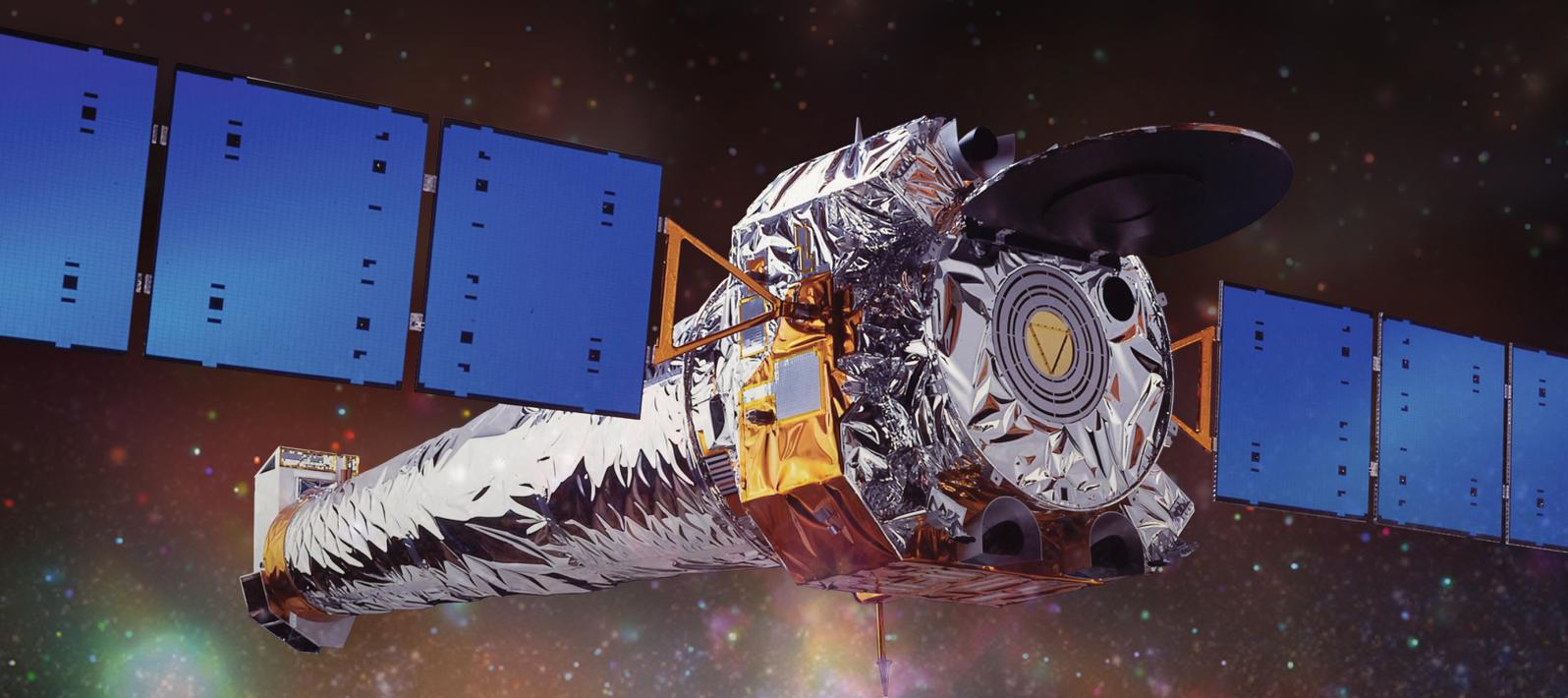


- Die Dunkle Materie ist eines der großen Rätsel der Kosmologie
- Physiker finden mit der Urknall-Maschine-LHC keine Spur von Dunkler Materie
- Weltraum-Röntgen-Teleskop Chandra offenbart riesige Plasmawolke



Rätselhafte hohe Rotationsgeschwindigkeiten im scheinbar leeren Raum jenseits der sichtbaren Galaxie

Galaxien sind gewaltige, rotierende, kosmische Einheiten, die ihre Stabilität dem Gleichgewicht aus Gravitation und Fliehkraft verdanken. Scheinbar ist nicht ausreichend Masse vorhanden, um die hohen Rotationsgeschwindigkeiten von Galaxien zu verstehen. Um den fundamentalen physikalischen Widerspruch zu erklären, postuliert die Kosmologie daher die **Dunkle Materie** (engl. missing mass).

Liefere riesige Plasmawolken die gesuchte fehlende Materie?

Das Weltraum-Teleskop Chandra der NASA hat jenseits der sichtbaren Galaxis eine galaktische **Plasmawolke** aus Millionen Grad heißem Sauerstoff aufgespürt. Die kosmische Wolke enthält gewaltige Massen und könnte die gesuchte fehlende Materie enthalten.

Intergalaktische Gase aus Wasserstoff und Sauerstoff – jenseits der sichtbaren Galaxis

Der sichtbare Bereich unserer Milchstraße hat einen Durchmesser von ca. 100.000 Lichtjahren und enthält **140 bis 170 Milliarden Sonnenmasse**. Die Ausdehnung unserer Galaxis entspricht etwa **1/25** der Entfernung bis zu unserem galaktischen Nachbarn, der Andromeda-Galaxie, die ca. 2,5 Millionen Lichtjahre von unserer Milchstraße entfernt ist.

Wir verlassen den sichtbaren Bereich der Milchstraße und erreichen den galaktischen Halo – so bezeichnen die Astronomen die kugelförmige **Plasmawolke**, welche die Galaxis umhüllt. Diese „kosmischen Wolken“ enthalten Millionen Grad **heiße ionisierte Sauerstoff-Atome**, welche im energiereichen Strahlenspektrum ferner Sterne Spuren hinterlassen. Der galaktische Halo ist finster und leer und nicht sonderlich interessant, aber hochempfindliche **Weltraum-Teleskope**, die im Röntgenbereich messen, haben diese heißen Plasma-Gase sichtbar gemacht und liefern erstaunliche Erkenntnisse.

Amerikanische Forscher haben die Messdaten des Weltraum-Röntgen-Teleskop Chandra der NASA ausgewertet und folgende Studie veröffentlicht: (siehe Seite 7)

“A huge reservoir of ionized Gas around the Milky Way: accounting for the missing mass?”

Ein großes Reservoir von ionisiertem Gas umhüllt die Milchstraße: Kann es die fehlende Masse ersetzen?

Autoren: A.Gupta, S.Mathur, Y.Krongold, F.Nicastro and M.Galeazzi

amerikanische Studie / published 09. August 2012 / The Astrophysical Journal Letters 756:L8

Isoliert betrachtet ist die amerikanische Studie nicht besonders spektakulär, handelt es sich doch lediglich um **heiße Sauerstoff-Atome**, die dort verloren im finsternem Vakuum in einer Gasdichte kleiner als **1/1000 Atom/cm³** unterwegs sind. Interessant wird die amerikanische Studie jedoch in Zusammenhang mit einer Studie des Heidelberger Max-Planck-Instituts (MPI).

Die Heidelberger Astronomen haben genau in diesem sphärischen Halo der Milchstraße gezielt Sterne aufgefunden gemacht und deren Geschwindigkeit gemessen. Die Rotationsgeschwindigkeit von Sternen ist von der Stärke des Gravitationsfeldes abhängig, und so ist es möglich, aus diesen Parametern die galaktische Gesamtmasse annähernd zu ermitteln.

Ergebnis:

Die Heidelberger Astrophysiker haben die Rotationsgeschwindigkeit von **2400 Sternen** innerhalb eines Durchmessers von 400.000 Lichtjahren erforscht und beziffern die Gesamtmasse in diesem näherungsweise kugelförmigen Volumen auf etwa **400 Milliarden Sonnenmasse**.

- *Forschungsbericht des MPI für Astronomie Jahrgang 2010 – siehe Seite 5*

Wenn die sichtbare Scheibe unserer Galaxis innerhalb des Durchmessers von 100.000 Lichtjahren **140 bis 170 Milliarden Sonnenmasse** enthält, dann sind in dem sphärischen Halo außerhalb der sichtbaren Spirale **ca. 240 Milliarden Sonnenmasse** vorhanden!

Wie ist es möglich, dass in dem kosmischen Raum aus heißen Plasma-Gasen die 1,5-fache Masse der sichtbaren Milchstraße vorhanden ist? Zwar befinden sich in diesem Raum die Kleine und Große Magellansche Wolke, aber davon abgesehen, zeigen die optischen Teleskope außerhalb der sichtbaren Galaxie einen dunklen, kosmischen leeren Raum.

Wie groß ist die Gas-Dichte aus super heißen Sauerstoff-Wasserstoff-Plasma in diesem Halo?

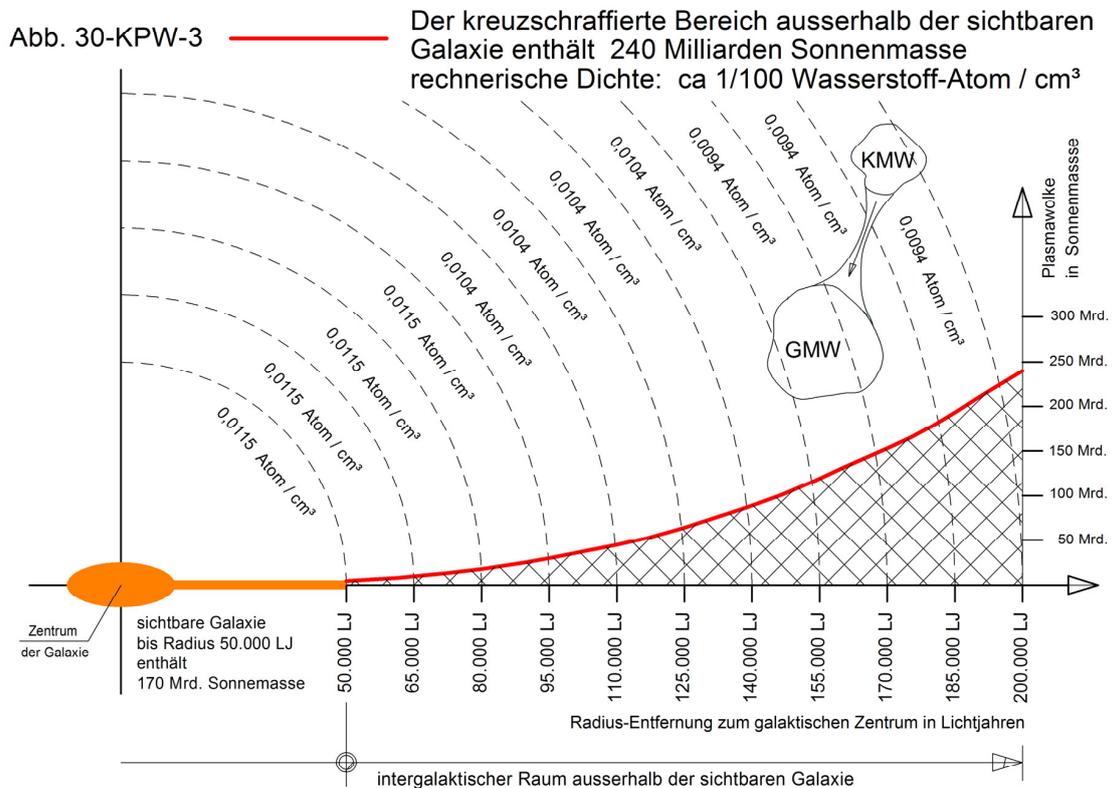
Aktuelle Forschungen beziffern die galaktische Dichte im sphärischen Bereich der Milchstraße auf **0,01 bis 0,0001 Atome/cm³**. Es ist jedoch extrem schwierig, die durchschnittliche Dichte in diesem kosmischen Raum verlässlich zu bestimmen. Das zeigen auch die Angaben, die um das 100-fache differieren und daher wenig brauchbar sind.

Lösungsweg: Berechnung der Gas-Dichte

Die nachfolgende Berechnung ermittelt die durchschnittliche Gas-Dichte, wenn 240 Milliarden Sonnenmasse in dem scheinbar leeren galaktischen Halo vorhanden sind.

Im **Diagramm 30-KPW-3** ist das Raumvolumen aufgeteilt in zehn **kugelförmige Schalen** mit definierter Gas-Dichte. Die Aufteilung in Schalen-Segmente zeigt den Massen-Zuwachs mit zunehmender Entfernung vom galaktischen Zentrum und ermöglicht die schrittweise Berechnung. Das Raumvolumen kann beliebig fein unterteilt werden, was dann sinnvoll ist, wenn die Dichte sehr variabel ist. Für jedes Schalen-Segment wurde die jeweilige Masse berechnet:

$$\text{Masse} = \text{Volumen} \times \text{Dichte} \quad (\text{Berechnungs-Tabelle siehe Seite 4})$$



Innerhalb eines Radius von 200.000 Lichtjahren beträgt das kugelförmige Raumvolumen ohne den Raumanteil der sichtbaren Galaxie: $V_{\text{Halo}} = 28,282 \times 10^{69} \text{ cm}^3$

Das absolute Atomgewicht von Wasserstoff beträgt: $1,6735 \times 10^{-27} \text{ kg}$

oder ausgeschrieben in Kommastellen:

abs. Atomgew. Wasserstoff = 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 001 6735 kg

Das absolute Atomgewicht von Sauerstoff beträgt: $26,7760 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Der kosmische Raum ist so riesig, dass diese Atome sich zu einer gewaltigen Masse addieren.

Die **kreuz-schraffierte Diagrammfläche** (s. Abb. 30-KPW-3) zeigt, wieviel Masse sich in dem galaktischen Halo-Bereich aufsummiert, wenn die Wasserstoff-Dichte ca. 0,01 Atom/cm³ beträgt. Diese kaum messbare Dichte ergibt eine Masse von ca. **240 Milliarden Sonnenmasse** mit einem erheblichen Gravitationspotential. Laut der amerikanischen Studie beträgt der Sauerstoff-Anteil im galaktischen Plasma ca. 10 Mrd. Sonnenmasse. Generell ist jedoch Wasserstoff das vorherrschende Element im Kosmos und mit einem Anteil von ca. 97 % überall vorhanden. In einem Plasma ist auch Wasserstoff ionisiert – dem Atom fehlt das Elektron. Das bedeutet, bei sehr geringer Dichte ist der ionisierte Wasserstoff nahezu transparent und im elektromagnetischen Spektrum kaum nachweisbar. Diesem Sachverhalt zufolge würde das Gewichtsverhältnis von Sauerstoff zu Wasserstoff ca. 10 zu 230 Milliarden betragen. Der Gewichtsanteil des Sauerstoffs ist mit 4,35 % relativ hoch, weil Sauerstoff 16-fach schwerer als Wasserstoff ist.

Magellansche Wolke

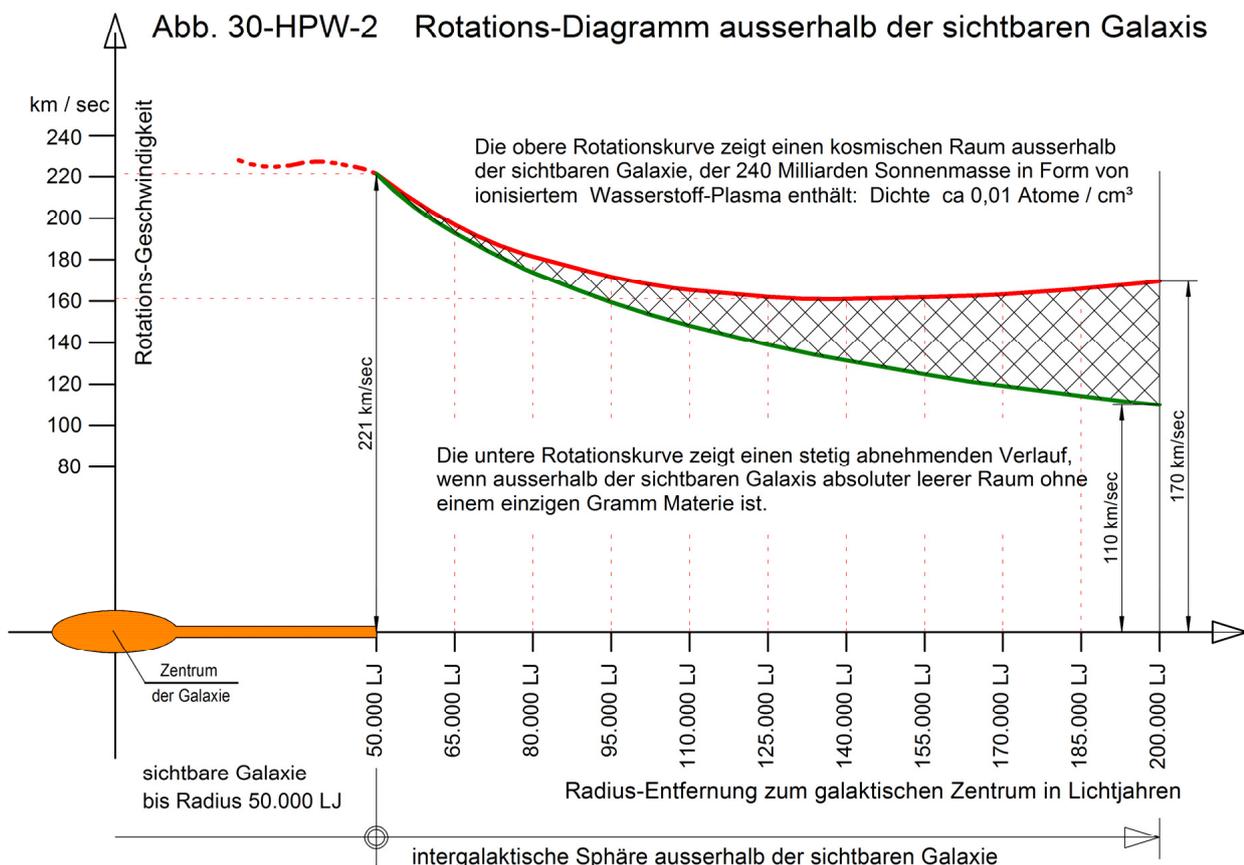
Die Große Magellansche Wolke (GMW) und die Kleine Magellansche Wolke (KMW) sind Satelliten-Galaxien am Südhimmel unserer Milchstraße. Die große Wolke saugt von der kleinen Wolke Materie ab, und die Milchstraße entzieht ihrerseits Materie aus dem Satelliten-System.

Die **unsichtbare versteckte** Masse erzeugt ein gewaltiges Gravitationsfeld, das sich in den Rotationsgeschwindigkeiten sehr deutlich widerspiegelt. Das Newton'sche Gravitationsgesetz beschreibt sehr genau die Bewegungen der Himmelsmechanik. Die klassische Physik ist jedoch nicht eindeutig anwendbar auf nahezu leere Räume, deren **Dichte nur in homöopathischer Dosis** vorhanden ist. Addiert man aber diese homöopathische Dosis, so entstehen gewaltige Massen mit erheblicher gravitativer Wirkung. Die Berechnung ist demzufolge eine **Näherungsrechnung**, da extrem dünn verteilte Massen erst auf großen kosmischen Distanzen physikalisch ähnlich wirken wie **punktzentrierte** Massen, für die das Gravitationsgesetz gültig ist.

es gilt: $F_z = G \times m \times M/R^2$ und $F_z = m \times v^2/R$ daraus folgt durch Gleichsetzen:
 $v^2 = G \times M/R$ (jedes Schalen-Segment ist in der Tabelle schrittweise berechnet)

| Kugelschale x tausend Lichtjahre | Volumen x 10^{69} cm ³ | Dichte H-Atom/cm ³ | Masse Mrd. x Sonne | kommuliert Mrd. x Sonne | *) Rotations- geschwindigkeit |
|-------------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------|---|----------------------------------|
| Spiralscheibe bis R 50 | | sichtbare Galaxie | → *) | 170,0 | 219 km/sec |
| Wolke bis R 50 | 0,4489 | 0,0115 | 4,32 | 174,3 | 221 km/sec |
| R 50 bis R 65 | 0,5374 | 0,0115 | 5,17 | 179,5 | 197 km/sec |
| R 65 bis R 80 | 0,8525 | 0,0115 | 8,20 | 187,7 | 182 km/sec |
| R 80 bis R 95 | 1,2404 | 0,0115 | 11,94 | 199,6 | 172 km/sec |
| R 95 bis R 110 | 1,7010 | 0,0104 | 14,80 | 214,4 | 166 km/sec |
| R 110 bis R 125 | 2,2343 | 0,0104 | 19,44 | 233,9 | 162 km/sec |
| R 125 bis R 140 | 2,8403 | 0,0104 | 24,72 | 258,6 | 161 km/sec |
| R 140 bis R 155 | 3,5191 | 0,0104 | 30,62 | 289,2 | 162 km/sec |
| R 155 bis R 170 | 4,2706 | 0,0094 | 33,59 | 322,8 | 163 km/sec |
| R 170 bis R 185 | 5,0948 | 0,0094 | 40,07 | 362,9 | 166 km/sec |
| R 185 bis R 200 | 5,9917 | 0,0094 | 47,13 | 410,0 | 170 km/sec |
| Summe Volumen | 28,282 x 10 hoch69 cm³ | | 240,03 | 410,0 Mrd. x Sonnenmasse | |
| | | | | Sonnenmasse = 2×10^{30} kg | |

*) Zur Berechnung der Rotationsgeschwindigkeit ist die gesamte Masse innerhalb des jeweiligen Radius berücksichtigt, einschließlich der sichtbaren Masse in der Galaxie, da diese gleichfalls wirksam ist.



Die Rotationskurve in der **Abb. 30-HPW-2** zeigt die berechneten Geschwindigkeiten.

- Die superheiße Plasmawolke in den Kugelschalen (Dichte ca. $0,01 \text{ H-Atome/cm}^3$) ergibt summiert **ca. 240 Milliarden Sonnenmasse** s. Abb. 30-KPW-3
- Wenn diese Masse vorhanden ist, beträgt die rechnerische Rotationsgeschwindigkeit auf dem Radius von 200.000 Lichtjahren: $v_o = 170 \text{ km/sec}$ s. Berechnungstabelle
- Ist der intergalaktische Raum *absolut leer* – also ohne ein Gramm Masse – dann beträgt die Rotationsgeschwindigkeit $v_u = 110 \text{ km/sec}$ s. Abb. 30-HPW-2 untere Kurve

Die berechnete Rotationskurve (**Abb. 30-HPW-2**) zeigt hohe Übereinstimmung mit gemessenen Werten der Heidelberger Max-Planck-Studie, die auf sehr genauen astronomischen Daten von 2400 Sternen basiert.

Der Forschungsbericht/Jahr 2010 – „Die Milchstraße – gewogen und für leichter befunden“

Autoren: Xue, Xiang-Xiang; Rix, Hans-Walter; van den Bosch, Frank; Bell, Eric; Kang, Xi des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg ist hier zusammenfassend gekürzt wiedergegeben und stellenweise wörtlich übernommen:

Eine Gruppe von Astronomen hat unter der Leitung des Max-Planck-Instituts für Astronomie die Geschwindigkeit von Sternen in den Außenbereichen der Milchstraße gemessen und daraus den bislang genauesten Wert für die Gesamtmasse der Galaxis innerhalb einer Kugelsphäre mit dem Radius = 200.000 Lichtjahren abgeleitet.

Die Astronomen erhielten einen Wert von $4,0 \times 10^{11}$ (= 400 Milliarden) Sonnenmassen mit einer Genauigkeit von etwa 20 Prozent.

Das Team verwendete für die Studie Sterne, die im Kern Helium verbrennen und deren absolute Leuchtkraft gut bekannt und deshalb ihre Entfernung recht genau bestimmbar ist. Die Astronomen wählten aus den Spektral-Analysen von rund 10.000 Objekten letztlich ca. 2400 Sterne, die bis zu 200.000 Lichtjahre von der galaktischen Scheibe entfernt sind. Die Studie (vom Jahr 2010) ist die bislang größte homogene Stichprobe von Sternen in den Außenbereichen der Galaxis, die bisher für eine Massenbestimmung des Systems erstellt wurde.

Das Ergebnis der beiden kosmologischen Simulationen über einen Entfernungsbereich von 30.000 bis 200.000 Lichtjahren (entsprechend 10 bis 60 Kiloparsec) ergibt eine Rotationskurve der Galaxis. Die Studie enthält ein Diagramm mit Rotationskurve, die erstmals in großer Distanz vom galaktischen Zentrum und mit sehr hoher Genauigkeit gemessen wurde.

*Die Kurve zeigt eine leichte Geschwindigkeitsabnahme von **220 km/sec vom Ort der Sonne auf etwa 175 km/sec in der größten Entfernung von 200.000 Lichtjahren.***

- Ende der Kurzfassung des MPI-Forschungs-Bericht 2010 -

Kugelschalen-Modell/Abb. 30-KPW-3

Die Wirkung eines schwachen Schwerkraftfeldes mit minimaler Gas-Dichte wurde hier mit dem Newton'schen Gravitationsgesetz näherungsweise berechnet. Das Ergebnis steht in Einklang mit den genannten Studien und ist gleichfalls eine erstaunliche Bestätigung der Newton'schen Physik.

Die berechneten Werte des Kugelschalen-Modells zeigen eine hohe Übereinstimmung mit der Rotationskurve der Heidelberger Studie, die auf gemessenen Astronomie-Daten basiert. Wenn die Plasmawolke in der kreuzschraffierten Diagramm-Fläche ca. 240 Milliarden Sonnenmasse umfasst, bedarf es keiner neuen Physik und keiner Dunklen Materie.

Der kosmische Halo-Bereich enthält ein Gasgemisch aus Wasserstoff, Helium, Sauerstoff und Kohlenstoff etc. Die anteiligen Mengen sind gegenwärtig nicht genau bezifferbar. Gemäß der amerikanischen Studie wird der Anteil der ionisierten Sauerstoff-Atome an dem superheißen Plasma auf etwa 10 Milliarden Sonnenmasse beziffert. Wasserstoff ist das vorherrschende Element im Kosmos und auch in der Plasmawolke vorhanden. Dem ionisierten Wasserstoff fehlt die Elektronenhülle als Quelle der Emissionsstrahlung, und aufgrund der geringen Dichte ist er ein nahezu transparentes Gas, welches im elektromagnetischen Spektrum kaum nachweisbar ist.

Die **kreuz-schraffierte** Diagrammfläche **könnte** anstelle von Wasserstoff, Helium oder Sauerstoff auch **Dunkle Materie** oder eine Materie-Mischung **enthalten**. Die Astrophysik beziffert die durchschnittliche Gasdichte in dem Halo gegenwärtig noch sehr ungenau in der Größenordnung von 0,01 bis 0,0001 Atom/cm³. Die im Kugelschalen-Modell angenommene Gas-Dichte beträgt ca. 0,01 Wasserstoff-Atom/cm³ und liegt in dieser Größenordnung. Demzufolge wäre ausreichend baryonische Materie *) vorhanden, um die gemessenen Rotationsgeschwindigkeiten vollständig ohne Dunkle Materie zu erklären. Charakteristisch ist auch der **Kurvenverlauf**, der mit der Materieverteilung korreliert und physikalisch nur verstanden werden kann, wenn die Masse tatsächlich vorhanden ist. Wenn die baryonische Materie nicht ausreichend vorhanden ist, dann müsste aber die hypothetische Dunkle Materie genau dieser Massenverteilung entsprechen.

*) Anmerkung: Alle Atom-Elemente unseres Periodensystems bestehen aus Protonen und Neutronen und sind baryonische Materie. **Sauerstoff** ist ein Element unseres Periodensystems und **definitiv keine Dunkle Materie**.

Spannend ist sicher auch die Frage, wie die erheblichen großen Mengen an ionisiertem Sauerstoff in diesem Raum physikalisch erklärt werden können. Sauerstoff ist ein Atom-Element, das nur bei Kernfusionen nach zahlreichen Prozess-Abläufen entsteht. Solche Prozesse erfolgen z.B. in den Brutstätten der Sterne, deren „**Mageninhalt**“ bei Super-Novae-Ereignissen in den Kosmos geschleudert wird. Sauerstoff ist aber auch in der „**kosmischen Hexenküche**“ beim Urknall entstanden. Die Anwesenheit von Sauerstoff in diesem Halo deutet daher auf eine sehr **turbulente galaktische Entwicklungsphase**, die noch zahlreiche Geheimnisse verbirgt.



Der **Röntgen-Satellit Chandra** wurde 1999 von der amerikanischen Weltraumorganisation NASA in eine elliptische Erdumlaufbahn geschossen. Seitdem erforscht der Satellit unser Himmelsgewölbe auf Röntgenstrahlung. Diese Daten liefern den Wissenschaftlern Hinweise auf viele Millionen Grad heißes galaktisches Plasma, welches die Milchstraße umhüllt.

Wie kann die Astrowissenschaft Gas-Atome im nahezu leeren Raum detektieren und ihre Menge ermitteln, wenn z.B. die Anzahl von Milliarden Sternen einer Galaxie nur annähernd geschätzt werden kann?

Die **Radioastronomie** hat seit den 1960er Jahren ein neues kosmisches Fenster geöffnet. Die Astronomie ist heute in der Lage, mittels Radioantennen und Satelliten kosmische Gase zu erfassen. Seit den 1990er Jahren erforschen auch spezielle Weltraum-Satelliten die Infrarot- und Röntgen-Strahlungen, die durch die Erdatmosphäre fast vollständig absorbiert werden. Die Astronomie detektiert die atomaren Elemente mittels Spektralanalyse. Jedes Element emittiert Strahlung auf einer charakteristischen Frequenz, die ähnlich wie ein Fingerabdruck oder die Gen-DNA identifiziert werden kann. Passiert z.B. die Röntgenstrahlung eines Quasars eine Sauerstoff-Wolke, so werden ihre Atome angeregt, und diese emittieren ihrerseits eine Strahlung mit der für Sauerstoff typischen Frequenz. Gaswolken, die auf der Sichtlinie zwischen einem Quasar und der Erde liegen, erzeugen charakteristische Absorptionslinien, die im Lichtspektrum des Quasars erkennbar sind. Wie groß jedoch die intergalaktische Gesamtmasse ist, lässt sich nur indirekt über Strahlungsverluste entlang der Sichtachse abschätzen. Die größte Unsicherheit liegt daher in der Massen-Quantifizierung, da die Atome in der galaktischen Sphäre nur indirekt über eine komplizierte Indizienkette und Hochrechnungen bestimmbar sind.

Aktuelle Studien

WASHINGTON -- *Astronomers have used NASA's Chandra X-ray Observatory to find evidence that our Milky Way Galaxy is embedded in an enormous halo of hot gas that extends for hundreds of thousands of light years. The estimated mass of the halo is comparable to the mass of all the stars in the galaxy.*

“A huge reservoir of ionized Gas around the Milky Way: accounting for the missing mass?”

Autoren: A.Gupta *), S.Mathur, Y.Krongold, F.Nicastro and M.Galeazzi

amerikanische Studie/published 09. August 2012/The Astrophysical Journal Letters 756:L8

*) Astronomy Department, Ohio State University, Columbus OH 43210, USA

ABSTRACT

Most of the baryons from galaxies have been “missing” and several studies have attempted to map the circumgalactic medium (CGM) of galaxies in their quest. We report on X-ray observations made with the **Chandra X-Ray Observatory** probing the warm-hot phase of the CGM of our Milky at about 10^6 °K. We detect OVII and OVIII absorption lines at $z = 0$ in extragalactic sight lines and measure accurate column densities using both $K\alpha$ and $K\beta$ lines of OVII. We then combine these measurements with the emission measure of the Galactic halo from literature to derive the density and the path length of the CGM. We show that the warm-hot phase of the CGM is massive, extending over a large region around the Milky Way, with a radius of over 100 kpc. The mass content of this phase is over 10 billion solar masses, many times more than that in cooler gas phases and comparable to the total baryonic mass in the disk of the Galaxy. ***The missing mass of the Galaxy appears to be in this warm-hot gas phase.***

Übersetzung der Kurzfassung

Die Mehrzahl der Baryonen von Galaxien gelten als nicht auffindbar, und mehrere Studien haben versucht, das sphärische Medium (CGM) der Galaxien zu erfassen. Wir berichten über die Messung von Röntgenstrahlung mit dem Chandra-Röntgen-Teleskop, welche das über eine Million Grad Kelvin heiße Plasma unserer Milchstraße erforscht. Wir untersuchen die $z = 0$ Absorptionslinien von Sauerstoff (OV II und OVIII) in den außergalaktischen Sichtachsen und messen die Säulendichte von ionisiertem Sauerstoff. Dann haben wir diese Messungen kombiniert mit Emissionswerten aus der Literatur über das galaktische Halo, um die Dichte und die Ausdehnung des sphärischen Mediums (CGM) zu bestimmen. Wir zeigen, dass das heiße Plasma-Medium sich massiv über die Milchstraße in einem Radius über 100 kpc ausdehnt. Die Masse des Plasma enthält mehr als 10 Milliarden Sonnenmassen, ein Vielfaches der kalten Gase, und ist vergleichbar mit der gesamten baryonischen Masse in der galaktischen Scheibe. ***Die fehlende Masse der Galaxie scheint in dem warm-heißen Gas-Medium zu sein.***

Anmerkung

$z = 0$ bedeutet *Rotverschiebung* = Null; Das Strahlenspektrum liegt demnach im Nahbereich der Milchstraße; --- 100 kpc = 326.000 Lichtjahre; ---- engl. billion = eine Milliarde

Dunkle Materie oder Plasmawolke?

Dunkle Materie ist ein hypothetischer, mysteriöser Stoff, den die Kosmologie postuliert, um die Entwicklung des Universums, insbesondere die Gravitationsverdichtung zu erklären. Seit mehr als zwei Jahrzehnten wird dieser Stoff steckbrieflich mit großem Aufwand gesucht – bisher ohne Erfolg. Man stelle sich vor, eine brodelnde, blubbernde Plasmasuppe hat sich zu einem riesigen Universum aufgebläht und aus kleinen Luftbläschen sind riesige „Vakuum-Blasen“ entstanden. In der Folge haben **Dunkle Materie** und **Dunkle Energie** den Kosmos wie einen **Schweizerkäse** strukturiert, und unsere Galaxie befindet sich samt einer Plasma-Hülle in einem „**Käseloch**“. Das mag seltsam erscheinen, aber ein Universum, das zu 95 % aus unbekannter Dunkler Materie und Dunkler Energie besteht, bietet ausreichend Raum für galaktische Luftblasen.

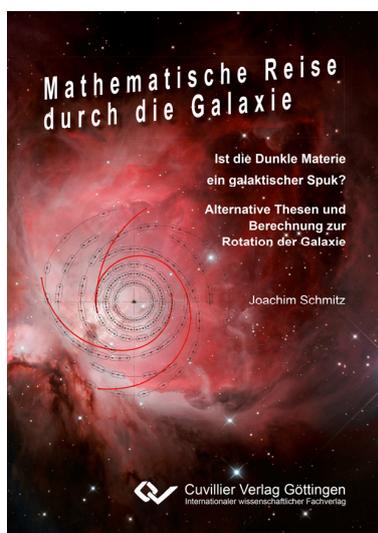
Die **Kernphysik erklärt die Fusionsprozesse** vom Wasserstoff bis zur Bildung der schweren Elemente (Transurane) einschließlich der Energiebilanzen vollständig **ohne Dunkle Materie**. Ebenso kann der Lebenslauf der Sterne vom Zünden der „kosmischen Glühbirne“ bis zum gigantischen, finalen Feuerwerk als Supernovae gleichfalls ohne Dunkle Materie erklärt werden.

LHC- Teilchenbeschleuniger in Genf

gestartet Ende 2009

Laut dem **kosmologischen Modell** ist der Urknall ein Ereignis mit nahezu unendlicher Energiedichte und gleichfalls die „**Geburtsmaschine**“ der Dunklen Materie. Wenn es ein Labor gibt, das diese Zustände ansatzweise physikalisch abbildet, dann ist es der **Teilchenbeschleuniger** in Genf. Der Teilchenbeschleuniger LHC (Large Hadron Collider) in einem unterirdischen Ringtunnel (Umfang 27 km) in Genf ist die derzeit weltgrößte Maschine. Dort werden schwere Atomkerne (Blei-Ionen) in gewaltigen Magnetfeldern auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und gegenläufig beschossen. Die Beschleunigung erfolgt in riesigen auf -271°C gekühlten supraleitenden Magneten. Die durch Kollision entstehende Hochenergie-Trümmer-Strahlung erzeugt kurzzeitig Micro-Zustände, welche mit dem Urknall-Plasma annähernd vergleichbar sind. Diese experimentelle Grundlagenforschung zum Standardmodell der Teilchenphysik ist freilich auch geeignet, um jenseits des Standard-Modells nach möglichen Spuren der Dunklen Materie zu fahnden. Inzwischen wird im LHC seit zwei Jahren mit maximaler Leistung (13 Tera-Elektronen-Volt) geforscht. Mehr als 3000 Experimentalphysiker haben monatelang die LHC-Daten analysiert und keine Spur von Dunkler Materie gefunden. Im August 2016 haben die Teams ihre Ergebnisse auf der **Internationalen Fachtagung ICHEP** über Hochenergie-Physik in Chicago präsentiert: Keine Hinweise auf Dunkle Materie im LHC !

Kein Befund ist auch ein Ergebnis, und zwar gegen die Existenz der Dunklen Materie.



Mathematische Reise durch die Galaxie

Ist die Dunkle Materie ein galaktischer Spuk?

Berechnung zur Rotation der Galaxie

erschienen 2014 – im Cuvillier Verlag Göttingen

Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

ISBN 978-3-95404-663-8 DIN A4, 29,80 €

Der Autor Joachim Schmitz hat Ingenieurwissenschaft studiert und erläutert anschaulich das Zusammenspiel von Rotation und galaktischer Masse. Näheres zur Person siehe auf der Homepage des Verlages. Das Buch beschreibt die Unterschiede zwischen einem **zentrischen** Gravitationsfeld, wie z. B. unser Sonnensystem, und einem **galaktischen** Kraftfeld.

Eine inhaltliche Zusammenfassung der „Mathematischen Reise“ ist eingestellt auf der Homepage der **Astronomischen Gesellschaft Magdeburg e.V.** und kann als PDF heruntergeladen werden.