfeldes nimmt umgekehrt proportional mit dem Quadrat des Abstandes zum Massenpunkt ab. Für ein kompliziertes Objekt, wie es die Kugelschale in der Abbildung A.1(a) darstellt, lässt sich das Gravitationsfeld im Prinzip dadurch bestimmen, dass man den Körper gedanklich in unendlich viele Massenpunkte zerlegt, die alle eine verschwindend kleine Masse haben. Eine solche Unterteilung in lauter kleine Massenpunkte ist schematisch in der Abbildung A.1(b) dargestellt. In diesem Fall muss man die unendlich vielen Beiträge aufaddieren, die sich aus der Anwendung des simplen quadratischen Abstandsgesetzes auf die einzelnen Massepunkte ergeben, um das endgültige Ergebnis zu erhalten. Die Rechenmethoden, welche die Handhabung von unendlich vielen Größen erlauben, sind Gegenstand der sogenannten Integralrechnung, die zu großen Teil von Newton selbst entwickelt worden ist.“ (Alan Guth)

Abb. A.1: Das Gravitationsfeld einer dünnen Kugelschale.

Im Teil (a) dieser Abbildung ist eine dünne Kugelschale dargestellt. In Wirklichkeit handelt es sich um eine dreidimensionale Kugel. Diese Abbildung zeigt jedoch nur einen zweidimensionalen Schnitt durch den Mittelpunkt der Kugel. In Teil (b) wurde die Kugelschale in viele kleine Massenpunkte unterteilt, um das Gravitationsfeld im Punkt A berechnen zu können. Obwohl sich nur endlich viele Massenpunkte darstellen lassen, werden im Prinzip unendlich viele Punkte angenommen. Mit den Pfeilen ist die Gravitationsanziehung angedeutet, die durch die Massenpunkte P und Q hervorgerufen wird. Da der Abstand zum Punkt P kleiner ist, ist dessen Anziehung auch größer. Im Teil (c) der Abbildung ist im Inneren der Hohlkugel ein Punkt B eingezeichnet, für den das Gravitationsfeld berechnet werden soll. Die Masse rechts von der gestrichelten vertikalen Linie liegt zwar dichter beim Punkt B als die Masse auf der linken Seite, aber auf der linken Seite ist die Masse auch größer als auf der rechten.



Das Ergebnis für das Gravitationsfeld einer sphärischen Massenverteilung wurde zuerst von Newton abgeleitet. Diese Berechnung gehört zu jenen Problemen, die man aller Wahrscheinlichkeit nach in jedem Physikkurs auf dem College lösen muss. Newton konnte zeigen, dass das Gravitationsfeld in jedem Raumpunkt außerhalb der Kugelschale in radialer Richtung ge-

radlinig auf den Mittelpunkt der Kugelschale zeigt. Diese Lösung hatte man bereits aus der Symmetrie des Problems vorwegnehmen können: Es gibt nämlich eine andere vernünftige Antwort auf die Frage "In welche Richtung im Raum zeigt das Feld?". Die Stärke des Gravitationsfeldes außerhalb der Kugelschale lässt sich überraschend einfach ermitteln. Das Gravitationsfeld hat eine Stärke, die exakt der Situation entspricht, wo die gesamte Masse im Zentrum der Kugelschale konzentriert ist.

Wie sieht das Gravitationsfeld im Innern der Kugelschale aus? Dazu wollen wir als Beispiel die Kraft auf ein Teilchen betrachten, das sich am Ort B befindet, wie es im Teil (c) der Abbildung dargestellt ist. Aus Symmetriegründen zeigt die angreifende Kraft entlang der horizontal gestrichelten Linie, denn die beiden Kräfte in vertikaler Richtung, die durch die Massenanziehung in Richtung der oberen beziehungsweise der unteren Hälfte der Kugelschale hervorgerufen werden, heben sich exakt auf. Wir müssen aber immer noch herausfinden, ob die Kraft nach rechts oder nach links gerichtet ist. Es gibt einen ganz einleuchtenden Grund, weshalb die Kraft nach rechts zeigen sollte: Da die Massenverteilung auf der rechten Seite sehr viel näher liegt, als auf der linken Seite, würde man nach dem quadratischen Abstandsgesetz auch erwarten, dass die Anziehung durch die Masse auf der rechten Seite überwiegt. Es gibt aber einen ebenso einleuchtenden Grund, weshalb die Kraft nach links gerichtet sein sollte: Auf der linken Seite ist mehr Masse vorhanden, so dass deren Anziehung überwiegen sollte.

Welcher der beiden zuvor genannten Gründe ist nun richtig? Wie Newton zeigen konnte, sind beide Argumente gleichermaßen richtig. Es ist tatsächlich so, dass sich die Kräfte für ein Teilchen an jedem beliebigen Ort innerhalb der Kugelschale exakt aufheben. (Alan Guth)

## Die Übertragung auf Spiralgalaxien

Eine Spiralgalaxie ist eine Art Scheibe, in der die Sterne - wir stellen sie uns vereinfacht als Punktmassen vor - irgendwie verteilt sind, und angenähert auf Kreisbahnen um das galaktische Zentrum rotieren. So... Und nun greifen wir uns einfach einen einzelnen Stern heraus. Dann wird der Stern durch die Gravitation auf seiner Bahn gehalten. Und für diese Gravitation ist einzig und allein relevant, was an Masse "innerhalb" der Kreisbahn liegt. Alle Massen, die außerhalb liegen, können ganz pauschal vernachlässigt werden. Und? Überrascht? Du willst jetzt sicherlich wissen, wie ich darauf komme. Nun, auf der einen Außenseite ziehen einige wenige Massen den Stern vom galaktischen Zentrum weg. Aber diese Massen sind ganz dicht bei unserem Stern, üben also recht große Gravitation aus. Wenn man den Kreisring aber auf die gegenüberliegende Seite der Galaxie hin verfolgt, so befinden sich dort auf der Außenseite unserer Kreisbahn viel mehr Sterne, die unsere Probemasse zum galaktischen Zentrum hinziehen. Allerdings sind diese vielen Massen viel weiter weg. Und Mathematiker konnten eindeutig zeigen, dass sich beide Kräftescharen genau aufheben. Also: Alle Sterne, die außerhalb unserer angenommenen Kreisbahn liegen, fallen weg. Sie sind zu vernachlässigen. Wichtig ist nur, was "innerhalb" der Kreisbahn liegt. Und dann ist das Newtonsche Gravitations-Bewegungsgesetz sehr wohl auf jede einzelne Probemasse anwendbar.

Viele Sterne außerhalb  
ziehen nach oben, sind  
aber weit weg



Wenige Sterne außerhalb  
ziehen nach unten, sind  
aber nah dran

# Hinweise auf Dunkle Materie 1: Peter Schneider - Rotationskurven und Dunkle Materie

Ich möchte einmal aus dem folgenden Werk zitieren:

Peter Schneider: Einführung in die extragalaktische Astronomie und Kosmologie, Kapitel 3.3.3, S.100-101

„Die Rotationskurven für andere Spiralgalaxien sind einfacher zu messen als die der Milchstraße, da wir jene „von außen“ beobachten können. Die Messungen erfolgen mittels des Doppler-Effekts, wobei man für die Inklination der Scheibe, also ihre Orientierung relativ zum Sehstrahl, korrigieren muss. Den Inklinationswinkel erhält man aus dem beobachteten Achsenverhältnis der Scheibe unter der Annahme, dass Scheiben intrinsisch (bis auf die Spiralarme) axial-symmetrisch sind. Als „Probekörper“ stehen hauptsächlich Sterne und das HI-Gas der Galaxien zur Verfügung, wobei die Ausdehnung der messbaren HI-Scheibe in der Regel deutlich größer ist als die Ausdehnung der Sternscheibe. Dabei erstrecken sich Rotationskurven, die anhand der 21 cm-Linie gemessen werden, typischerweise zu deutlich größeren Radien als die aus stellarer Spektroskopie.

Wie unsere Galaxis rotieren auch andere Spiralen im Außenbereich sehr viel schneller als man aufgrund des Keplergesetzes und der sichtbaren Materieverteilung erwarten würde (...).“ (Peter Schneider)

**[Da geht der ganze Schlamassel los. Kepler ist auf Spiralgalaxien nicht anwendbar, da Spiralgalaxien nicht zentralmassendominiert sind, was aber die Grundvoraussetzung ist, dass das Keplergesetz anwendbar ist.]**

„Die Rotationskurven von Spiralen fallen nicht ab ..., wie man aufgrund der Lichtverteilung erwartet, sondern bleiben im Wesentlichen flach. Daraus schließt man, dass Spiralen von einem Halo Dunkler Materie umgeben sind. Aus den Rotationskurven kann man die Dichteverteilung des Dunklen Halos ableiten.“ (Peter Schneider)

**[Kann man nicht, weil die Voraussetzung schon nicht stimmt]**

„In der Tat kann man aus den Rotationskurven die Dichteverteilung der Dunklen Materie erschleifen. **[Nein!!!]** Aus dem Kräftegleichgewicht zwischen Gravitation und Zentrifugalbeschleunigung folgt die Kepler-Rotation **[nicht Kepler, sondern Newton!!!]**,

$$v^2(R) = G M(R) / R$$

aus der man direkt die Masse  $M(R)$  innerhalb des Radius  $R$  erhält. Die Rotationskurve, die man aufgrund der sichtbaren Materie erhält, ist

$$v^2_{lum}(R) = G M_{lum}(R) / R.$$

$M_{lum}(R)$  lässt sich bestimmen, wenn man einen konstanten, plausiblen Wert für das Masse-zu-Leuchtkraft-Verhältnis der leuchtenden Materie annimmt.“ (Peter Schneider)

**[Nein...Viel einfacher: Da  $v$  konstant ist, ist  $M(R)$  proportional  $R$ . Und dann ist  $p(R)$  proportional  $1 / r$ . Und eben das sollte man auch beobachten. ]**

Diesen Wert erhält man entweder aus der spektralen Lichtverteilung der Sterne, zusammen mit der Kenntnis der Eigenschaften stellarer Populationen, oder durch Anpassen des innersten Teils der Rotationskurve (für den der Anteil Dunkler Materie vernachlässigbar ist) unter der Annahme, dass  $M / L$  für die Sternpopulation unabhängig vom Radius ist. Nachdem dieser Schritt vollzogen ist, kann man aus der Diskrepanz von  $v^2_{lum}$  und  $v^2$  den Verlauf der Dunklen Materie erhalten.

$$v^2 = v^2 - v^2_{lum} = G M_{dark} / R \text{ oder}$$

$$M_{dark}(R) = R [v^2(R) - v^2_{lum}(R)].$$

**[Wenn an dieser Stelle richtig gerechnet worden wäre, dann dürfte es innerhalb der bloß Stellaren Scheibe laut Vergleich mit der Leuchtkraftmasse kein bisschen Dunkle Materie geben. Ich weiß nicht, wo Schneider das hernimmt.]**

Das zugehörige Dichteprofil der Halos Dunkler Materie (Dark Matter Halo) scheint flach zu sein im Innenbereich und nach außen etwa wie  $R^{-2}$  abzufallen.

**[Wo bitte ist die Vergleichsrechnung, Herr Schneider... Wir wollen das bitte überprüfen.... Wie gesagt, nach allem, was ich für richtig halte, dürfte bei der obigen Vergleichsrechnung keine Dunkle Materie feststellbar sein. Und das kann auch nicht anders sein.]**

Dabei ist bemerkenswert, dass  $p$  proportional zu  $R^{-2}$  ein Massenprofil  $M$  proportional zu  $R$  impliziert, d.h. die Masse des Halos steigt nach außen linear mit dem Radius an. **[Ja, Peter Schneider, das ist ja gerade meine ganze Behauptung, und die Grundlage für meiner Wasserstoffhypothese der Dunklen Materie, eine Behauptung, die von Rix keines Blickes gewürdigt wurde. Bemerkenswert ist daran rein gar nichts, denn  $M$  proportional zu  $R$  geht doch schon eindeutig aus  $v = \text{konstant}$  hervor.]**

Solange also die Ausdehnung des Halos nicht bestimmt ist, bleibt auch die Gesamtmasse einer Galaxie unbekannt. Da die beobachteten Rotationskurven [durch Messung des gesuchten Wasserstoffs wohlgemerkt] bis zum größten Radius, wo die 21 cm-Emission noch gemessen werden kann, flach bleiben, kann man den Radius des dunklen Halos einschränken... **[Nein, kann man nicht, denn er ist theoretisch unendlich. Jetzt sind sie platt, gelt? Die Dichteverteilung des neutralen Wasserstoffs im Halo stellt eine Hyperbel dar, die theoretisch unendlich gen unendlich geht, und doch nimmt die Gesamtmasse der Galaxie proportional zur Radius zu... Und auch das muss so sein. Es ist reine Grundlagenphysik. Und auch Grundlagenmathematik, ganz nebenbei.]**

(Aus: Peter Schneider: Einführung in die extragalaktische Astronomie und Kosmologie, Kapitel 3.3.3, S.100-101)

## **Hinweise auf Dunkle Materie 2: Benedikt Bauer: Evidenz der Dunklen Materie**

Ich lasse nun die übliche Argumentation zur Dunklen Materie folgen. Der folgende Text von Benedikt Bauer, veröffentlicht im Internet in der Arbeit „Evidenz für ‚Dunkle Materie‘“ als Mitschrift eines Vortrags, den Bauer am 13. Dezember 2007 an der Universität Regensburg hielt, mag stellvertretend für viele andere stehen.

Ich zitiere nun den Anfang aus dem Skript zu dem Vortrag von Benedikt Bauer:

### 1 Was ist Dunkle Materie?

#### 1.1 Eine kurze Geschichte der Dunklen Materie

„Die ersten Hinweise auf Dunkle Materie tauchten in den 1930er Jahren auf, als der Schweizer Fritz Zwicky 1933 die Geschwindigkeitsverteilung der Galaxien im Coma-Haufen ermittelte und das Virialtheorem auf die Galaxien anwandte. Dabei stellte er fest, dass der Cluster ungefähr 400 mal – bei einem zu dieser Zeit angenommenen Hubble-Parameter  $H_0 = 558 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ , für den heute gültigen Wert ergibt sich ungefähr ein Faktor 50 – mehr Masse haben muss, als auf Grundlage der Luminosität der Galaxien berechnet, um stabil zu sein. Zwicky folgerte daraus, dass die fehlende Materie in Form von „dunkler (kalter) Materie“ vorliegen müsse, wobei er damit gewöhnliche Materie meinte, die zu kalt ist, um Licht zu emittieren. Der Begriff „Cold Dark Matter“ im Sinne nichtrelativistischer, nichtbaryonischer Dunkler Materie, wie er heute verwendet wird, wurde von Bond u. a. (1984) eingeführt. Die Beobachtungen von Smith (1936) am Virgo-Cluster stützten Zwickys These, auch er zog eine wesentlich größere Masse in Erwägung, als aufgrund der Luminosität angenommen wurde.

1959 entdeckten Kahn und Woltjer, dass sich der Andromedanebel und die Milchstraße aufeinander zu bewegen. Sie schlossen daraus, dass die beiden Galaxien seit ihrer Entstehung bereits einen Großteil eines Umlaufs umeinander absolviert haben mussten. Unter der Annahme,

dass die Galaxien vor 15 Gyr begonnen hatten, sich voneinander weg zu bewegen, ermittelten sie für die Lokale Gruppe eine Masse von  $\approx 1.8 \times 10^{12} M_{\odot}$ , ungefähr viermal mehr, als die gemeinsame Masse von Andromeda und Milchstraße. Da diese beiden Galaxien ungefähr 95% der sichtbaren Masse der Lokalen Gruppe enthalten, musste ein Großteil der fehlenden Masse in Form noch nicht gefundener Materie vorliegen. Babcock stellte 1939 fest, dass die Rotationsgeschwindigkeit des Andromeda-Nebels nicht mit dem Abstand von Rotationszentrum abnimmt, wie nach den Keplerschen Gesetzen zu erwarten, sondern ab einem gewissen Abstand nahezu unabhängig vom Abstand zum Zentrum ist. Nachdem weitere Messungen die Flachheit der Rotationskurve auch für noch größere Abstände bestätigt hatten, folgerten Roberts und Whitehurst (1975), dass in den Außenbereichen des Andromeda-Nebels mehr Masse vorhanden sein musste, als sichtbar war. Auch wenn Roberts und Whitehurst die fehlende Masse auf noch nicht gefundene Sterne zurückführten, wurde unter anderem durch ihren Artikel erstmals einer größeren Gemeinde von Astrophysikern der Umstand bewusst, dass im Universum wesentlich mehr Materie vorhanden sein musste, als man bisher vermutet hatte (vgl. van den Bergh, 1999, S. 5).

### 1.2 Kandidaten

Ab Mitte der 70er Jahre war die fehlende Materie bei den meisten Astronomen anerkannt, allerdings war unklar, woraus diese Materie bestehen konnte. Als Kandidaten wurden in der Anfangszeit verschiedene Arten von schwach leuchtenden Himmelskörpern (Zwergsterne, Schwarze Löcher, Neutronensterne, Planeten), die unter dem Begriff Massive Compact Halo Objects (MACHOs) zusammengefasst werden, sowie heißes Gas in Erwägung gezogen. Seit den 80er Jahren gilt es in weiten Kreisen der Astrophysik als erwiesen, dass 85% der Materie im Universum aus nichtbaryonischer Dunkler Materie besteht. Diese wird in Form von bisher nicht entdeckten Elementarteilchen vermutet, die elektromagnetisch nicht mit gewöhnlicher Materie wechselwirken. Insgesamt geht man derzeit davon aus, dass das Universum aus Omega Lambda 73% Dunkler Energie, Omega CDM 23% nichtbaryonischer Dunkler Materie und Omega b 4% baryonischer Materie besteht. Nur ein Zehntel der baryonischen Materie ist leuchtend, so dass die „sichtbare“ Materie nur rund 1% der gesamten Materie im Universum ausmacht (vgl. Zacek, 2007).

### 1.3 Alternative Erklärungen

Um die unerwarteten Rotationsgeschwindigkeiten von Galaxien ohne Dunkle Materie zu erklären, schlug Milgrom 1983 eine Modified Newtonian Dynamics (MOND) genannte Hypothese vor, die das Newtonsche Gravitationsgesetz für extrem kleine Beschleunigungen modifiziert, wie sie zwischen den Sternen von Galaxien auftreten. (...) Mit der Hypothese führte Milgrom die Naturkonstante  $a_0$  ein, für die er den Wert  $a_0 \approx 1.2 \times 10^{10} \text{ ms}^{-2}$  bestimmte. Die MOND-Hypothese erfüllt das, wozu sie erdacht wurde, nämlich die Rotationsgeschwindigkeiten von Galaxien zu erklären, sehr gut, ist jedoch nicht mit der Relativitätstheorie vereinbar. Verschiedene Beobachtungen haben außerdem gezeigt, dass MOND bei anderen kosmologischen Problemen nicht ohne Dunkle Materie auskommt (vgl. z. B. Ferreras u. a., 2007). Aus diesem Grund wurden verschiedene relativistische Erweiterungen entwickelt (u. a. Bekenstein, 2004; Moffat, 2005), die die Relativitätstheorie um zusätzliche vektorielle und skalare Terme erweitern. Diese zusätzlichen Terme verkomplizieren jedoch die ansonsten sehr gut belegte Einsteinsche Relativitätstheorie und können trotzdem manche Phänomene nicht oder nur schwer erklären, was dazu geführt hat, dass diese Theorien eher ein Nischendasein fristen.

## 2. Hinweise auf Dunkle Materie

### 2.1 Rotationsgeschwindigkeit von Galaxien

„Betrachtet man Spiralgalaxien als rotationssymmetrische Scheiben, die um ihren Mittelpunkt rotieren, so kann man eine Beziehung zwischen Masse und Rotationsgeschwindigkeit der Sterne um das Galaxiezentrum herstellen, indem man Zentripetal- und Gravitationskraft gleichsetzt.“



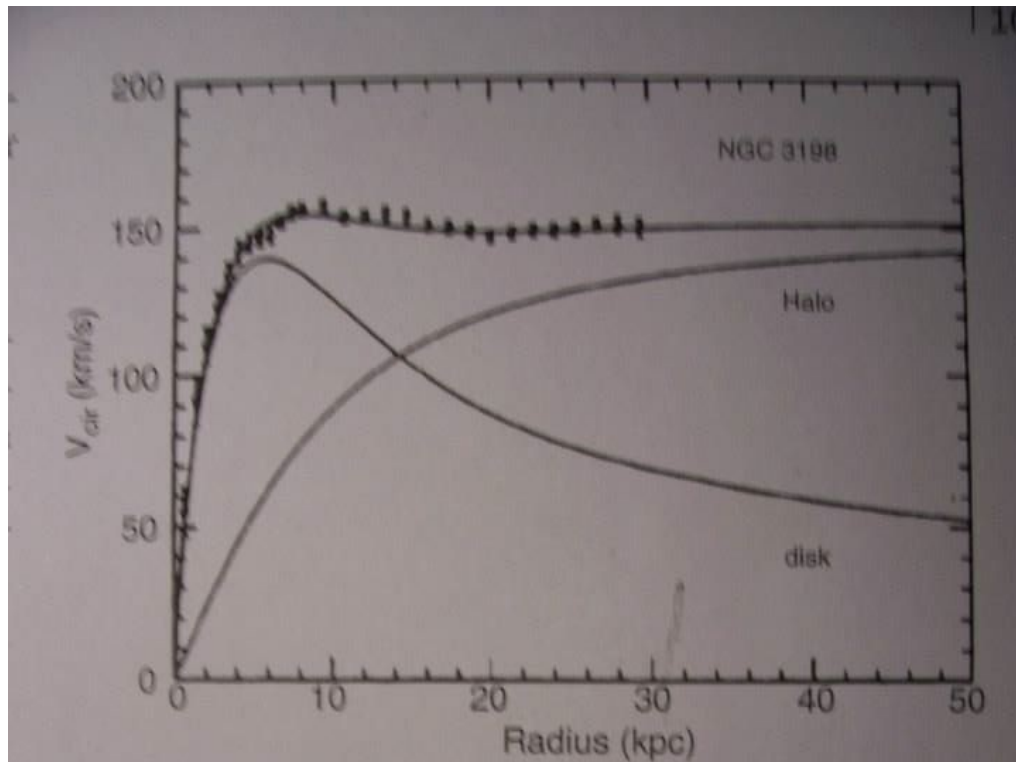


Abb. 3.16. Die flachen Rotationskurven von Spiralgalaxien können nicht durch sichtbare Materie alleine erklärt werden. Am Beispiel von NGC 3198 wird hier gezeigt, welche Rotationskurve aufgrund von sichtbarer Materie erwartet würde (Kurve „disk“). Um die beobachtete Rotationskurve zu erklären, muss es eine Komponente dunkler Materie geben (Kurve „halo“). Allerdings ist diese Dekomposition in Scheibenmasse und Halo nicht eindeutig, da man dazu das Masse-zu-Leuchtkraft-Verhältnis der Scheibe kennen müsste. In dem hier betrachteten Fall wurde die Annahme der „maximalen Scheibe“ gemacht, d. h. es wurde angenommen, dass der innerste Teil der Rotationskurve allein durch die sichtbare Materie in der Scheibe hervorgerufen wird

Nimmt man einen konstanten Zusammenhang zwischen der Masse und der Luminosität leuchtender Materie an, so erhält man für die Rotationsgeschwindigkeit (...)

Nahe dem Zentrum der Galaxie stimmt dieser Wert sehr gut mit der tatsächlich beobachteten Rotationsgeschwindigkeit überein. Bei größeren Radien findet man jedoch nicht die zu erwartende  $1/R$ -Abhängigkeit, stattdessen bleibt die Rotationsgeschwindigkeit, wie in Abb.[3.16] dargestellt, für große Radien nahezu konstant. Diese Diskrepanz erklärt man in der Theorie der Dunklen Materie durch einen sogenannten Halo, einen Ring aus Dunkler Materie im Außenbereich der Galaxie. Nimmt man wiederum an, dass  $M/L$  für alle Bereiche der Galaxie konstant ist, kann man aus der Differenz zwischen der gemessenen und der aus dem Keplerschen Gesetz berechneten Rotationsgeschwindigkeit den Beitrag (...) der Dunklen Materie an

der Rotationsgeschwindigkeit bestimmen. Daraus lässt sich die Verteilung der Dunklen Materie innerhalb der Galaxie berechnen.“ (Benedikt Bauer)

**[Spiralgalaxien sind grundsätzlich „nicht“ zentralmassendominiert. Daher ist diese Grundüberlegung grundsätzlich falsch. ]**

„Unklar ist aber das Dichteprofil und die radiale Ausdehnung des Halos und damit auch die Gesamtmasse der Galaxie, da im Messbereich der bisherigen Messmethoden noch kein Ende der abgeflachten Rotationskurve festgestellt werden konnte. Aus diesem Grund ist mit dieser Methode – wie bereits Zwicky (1937) festgestellt hatte – nur eine Abschätzung der unteren Grenze der Ausdehnung der Galaxie und insbesondere des Halos möglich. Die derzeitigen Messungen der Rotationsgeschwindigkeiten anhand der HI-Linie ( $\lambda = 21\text{cm}$ ) des Wasserstoffs haben für den Radius (...) ergeben. Wertet man zusätzlich die Bewegung von Satellitengalaxien um ihre Muttergalaxie statistisch aus, erhält man (...), ohne dass ein äußerer Rand des Halos erkennbar wäre.“ (Benedikt Bauer: Evidenz für ‚Dunkle Materie‘, veröffentlicht im Internet, nach einem Vortrag vom 13. Dezember 2007 an der Uni Regensburg)

**[Spiralgalaxien sind grundsätzlich "nicht" zentralmassendominiert. Darum ist es auch unzulässig, etwa den Bulge als isolierte Zentralmasse herauszugreifen und dann, analog zum Sonnensystem, die vermeintlichen Rotationsgeschwindigkeiten  $v(R)$  zu ermitteln.. Das ist "grundsätzlich falsch!" Und damit löst sich das ganze Problem in Wohlgefallen auf.]**

## **Hinweise auf Dunkle Materie 3: Artikel in der „PhysiKontext“**

Johanna Stachel, Präsidentin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, schrieb im März 2013 in der PhysiKontext (Nr. 16) das Folgende:

„Unsere Milchstraße ist ein Beispiel für eine Spiralgalaxie: Der größte Teil ihrer Sterne befindet sich in einer dünnen Scheibe, die in spiralförmige Arme gegliedert ist und um ihr Zentrum rotiert. In dieser Scheibe liegt auch unsere Sonne, etwa 25.000 Lichtjahre (Lj) vom Zentrum der Milchstraße entfernt. Sterne und andere Himmelskörper machen die gewöhnliche, sichtbare Masse unserer Galaxie aus. Die Leuchtkraft der Galaxie nimmt nach außen ab, da zum Rand hin der Abstand zwischen den Sternen zunimmt.

Würde die Masse der Milchstraße ebenso wie die Leuchtkraft exponentiell nach außen abfallen, müssten auch die Rotationsgeschwindigkeiten der Sterne um das Zentrum nach außen abfallen (siehe Abb. 1). Aber selbst in großen Abständen ( $> 50.000$  Lj) sind die Geschwindigkeiten der Sterne weitgehend unabhängig von der Entfernung zum Zentrum. Dies wird darauf zurückgeführt, dass die Scheibe der Milchstraße von einem großen, annähernd kugelförmigen Gebilde aus dunkler Materie umgeben ist, einem sog. dunklen Halo.“ (Johanna Stachel)

**Das ist natürlich reiner Kepler und der Gipfel der Unwissenschaftlichkeit. Gerade diese Leuchtkraftargumentation geht auf Zwicky zurück, dem Oberscharlatan der Kosmologie... Zum letzten Mal: Kepler ist auf Spiralgalaxien nicht anwendbar, da es sich bei Spiralgalaxien nicht um zentralmassendominierte Systeme handelt...Damit bricht die gesamte bisherige Argumentationskette seit Zwicky in sich zusammen...**

Ich lasse nun noch den Rest des Artikels von Johanna Stachel folgen. So kann sich jeder selbst ein Urteil bilden:

Die Zusammensetzung der dunklen Materie ist unbekannt. Bislang können Forscher nur vermuten, dass sie aus schwach wechselwirkenden, massereichen Elementarteilchen, sog. WIMPs (weakly interacting massive particles), bestehen könnte. Ziel verschiedener irdischer

Experimente ist der direkte Nachweis dieser Materieteilchen, denen die Erde auf ihrem Weg mit der Sonne um das Zentrum der Milchstraße ausgesetzt sein sollte.

Ein weiterer Ansatz ist, die Menge dunkler Materie in der Umgebung der Sonne und damit auch der Erde zu ermitteln, und zwar aus der Bewegung der Sterne in Sonnennähe. Problematisch daran ist jedoch, dass nicht nur die dunkle, sondern auch die gewöhnliche Materie diese Bewegung beeinflusst. Aber auch deren Menge ist nur schwer exakt zu bestimmen. Die Menge der dunklen Materie ließe sich erst dann einigermaßen abschätzen, wenn man den Anteil der gewöhnlichen Materie zuverlässig abziehen könnte.

In großer Höhe – jenseits von etwa 4.500 Lj über der galaktischen Scheibe – wird der Einfluss der dunklen Materie immer dominanter, da die gewöhnliche Materie mit zunehmender Höhe immer weniger wird (s. Abb. 3). Wenn man die Geschwindigkeiten der Sterne in großer Höhe messen könnte, ließe sich der Beitrag der dunklen Materie zur Bewegung der Sterne beurteilen. So könnte man Rückschlüsse auf die Menge der dunklen Materie in unserer Nachbarschaft ziehen.

Aus Daten dieser Art war kürzlich das Ergebnis abgeleitet worden [1], dass es in der Umgebung der Sonne gar keine dunkle Materie gebe: Die sichtbare Materie allein reiche aus, um die Bewegungen der nahen Sterne zu erklären. Damit wären natürlich alle irdischen Experimente zum direkten Nachweis dunkler Materie sinnlos geworden.

Eine weitere, genaue Auswertung der Bewegung von Sternen bis 13.500 Lj über der galaktischen Scheibe hat jedoch eine Dichte der dunklen Materie im Sonnensystem ergeben, die etwa einem Proton in drei Kubikzentimetern entspricht [2]. Sie bestätigt die Erwartungen, die auch den irdischen Experimenten zugrunde liegen und lässt hoffen, dass die Teilchen der dunklen Materie direkt nachgewiesen werden können.

[1] Moni Bidin, C., Carraro, G., Méndez, R. A., Smith, R. „Kinematical and Chemical Vertical Structure of the Galactic Thick Disk. II. A Lack of Dark Matter in the Solar Neighborhood“, The Astrophysical Journal 751, S. 30 (2012)

[2] Bovy, J., Tremaine, S. „On the local dark matter density“, The Astrophysical Journal 756, S. 89 (2012)

## **Hinweise auf Dunkle Materie 4: Artikel in der Zeitung „Die Welt“**

In dem Artikel „Milchstraße hat jede Menge Dunkle Materie intus“ in der „Welt“ vom 09.02.2015 heißt es lapidar:

„Das zeigt sich unter anderem an der Rotationsgeschwindigkeit ferner Galaxien: Sie drehen sich so schnell, dass sie trotz der Schwerkraft all ihrer Sterne, Gas- und Staubwolken auseinanderfliegen würden. Es muss daher eine unsichtbare Dunkle Materie diese Galaxien mit ihrer zusätzlichen Schwerkraft zusammenhalten.“ (Artikel „Milchstraße hat jede Menge Dunkle Materie intus“ vom 09.02.2015 in der „Welt“)

**Klar, diese Schlussfolgerung ergibt sich aus Kepler... Kepler ist aber auf Spiralgalaxien nicht anwendbar, Kepler führt zu falschen Ergebnissen... Spiralgalaxien sind keine zentralmassendominierten Systeme, was aber die Grundvoraussetzung dafür ist, dass Kepler überhaupt angewendet werden kann... Und damit bricht auch die klassische Argumentationskette seit Zwicky in sich zusammen... Es ist nichts weiter erforderlich, als diese irrtümliche Argumentationskette aufzugeben, denn sie allein verstellt den Blick auf die Lösung des Problems der Dunklen Materie... Oder: Das Problem der Dunklen Materie ist erst dann überhaupt lösbar, wenn man sich von der bisherigen Keplerschen Argumentationskette verabschiedet... Das ist hier einfach unabdingbar für jede weitere Argumentation... Und ich verspreche Euch tatsächlich eine Weltsensation, nämlich**

**die Lösung des Problems der Dunkeln Materie... Die folgt nämlich unmittelbar auf die Befreiung von einem geradezu aberwitzigen Missverständnis...Und zwar unweigerlich...**  
Ich lasse auch hier noch eben den kompletten Artikel folgen:

Die innere Milchstraße muss bedeutende Mengen Dunkler Materie besitzen. Das zeigt zumindest eine neue Analyse im britischen Fachblatt "Nature Physics". Das Team um Fabio Iocco von der Universität Madrid hat dazu die Rotationsgeschwindigkeit von 2780 Himmelskörpern in unserer Heimatgalaxie ausgewertet.

Schon lange wissen Astronomen, dass die "normale" Materie, aus der Sterne, Planeten und Menschen bestehen, generell nur einen kleinen Teil des Inhalts des Weltalls stellt. Mehr als fünfmal häufiger ist die unsichtbare Dunkle Materie, deren Natur völlig unbekannt ist und die sich nur durch ihre Schwerkraft bemerkbar macht.

Das zeigt sich unter anderem an der Rotationsgeschwindigkeit ferner Galaxien: Sie drehen sich so schnell, dass sie trotz der Schwerkraft all ihrer Sterne, Gas- und Staubwolken auseinanderfliegen würden. Es muss daher eine unsichtbare Dunkle Materie diese Galaxien mit ihrer zusätzlichen Schwerkraft zusammenhalten.

Das sollte im Prinzip auch für unsere Heimatgalaxie gelten, die Milchstraße. Allerdings sind die Verhältnisse hier nur schwer zu messen, weil wir nicht von außen auf die Milchstraße schauen können. Frühere Untersuchungen unterschiedlicher Art haben zum Teil widersprüchliche Ergebnisse geliefert.

Die Forscher um Iocco haben nun das "dunkle Herz" der Milchstraße erkundet, indem sie die neuesten und besten Geschwindigkeitsmessungen an 2780 Sternen, Gaswolken und sonstigen Himmelskörpern mit der kartierten Verteilung der gewöhnlichen Materie in der Milchstraße verglichen haben.

Die Analyse zeigt, dass es auch innerhalb der Sonnenbahn schon eine erhebliche Menge Dunkler Materie in der Milchstraße geben muss. Die genaue Menge geben die Forscher nicht an. Sie hoffen jedoch, dass sich mit ihrer Analyse die Struktur der inneren Milchstraße besser bestimmen lässt.“ (Artikel „Milchstraße hat jede Menge Dunkle Materie intus“ in „Die Welt“ vom 09.02.2015)

## **Hinweise auf Dunkle Materie 5: Artikel der Uni München**

**Zum Abschluss meiner Arbeit gebe ich noch eben den Anfang eines im Internet veröffentlichten Artikels der Uni München wieder. Die Arbeit hat den Titel „Dunkle Materie“ und kann jeder Zeit gegoogelt werden...Auch in diesen wenigen Sätzen zeigt sich das schon bekannte und für die Uni München typische Problem der grundsätzlich falschen Argumentationskette, dass die Rotationskurven nach Kepler nicht gleichbleibend hoch sein dürften, was natürlich absolut dummes Zeug ist. Ich bin in meiner hier vorgelegten Arbeit ausführlich auf den Unterschied von zentralmassendominierten und nicht-zentralmassendominierten chaotisch-dynamischen Gravitationssystemen eingegangen. Darum muss zu dem Text nicht mehr viel gesagt werden.**

„Jedermann von uns kann sich ohne Probleme davon überzeugen, dass Galaxien und Galaxienhaufen Sterne und Gas enthalten. Aber diese Objekte enthalten noch eine weitere Mate-

riekomponente, die nicht sichtbar ist, weder mit optischen Teleskopen, noch im Radio- oder Röntgenbereich. Diese zusätzliche Komponente macht sich nur durch ihre zusätzliche Schwerkraft bemerkbar. Die ersten Hinweise auf diese sogenannte 'Dunkle Materie' wurden schon in den 30er Jahren dieses Jahrhunderts gefunden, allerdings lange Zeit nicht ernst genommen. Erst in den letzten zwanzig Jahren ist es gelungen, Dunkle Materie in fast allen Sternensystemen nachzuweisen, von Zwergen über Spiralgalaxien bis zu Galaxienhaufen.

In Spiralgalaxien macht sich die dunkle Materie durch die flachen **[besser: gleichbleibend hohen]** Rotationskurven bemerkbar. Normalerweise würde man erwarten, dass die Rotationsgeschwindigkeit der Spiralgalaxien bei großen Zentrumsabständen abnimmt, ähnlich wie auch im Sonnensystem die äußeren Planeten langsamer um die Sonne umlaufen als die inneren. Dies ist aber nicht der Fall. Bei den allermeisten Spiralgalaxien ist es bisher nicht gelungen, eine Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit nachzuweisen. Die bisher einzige plausible Erklärung für dieses Verhalten wird durch die Annahme gegeben, dass es bei großen Radien bis zu zehnmal mehr Masse gibt, als in Form von Sternen und Gas direkt sichtbar ist, und die aufgrund ihrer zusätzlichen Schwerkraft die Rotationskurven abflacht.“ (Auszug aus dem auch im Internet veröffentlichten Artikel „Dunkel Materie“ von der Uni München)

## Literaturhinweise

H. R. Henkel: „Astronomie“ (ich möchte dieses Werk ausdrücklich jedem empfehlen, der sich etwas eingehender mit Kepler und Newton beschäftigen will)

De Boer/Fürst: „Astronomie“

Unsöld/Baschek: „Der neue Kosmos“

Weigert/Wendker: „Astronomie und Astrophysik“

Schneider: „Extragalaktische Astronomie und Kosmologie“

Joachim Stiller

Münster, bis 2015

Ende

[Zurück zur Startseite](#)