Astronomische Reise durch die Galaxie

Dip.-Ing. Joachim Schmitz

Die „***Tagebücher*“*der Weltraum-Teleskope*** berichten von ihren Forschungsreisen und bieten dem Leser einen spannenden Blick ins grenzenlose Universum. Das *Hubble-Weltraum-Teleskop* zeigt galaktische Welten, die im Lichtspektrum sichtbar sind. Das *Chandra-Röntgen-Teleskop* hat riesige galaktische Plasma-Wolken entdeckt. Das *Spitzer-Infrarot-Teleskop* zeigt komplette Galaxien mit kosmischem Staub, und der *Alpha-Magnet-Spektrometer* an Bord der Weltraum-Station liefert neue Erkenntnisse über die energiereiche kosmische Gammastrahlung.

Die folgenden Kapitel behandeln aktuelle Forschungsstudien der Astrophysik und nehmen Bezug auf das derzeitige kosmologische Modell und die mysteriöse Dunkle Materie. Die ***Stabilität von Galaxien*** entsteht durch das dynamische Gleichgewicht aus Fliehkraft und Gravitationskraft. Das ist vergleichbar mit einer Balkenwaage, deren Waagschalen beidseitig gleiche Gewichtsanteile enthalten. Im aktuellen kosmologischen Modell wird zur Stabilisierung der Galaxien fehlende Masse durch Dunkle Materie ersetzt. Interessant ist, dass die Ergebnisse der Weltraum-Teleskope eine andere Sichtweise auf das Thema vermitteln.

Die spannende Frage ist daher: ***Wo stimmen die astronomischen Beobachtungen mit dem kosmologischen Theorie-Modell überein, und wo stehen sie im Widerspruch?***
Diese Frage zieht sich wie ein roter Faden durch alle Kapitel. Die genannten Forschungsstudien sind wie Puzzleteile zu einem Mosaik gefügt, das ein stimmiges Bild ergibt. Die Themenhefte sind eine kritische Auseinandersetzung mit der Dunklen Materie und vermitteln dem interessierten Leser einen anschaulichen Einblick in die „***Detektivarbeit***“ astronomischer Forschung.

Astronomische Reise durch die Galaxie -- Inhaltsangabe / Einleitung **Seite**

Themenheft I ***Gravitation und Interstellare Materie*** 14 bis 29
Galaktisches Gleichgewicht durch Rotation und Masse

Themenheft II ***Rotationsgeschwindigkeiten und galaktische Massenbilanz*** 32 bis 44
Studien über den Sternhaufen Palomar 5

Themenheft III ***NASA-Weltraum-Teleskop-Spitzer*** 46 bis 54
Komplette Galaxien im Infrarot-Spektrum

Themenheft IV ***Riesige Plasmawolke aus superheißen Gasen umhüllt unsere Milchstraße*** (Röntgen-Teleskop-Chandra) 56 bis 64

Themenheft V ***Struktur-Entstehung von Galaxien*** 66 bis 82

Themenheft VI ***Relativitätstheorie – eine kosmische Schöpfungsgeschichte?*** 84 bis 92
Λ-CDM-Modell 95% unbekannte Dunkle Materie und Dunkle Energie

Themenheft VII ***Spurensuche an Bord der Weltraumstation*** 94 bis 107
Urknall-Maschine LHC – Spinnennetz-Galaxie – Max-Planck-Satellit

Themenheft VIII ***Very-Large-Teleskop (VLT) sieht Dunkle Materie im Abseits*** 110 bis 119

Themenheft IX ***Galaktischer Halo hat fünfach mehr Masse als die Spiralscheibe*** 120 bis 127

Quellen-Angabe / Astrophysikalische Studien / Glossar / Anmerkungen / zur Person des Autors

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Einleitung
Kosmologie ist eine Wissenschaft, welche mit ihren Teleskopen und hochempfindlichen Detektoren zurück in die Vergangenheit bis zum Urknall schaut. Keine Wissenschaft extrapoliert so weit in unbekanntes Gelände, und keine Forschung ist so nahe an den Fragen unserer Schöpfungsgeschichte wie die Kosmologie. Das hat seine Faszination, aber es gilt auch: Je weiter der Blick in die Vergangenheit reicht, umso mehr mischen sich gesicherte physikalische Erkenntnis und Spekulation. Dieser Zusammenhang wird von Kosmologen gerne verschwiegen – sie sprechen lieber von „wissenschaftlicher Hypothese", das klingt freilich besser als Spekulation.

Ist es überhaupt möglich, ***13,7 Milliarden Jahre zurück in die Vergangenheit*** zu schauen? Vergleichbar wie Mediziner aus den Blutproben ihrer Patienten deren Gesundheitszustand diagnostizieren, so diagnostiziert die Kosmologie mittels Spektralanalyse aus dem Licht ferner Sternenwelten deren chemische Elemente und Entfernungen. Das Licht gibt seine Geheimnisse preis, wenn man seine Energie anhand der Frequenz und seine Entfernung anhand der Rotverschiebung analysiert.

Die Grundlage für die ***Spektralanalyse*** haben bereits Isaac Newton und Joseph von Fraunhofer (1787-1826) geschaffen. Der Chemiker Robert W. Bunsen (1811-1899) und der Physiker Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) haben zusammen das Lichtspektrum von erhitzten Gasen erforscht, und so gelang ihnen der Nachweis, dass jede ***Fraunhofer'sche Linie*** einem bestimmten chemischen Element zugeordnet werden kann. So ist es möglich, aus der Strahlung der Sterne die chemischen Elemente anhand ihrer charakteristischen Linien eindeutig zu identifizieren.

Um 1900 erkannten die Physiker den Strukturaufbau der Atomelemente, deren elektromagnetische Eigenschaften mit der klassischen Physik nicht mehr vereinbar sind. Max Planck und Niels Bohr beschrieben Zustandsänderungen in den Atomen mit Strahlung, die ***portionsweise*** in ganz bestimmten Energiemengen ***(Quanten)*** ausgesendet wird. Der Theorie zufolge umkreisen die Elektronen den Atomkern auf bestimmten Bahnen. Damit Elektronen von einer inneren auf eine äußere Umlaufbahn wechseln, ist eine bestimmte Energieportion erforderlich. Die Physik prägte dafür den Ausdruck ***Quantensprung*.** Alle Atomelemente werden durch starke Bindungskräfte stabilisiert bzw. gebunden. Mit den Gesetzen der Quantenphysik können Zustandsänderungen im Atomkern und in ihrer Hülle als Partikel- und Energiestrahlung berechnet und bilanziert werden.

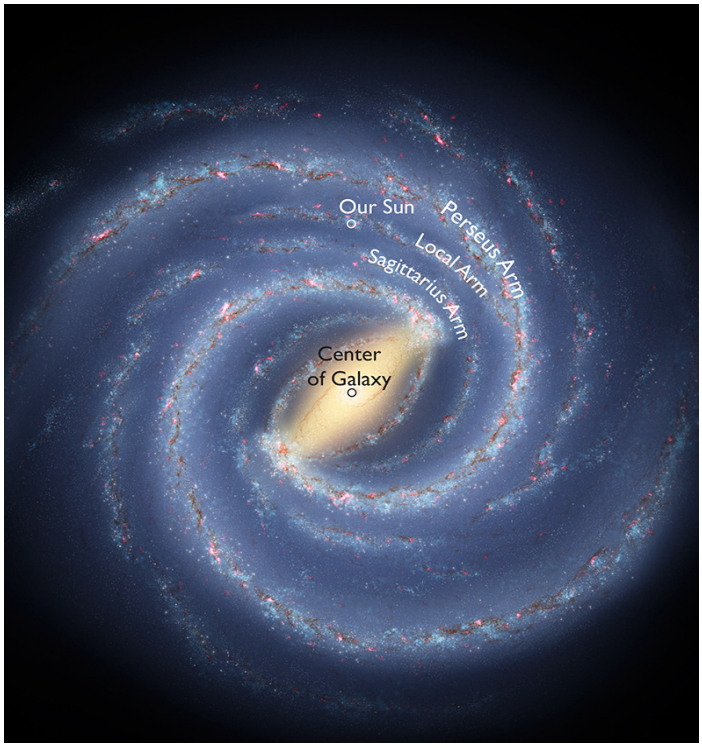
Nahezu zeitgleich hat Albert Einstein die Physik im Grenzbereich zur Lichtgeschwindigkeit durch die ***Relativitätstheorie*** mit der Äquivalenz (Gleichheit) von Energie und Masse entscheidend erweitert. Die Quantenphysik und die Relativitätstheorie bilden gemeinsam die Grundlage für das Verständnis der gewaltigen Energiefreisetzung in den Sternen, welche uns als hochenergiereiche kosmische Strahlung erreicht.

Ein ***Meilenstein*** für die Astronomie sind die seit ca. 1990 im Weltraum stationierten Teleskope, die zwischenzeitlich das gesamte elektromagnetische Spektrum mit einer unglaublichen Präzision erfassen. Die Datenmengen, die die Satelliten an die Erde senden, werden von Astrophysikern ausgewertet und ihre Ergebnisse in zahlreichen Studien veröffentlicht. Es ist nicht ungewöhnlich, dass Forscher zehn Jahre und länger an solchen Studien tätig sind. Das Themenheft ***NASA-Weltraum-Teleskop-Spitzer*** behandelt eine solche Studie.

Die Weltall-Teleskope werden nicht durch den Schleier der Erdatmosphäre getrübt, und so gelingt es zum Beispiel, mit dem ***Hubble-Teleskop*** bis in die „***Kinderstube des Kosmos***" zu schauen und auch die weit entfernten Galaxien sichtbar zu machen. Die vorliegenden Kapitel untersuchen die ***Struktur und Stabilität von Galaxien*** und beziehen sich dabei auf aktuelle Forschungsstudien, die anhand ergänzender Berechnungen und Diagramme erläutert sind. In diesem Zusammenhang werden die Widersprüche zwischen der Theorie der Dunklen Materie und neuen astronomischen Erkenntnissen dargestellt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

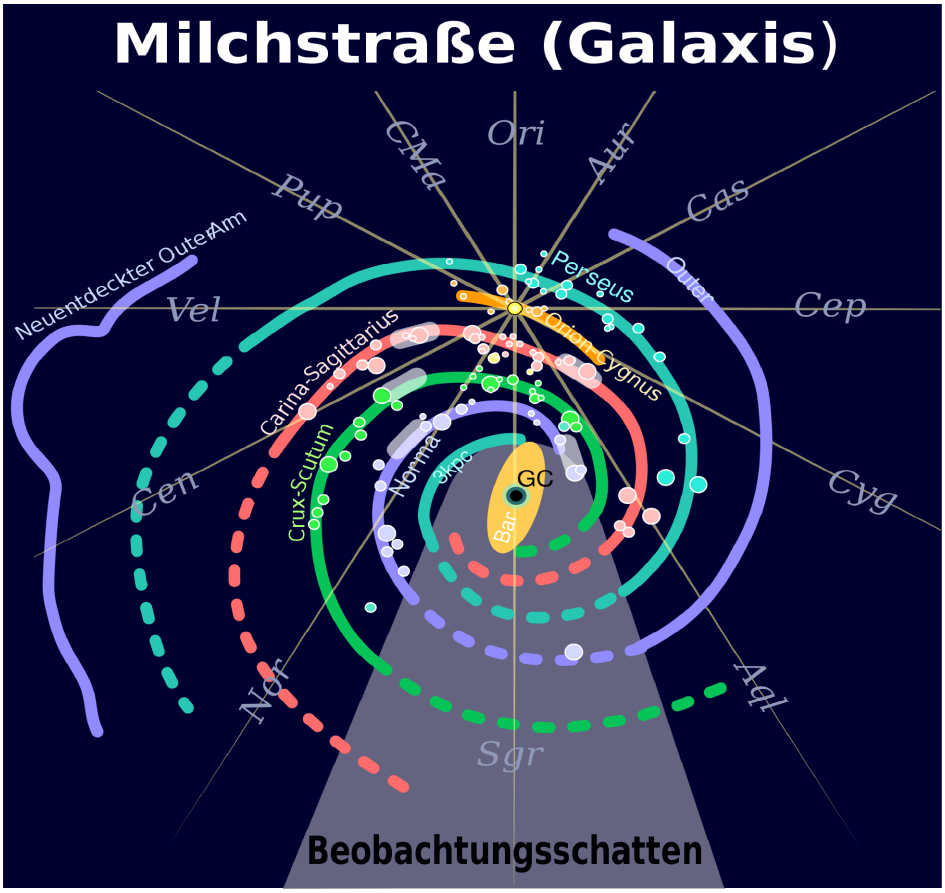
Galaktische Daten



Sichtbare Scheibe der Milchstraße
Durchmesser: 100.000 Lichtjahre
Masse: 140 bis 180 Milliarden Sonnenmasse
Anzahl der Sterne geschätzt 100 Milliarden

Unsere Sonne ist ca. 27.000 Lichtjahre vom galaktischen Zentrum entfernt; die Rotationsgewindigkeit unserer Sonne um das galaktische Zentrum beträgt:
v_{rot} = ca. 230 bis 250 km/sec
Die Sonne benötigt für eine vollständige Umdrehung ca. 220 Millionen Jahre.

Unser Sonnensystem liegt innerhalb der galaktischen Scheibe, wir sehen daher nur das leuchtende Band der Milchstraße.
Das ***linke Bild*** ist eine ***Fotomontage***. So ähnlich könnte unsere Galaxis aus der Vogel-Perspektive in einer Entfernung von 2,5 Millionen Lichtjahren aussehen.



Spiralstruktur: **Unser Sonnensystem im Orion-Arm bildet den Koordinaten-Urprung**
GC (galactic center) bezeichnet das Zentrum der Milchstraße
Interstellarer Staub versperrt die direkte Sicht, aber anhand der Radio- und Röntgenstrahlung ist es gelungen, die Spiralstruktur sichtbar zu machen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Themenheft

Gravitation und Interstellare Materie



Interstellare Materie im Fokus der Radioastronomie



Interstellare Materie liefert den Baustoff zur Sternentstehung und Planetenbildung. Die Summierung interstellarer Gase und Staubpartikel in der galaktischen Scheibe ergibt eine gewaltige Masse. Eine Bilanz dieser interstellaren Materie zeigt, dass deren Gravitation sehr wesentlich zur Stabilität der Galaxie beiträgt.

Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

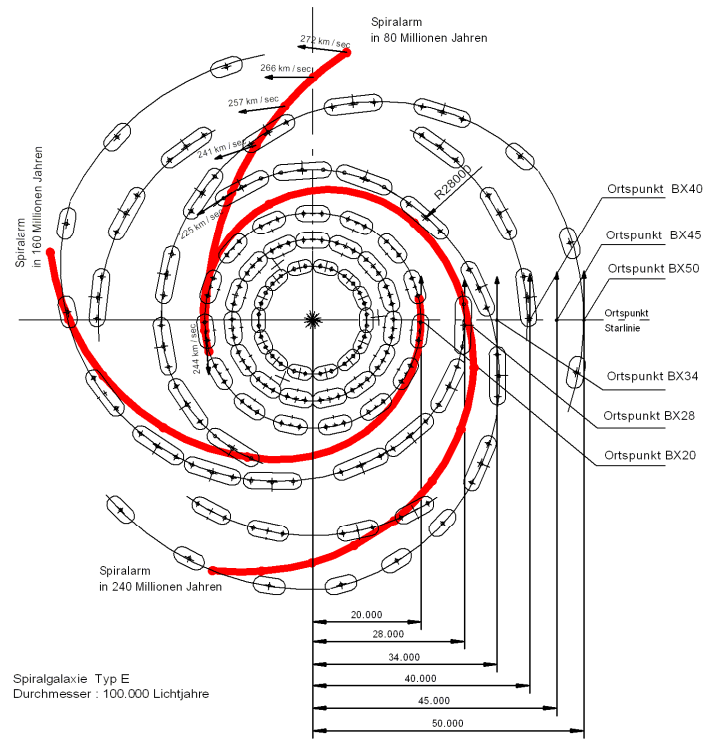
Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die physikalischen Gesetze der Gravitation sortieren die beteiligten Massen eines galaktischen Verbandes entsprechend ihrer Geschwindigkeit und geben der rotierenden Galaxie ihre Spiralstruktur.

Die Galaxie ist stabil, aber nicht statisch. Sie unterliegt aufgrund ihrer Rotation und differenter Bahngeschwindigkeiten einer ständigen „Durchmischung“.

Spiralstruktur der Galaxie Typ-E in 80, 160 und 240 Millionen Jahren

Abb. 12.1 Die dargestellten Spiralarme sind die Kurvenlinien der zugehörigen Ortspunkte nach Ablauf von 80 / 160 und 240 Millionen Jahren.



Die Ortspunkte umrunden das Zentrum der Galaxie auf einer Kreisbahn. Jeder Ortspunkt ist berechnet aus der Rotations-Geschwindigkeit und der zurückgelegten Bogenstrecke in einer bestimmten Zeitspanne.

Berechnet man den Bogenwinkel, den die Ortspunkte im Zeitverlauf von 80 Millionen Jahren zurücklegen (dies ist etwa $^1/_3$ der Umlaufzeit, den die Sonne benötigt), dann wird erkennbar, dass die inneren Zonen die äußeren überholen. Zum Verständnis der Spiralstruktur wird folgende Annahme getroffen: Die Ortspunkte bewegen sich auf einer Kreisbahn, deren Radius und Geschwindigkeit der Galaxie Typ-E entspricht (bei Galaxie Typ-E sind 57% der Gesamtmasse in der Außenzone angesiedelt).

Zum Startbeginn liegen alle Ortspunkte auf einem Radialstrahl, als gedachte fiktive „Startlinie“. Jeder Ortspunkt (oder Massenpunkt) legt analog seiner Rotationsgeschwindigkeit eine bestimmte Bogenstrecke auf seiner zugehörigen Kreisbahn zurück. Nach Ablauf von 80 Millionen Jahren hat jeder Ortspunkt eine bestimmte Bogenstrecke auf seiner Kreisbahn zurückgelegt. Der Schnittpunkt aus dem berechneten Bogenwinkel und der Kreisbahn ergibt den aktuellen Ortspunkt. Zeichnet man 80 Millionen Jahre nach Startbeginn eine Kurvenlinie durch die neun aktuellen Ortspunkte, so erhält man eine spiralähnliche Kurve. Die dargestellten Spiralarme zeigen die Kurvenlinien nach Ablauf von 80, 160 und 240 Millionen Jahren.

Die Berechnung zeigt eine Spiralgalaxie mit den gewählten Parametern wie Gesamtmasse, Ausdehnung und Massenverteilung. Das Kraftfeld der Spiralgalaxie ist ausreichend stark, um die rotierenden Massen über viele Hunderte von Millionen Jahren auf stabilen kreisähnlichen Umläufen an das System zu binden.

Aus einer rotierenden Scheibe entstehen nach „kosmischen“ Zeitabläufen spiralförmige Galaxien, wenn deren Gravitation ausreichend stark ist, um Materie über Hunderte von Millionen Jahren in eine Kreisbahn zu zwingen. Form und Anzahl der Spiralarme sind abhängig von der Massenverteilung sowie dem Zeitablauf und unterliegen einem stetigen Wandel.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

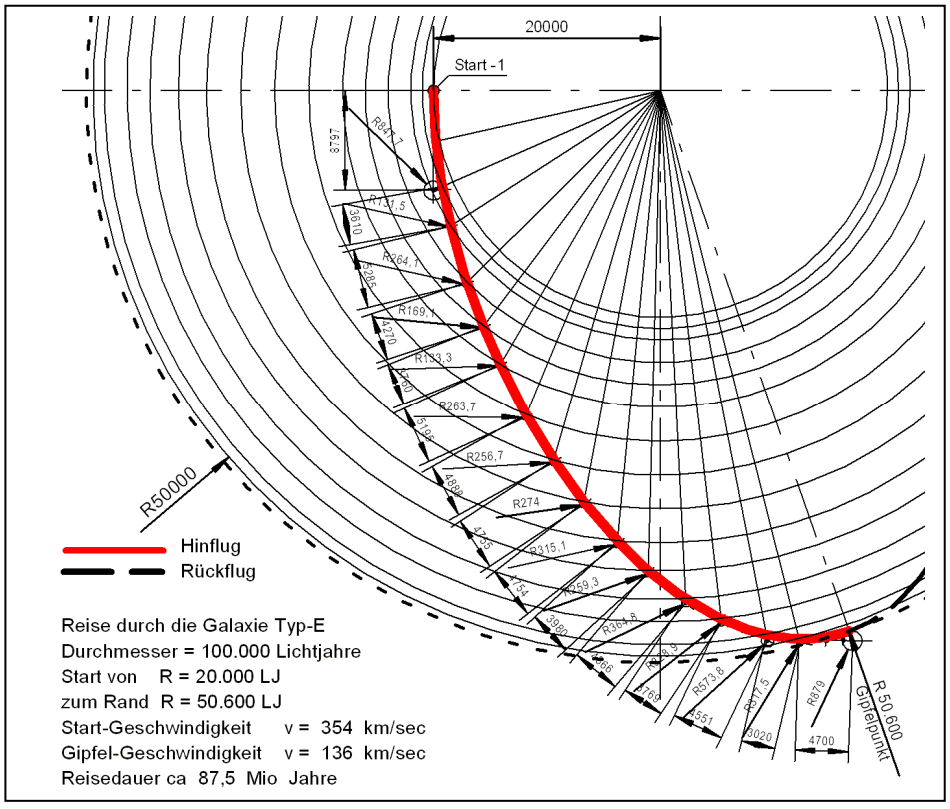
Berechnung der Startgeschwindigkeit

Die Fläche unterhalb der Kurve im Diagramm 16.1 entspricht der Potential-Energie E pot. Die galaktische Beschleunigung ist abhängig vom Abstand R (R = *Distanz zum Zentrum).* **E** pot wird durch Summierung der Flächenstreifen **g**i x $\triangle$ **R** berechnet, das Verfahren wird als numerische Integration bezeichnet.

$$\text{Epot} = \sum_{Ri}^{Ra} \textbf{Masse} \times \mathbf{g}_x \times (\mathbf{R}_{x+1} - \mathbf{R}_x) \quad \text{oder} \quad \text{Epot} = \textbf{Masse} \int_{Ri}^{Ra} \mathbf{g}_x \times d\,\mathbf{R}$$

Außer zusätzlicher Impulsenergie zur Bahnkorrektur soll dem Flugobjekt während der Reise keine weitere Energie zugeführt werden. Zusätzliche Energie für Bahnkorrekturen wird bei dieser Berechnung vernachlässigt. In unserem Fall ergibt die Vorberechnung, dass die erforderliche Startgeschwindigkeit **v** Start = ca. 354 km/sec beträgt. Die Geschwindigkeit von Flugobjekten auf der Kreisumlaufbahn R = 20.000 LJ beträgt 244 km/sec. Der fiktive Raketenantrieb muss also das Raumschiff um diese Geschwindigkeitsdifferenz erhöhen:

v Start - **v** Kreis = ca. 354 km/sec - 244 km/sec = ca. 110 km/sec



Das Kraftfeld wird sinnvoll in Schwerkraftzonen unterteilt. Zur Bestimmung der Bahnpunkte wird für jede Zone die mittlere galaktische Beschleunigung und die jeweilige Bahngeschwindigkeit berechnet. Aus diesen Parametern werden die Bahnpunkte und Teilstrecken mathematisch und geometrisch analog einer Wurfparabel konstruiert. Die Anwendung des rechnerischen Näherungsverfahrens führt in Kombination mit der Konstruktion zu einem eindeutigen Ergebnis. Ist die Startgeschwindigkeit zu hoch gewählt, wird die Kurve zu steil und schießt über den Gipfel hinaus. Ist die Startgeschwindigkeit zu gering, dann wird die Bahnkurve zu flach und der Gipfelpunkt wird nicht erreicht. Die Flugstrecke beträgt ca. 69.000 Lichtjahre und würde ca. 87,5 Millionen Jahre dauern.

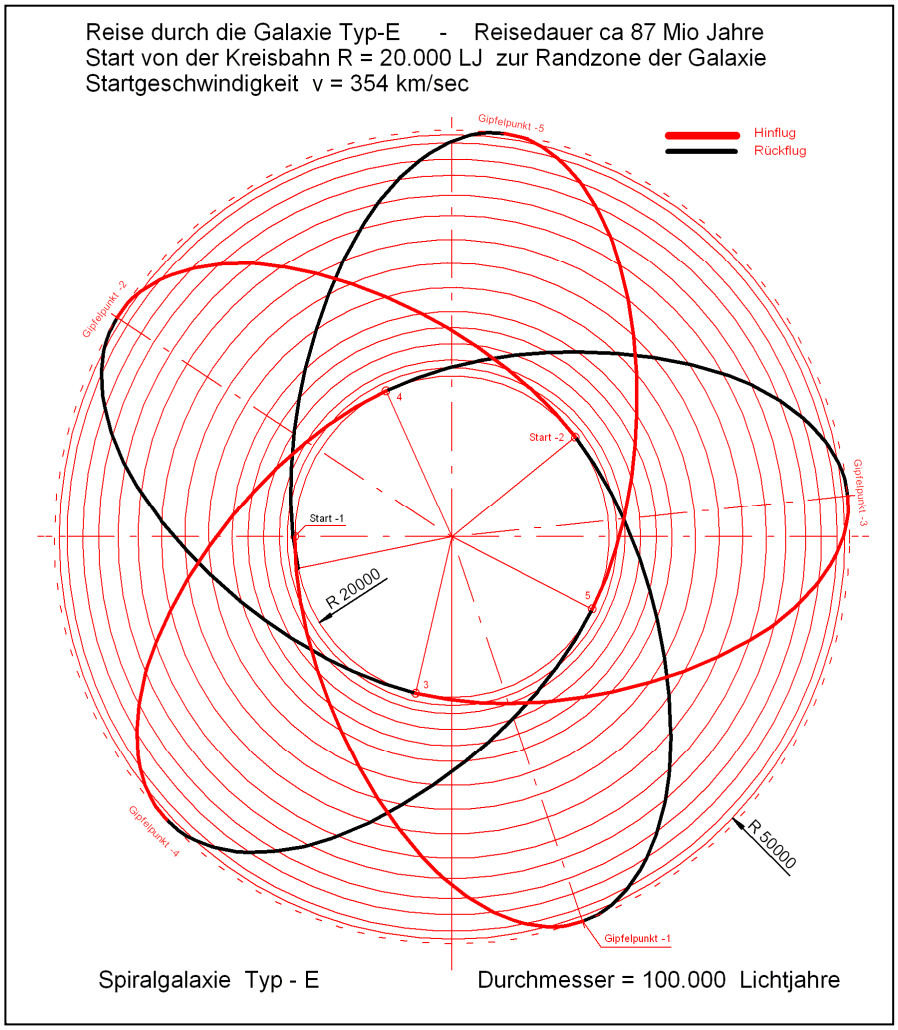
Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Galaktischer „Eiertanz“

Die konstruierte Flugbahn durch die Galaxie Typ-E zeigt ein Osterei beim „Eiertanz“. Die Flugbahnen ergeben sich, weil das Flugobjekt nach dem Rückflug zwar zum gleichen Ausgangsradius zurückkehrt, aber nicht auf seinem Ursprungsstartpunkt landet.

Flugobjekte in einer Galaxie, die von der Kreisbahn abweichen, folgen keiner elliptischen Kurve. Das gedehnte Kraftfeld der Galaxie verzerrt die Flugbahnen.

Dieses „gedehnte“ Kraftfeld wirkt in der gesamten Galaxie und zwingt Flugobjekte, die nicht auf Kreisbahnen umlaufen, zum „Eiertanz“.



Erkenntnis
Das Schwerkraftfeld von Galaxien erzeugt Flugbahnen in der Form von Eierkurven. Die Kepler'schen Planetengesetze gelten für Ellipsen, aber nicht für Eierkurven.

Überschlagsberechnung der Massenanteile in der Milchstraße

(Stand 2014/2015)

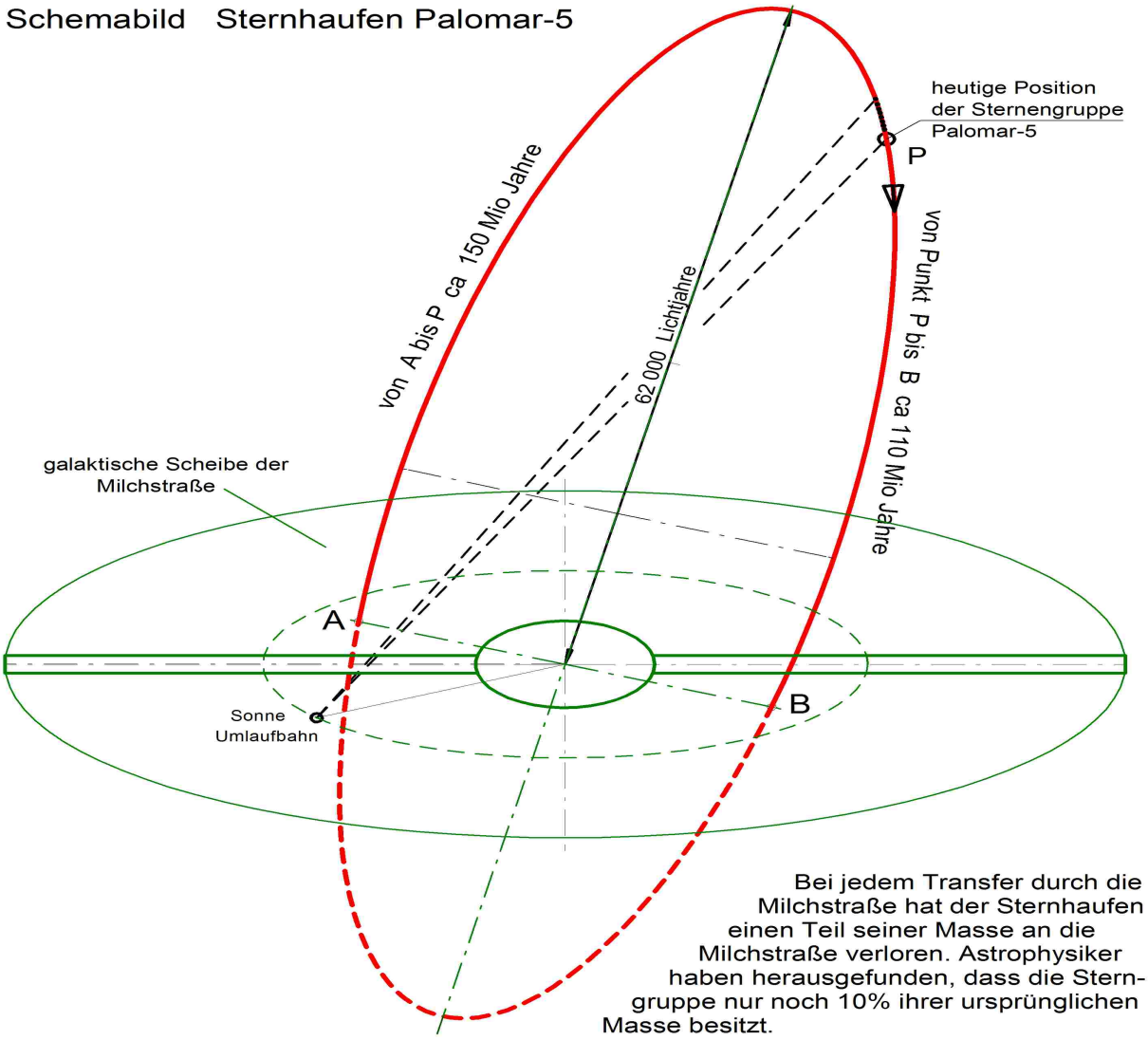
Auf der Reise durch die Galaxie haben die Forscher viele interessante Erkenntnisse gewonnen. Zu diesen Entdeckungen zählt insbesondere die ***interstellare Materie***, die sich den Augen der optischen Teleskope entzieht, aber durch die Antennen der Radioastronomie sichtbar wird. Der Radioastronomie ist es in den letzten Jahrzehnten gelungen, in die dunklen Molekülwolken, die für sichtbares Licht unpassierbar sind, hineinzuschauen. In diesen Molekülwolken aus Wasserstoff und Helium werden Sterne **„geboren“**, und die eingebetteten Staubwolken liefern die erforderlichen Baustoffe für die Entstehung von Planeten. Die Astrophysik blickt auf diese Weise in die „***kosmische Kinderstube***“ und zeigt uns faszinierende Bilder wie aus den Kindertagen unseres Sonnensystems. Diese „Kinderstube“ ist zum Beispiel im *Spektrum der Wissenschaft* Ausgabe 2/14 – Physik Mathematik Technik „Das wechselhafte Leben der Sterne“ von Dr. Ralf Launhardt (Forscher am Max-Planck-Institut) sehr anschaulich beschrieben.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Massenbestimmung aus der Umlaufbahn des Sternenhaufens Palomar-5

In den vergangenen zehn Jahren hat der ***Sloan Digital Sky Surveys (SDSS)*** den Nordhimmel sehr präzise kartographiert. Aus diesen aktuellen Daten hat nunmehr im Jahr 2015 ein internationales Forscherteam unter der Regie der Universität Bonn die ***Masse der Galaxis*** aus dem Bahnverlauf des ***Sternenhaufens Palomar-5*** berechnet. Diese Forschungsstudie verfolgte einen anderen Lösungsweg. Es ist deshalb sehr interessant, die Ergebnisse der internationalen Studie mit den Berechnungen des Buches „*Mathematische Reise durch die Galaxie*“ zu vergleichen.

Vor ca 150 Millionen Jahren hat die Sternengruppe Palomar-5 die Scheibe der Milchstraße (im Punkt A) durchquert und befindet sich gegenwärtig (im Punkt P) ca 75.000 Lichtjahre von unserem Sonnensystem entfernt in der nördlichen galaktischen Polregion. Die Sternengruppe ist weitere ca 110 Millionen Jahre unterwegs bis sie im (Punkt B) wiederholt in die Scheibe der Milchstraße eintaucht. Dabei bildet sich ein Sternenschweif (ähnlich wie der Gasschweif eines Kometen).



Der **Sternhaufen Palomar-5** umfasst ca. 5000 Sonnenmassen und bewegt sich auf einer exzentrischen Bahn, die fast senkrecht zur galaktischen Ebene unserer Milchstraße verläuft. Es ist eine besondere technisch-wissenschaftliche Leistung, aus dem Bahnsegment des Sternhaufens den Verlauf einer exzentrischen Umlaufbahn von ca. 350 Millionen Jahren herzuleiten. Vorteilhaft ist, dass der Sternhaufen sich außerhalb der Milchstraßenscheibe bewegt und die „Leuchtspur seines Sternenschweifes“ eine Teilstrecke seiner Flugbahn verrät.

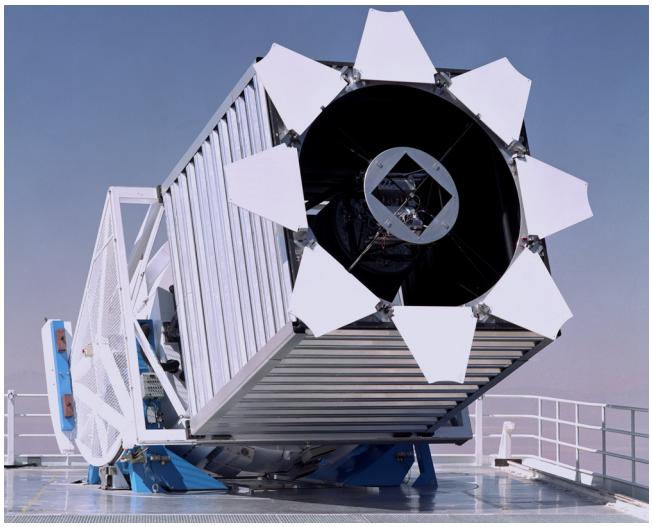
Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Bahnparameter des Sternhaufen Palomar-5 gemäß Forschungsstudien von 2005 und 2015

Die Flugbahn des Sternhaufens Palomar-5 wurde von zwei unterschiedlichen Forscherteams zu unterschiedlichen Zeiten erforscht: im Jahr 2005 unter Beteiligung des Max-Planck-Instituts Heidelberg und 2015 unter der Regie der Universität Bonn.

Die ***erste Bahnstudie*** wurde **2005** unter dem Titel „***Galaktische Streiflichter***“ in einer Ausgabe der Max-Planck-Forschung (4/2005) beschrieben. (Orginalveröffentlichung im Astrophysikal Journal 626, 128-144,2005 : *A comprehensive model for the Monoceros tidal stream* von Penarrubia J.; D. Martinez-Delgado; Dr. H.-W. Rix (MPI); und weitere Forscher u.a. Dr. Eva K. Grebel (MPI)

Die ***zweite Bahnstudie*** wurde **2015** von Dr. Andreas Küpper mit Prof. Dr. Pavel Kroupa als Doktorvater (Universität Bonn) und weiteren Forschern unter dem Titel erstellt: „*Globular cluster streams as galactic high-precision scales - the poster child Palomar-5*“



Sloan Digital Sky Surveys (SDSS)
kartographiert den Nordhimmel seit 2005

Um die elliptischen Bahnparameter des Sternhaufens zu erhalten, haben die Forscher zahlreiche Modellrechnungen durchgeführt und diese solange mit den gemessenen astronomischen Daten abgeglichen, bis Modell und Beobachtung übereinstimmten. Laut Forschungsbericht waren hierfür millionenfache Simulationsläufe erforderlich.

Parameter der Ellipsenbahn des Sternhaufens Palomar-5 Geometrie-Daten gemäß Studie-2015	
größte Distanz vom galaktischen Zentrum	19 kpc = 61940 Lichtjahre
kleinste Distanz vom galaktischen Zentrum	8 kpc = 26080 Lichtjahre
gegenwärtige Distanz vom galaktischen Zentrum	18,8 kpc = 61300 Lichtjahre
Bahnexcentrizität:	e / A = 0,407
Beschleunigung im gegenwärtigem Bahnpunkt [x)] **P**	a = 0,81 x 10^{-10} m/sec²
	Toleranzwert +0,17 bis – 0,14
Bahngeschw. im Punkt **B** (transverse velocity of palomar-5)	**v**b = **253** +/- 16 km/sec
Distanz unserer Sonne zum galaktischen Zentrum	8,3 kpc +/-0,25 = 27000 LJ
Umlaufgeschwindigkeit unserer **Sonne** (R=27000 LJ)	**v**s = 231 km/sec bis 245 km/sec
Masse der Milchstraße (innerhalb R = 62000 LJ)	**2,1** x $\mathbf{10}^{11}$ x Sonnenmassen +/- 0,4

[x)] gültig für galaktische Masse = 206 Milliarden Sonnenmasse

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Themenheft Spitzer-Weltraum-Teleskop

Forschungsstudie über die **Masse-Leuchtkraft-Relation** von Galaxien gestützt auf aktuelle Daten des Spitzer-Weltraum-Teleskopes

Die Masse einer Galaxie wird entweder über die Rotationsgeschwindigkeit ihrer Sterne ermittelt oder mittels optischer Verfahren, welche die Leuchtkraft der Galaxie messen. Hoher Staubanteil in den Galaxien reduziert jedoch die Leuchtkraft und verfälscht so das Ergebnis, wie aktuelle Messungen im Weltall zeigen.

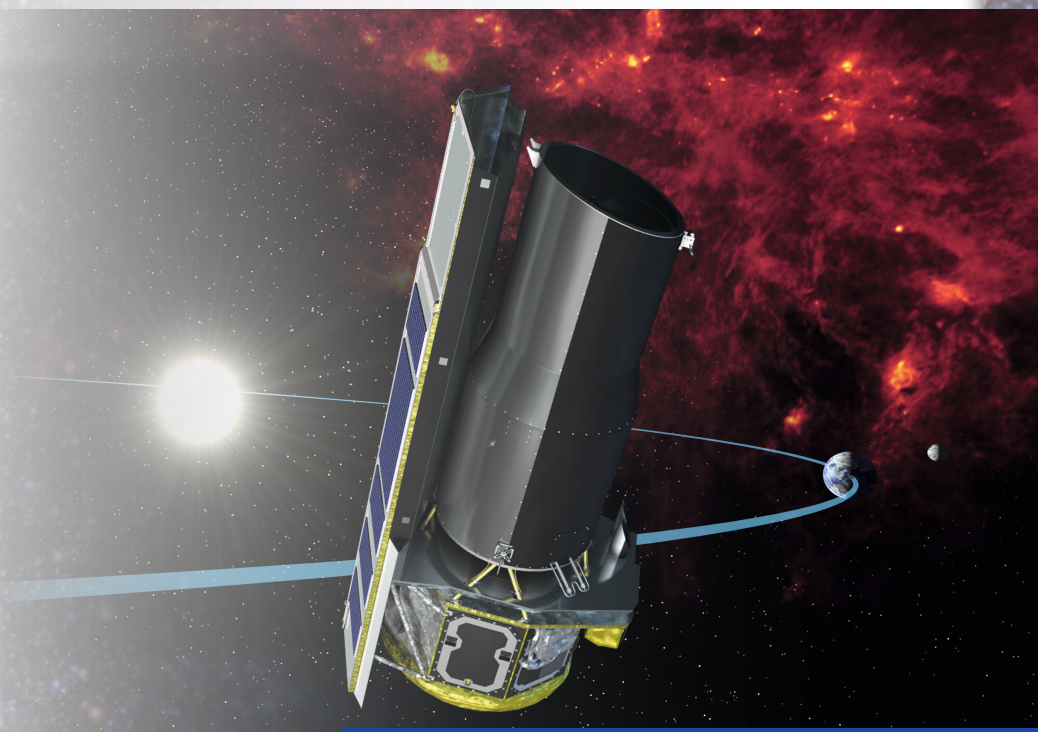
Das ***Spitzer-Weltraum-Teleskop*** hat die schwache Infrarotstrahlung von Staubwolken detektiert, die nur außerhalb unserer Erdatmosphäre messbar ist. Die Forscher Stacy S. Mc Gaugh und Federico Lelli und James M. Schombert haben diese Daten ausgewertet und kommen zum überraschenden Ergebnis: ***Galaxien enthalten deutlich mehr Masse als bisher angenommen.***

Die amerikanische Studie heißt ***„The Radial Acceleration in Rotationally Supported Galaxies“*** und ist submitted am 19. September 2016. Die Masse-Leuchtkraft-Relation wird durch die Studie neu bewertet und stellt die Erfordernis der Dunklen Materie infrage.

Start am 25. August 2003
Startmasse 750 kg
Kühlflüssigkeit 250 ltr.
Kosten 450 Mio. US$

Hauptspiegel
Durchmesser 85 cm
Messung im Infrarot:
Wellenlänge 3 µm
bis 180 µm

am 15. Mai 2009 war das Kühlmittel aufgebraucht – seitdem eingeschränkter Betrieb möglich



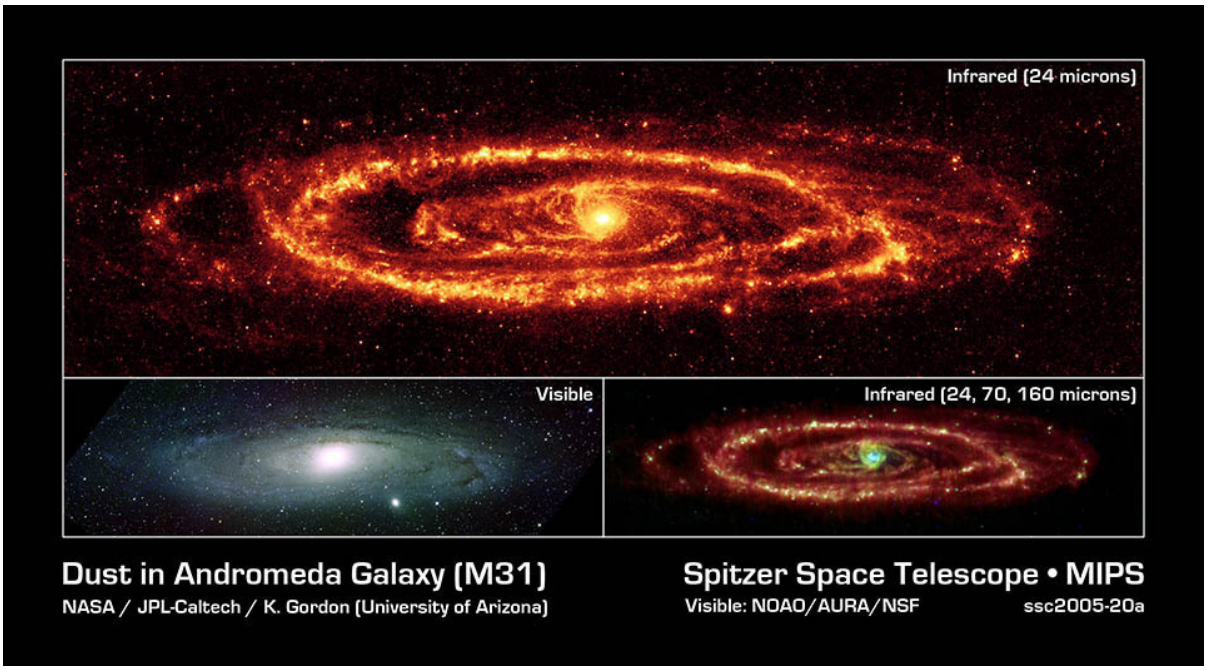
Spitzer-Weltraum-Teleskop / NASA

Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die obige Studie von McGaugh und den genannten Autoren wurde von David Merrit, Professor für Physik und Astronomie / Rochester Institute of Technology, wie folgt kommentiert:
„Galaxy rotation curves have traditionally been explained via an ad hoc hypothesis: that galaxies are surrounded by dark matter. The relation discovered by McGaugh et al. is a serious, and possibly fatal, challenge to this hypothesis, since it shows that rotation curves are precisely determined by the distribution of the normal matter alone. Nothing in the standard cosmological model predicts this, and it is almost impossible to imagine how that model could be modified to explain it, without discarding the dark matter hypothesis completely."

Zitat-Übersetzung:
Die galaktischen Rotationskurven werden üblicherweise mit Dunkler Materie erklärt, die der Hypothese zufolge die Galaxien umgibt. ***Die von McGaugh u.w. Autoren gefundene Relation zeigt, dass die Rotationskurven allein durch die Verteilung der normalen Materie präzise bestimmbar sind.*** Diese Entdeckung ist eine ernste Herausforderung für die Dunkle-Materie-Hypothese, zumal das kosmologische Standardmodell hierzu keine Vorhersage macht. Es ist daher fast unvorstellbar, wie das kosmologische Modell modifiziert werden kann, ohne die Dunkle-Materie-Hypothese vollständig zu verwerfen. Zitat-Ende

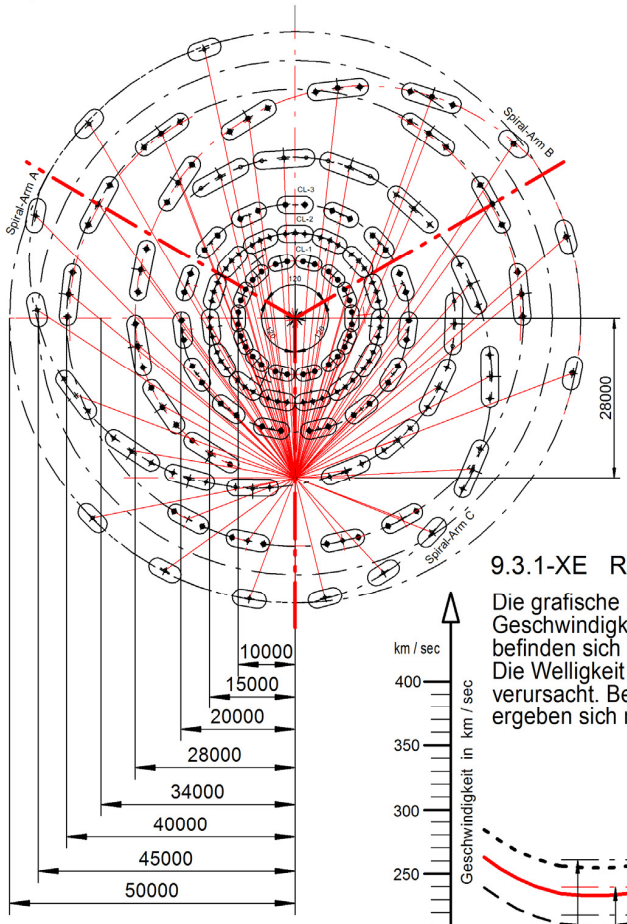


Andromeda-Galaxie im Infrarot
Diese Aufnahme zeigt die Andromeda-Galaxie im Infrarot-Spektrum. Energiearme Atome und Moleküle strahlen auf den Wellenlängen 24 bis 160 Micrometer. ***Das Bild zeigt Molekülwolken und Staub, die über die gesamte galaktische Scheibe großflächig verteilt sind*** und im normalen Lichtspektrum nicht sichtbar sind. Laut Angaben in der Sachliteratur soll der Staub-Anteil in unserer Galaxis ca. 1% der galaktischen Masse betragen. Diese Annahmen sind leider schon deshalb wenig brauchbar, weil die absolute Masse der Milchstraße unklar ist. Die Messungen des ***Spitzer-Infrarot-Teleskopes*** belegen eindeutig, dass diese Annahmen nicht mehr aktuell sind. Die Aufnahme zeigt im Infrarot eine vollständige Galaxie aus Atomen und Molekülen.
Kalte Molekülwolken im Temperaturbereich von 30° Kelvin (***minus 243° Celsius***) werden erst seit der Jahrtausendwende großräumig detektiert und erforscht, u.a. durch das Spitzer-Weltraum-Telekop der NASA. Das nachfolgende Herschel-Weltraum-Teleskop der ESA war von Mai 2009 bis April 2013 in Betrieb.
Zu dem Zeitpunkt, als die Dunkle Materie (missing-mass-problem) in den 1980er Jahren postuliert wurde, waren diese Forschungserkenntnisse aus dem Weltall noch nicht verfügbar.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Abb. 5.4-XE
In dem Buch "Mathematische Reise durch die Galaxie" sind die Zusammenhänge von Masse und Rotations-Geschwindigkeit mittels Vektor-Additions-Verfahren berechnet.
Autor Joachim Schmitz / Cuvillier Verlag 2014 / ISBN 978-3-95404-663-8

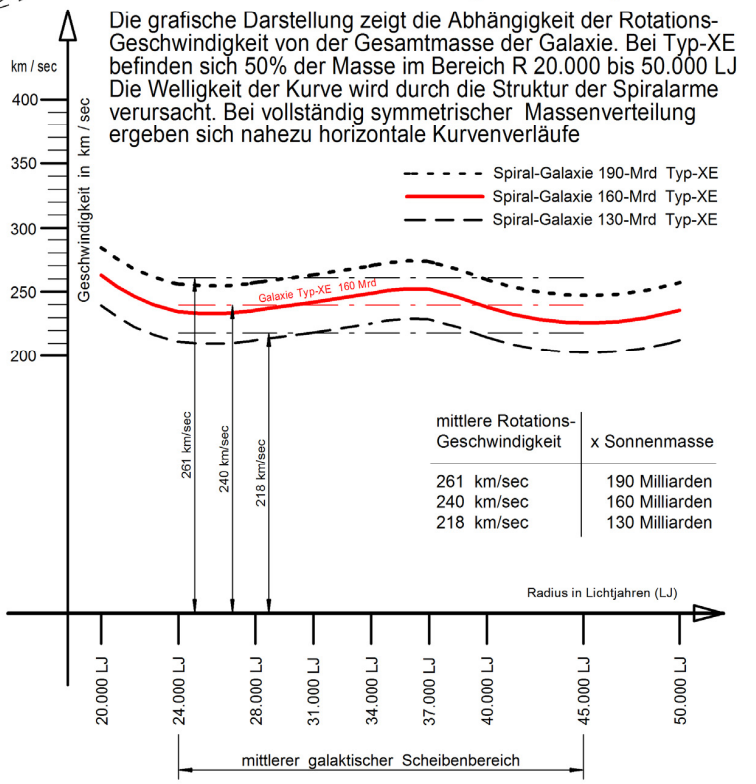
Die Abbildung zeigt das Galaxie-Modell. Das Berechnungs-Modell hat drei Spiralarme, die im Winkel von 3 x 120° angeordnet sind. Die Massen sind angenähert rotations-symmetrisch verteilt.



Spiral-Galaxie BX28 - Typ E / XE
Durchmesser 100.000 Lichtjahre
Radius zum Zentrum = 28.000 LJ

9.3.1-XE Rotations-Geschwindigkeiten für Spiral-Galaxie

Die grafische Darstellung zeigt die Abhängigkeit der Rotations-Geschwindigkeit von der Gesamtmasse der Galaxie. Bei Typ-XE befinden sich 50% der Masse im Bereich R 20.000 bis 50.000 LJ Die Welligkeit der Kurve wird durch die Struktur der Spiralarme verursacht. Bei vollständig symmetrischer Massenverteilung ergeben sich nahezu horizontale Kurvenverläufe



Eine Galaxie mit dem Durchmesser D = 100.000 Lichtjahren und einer mittleren Rotations-geschwindigkeit v_m = ***ca. 225 km/sec*** hat demzufolge eine Masse von ***ca. 140 Milliarden Sonnenmass***e (Sonnenmasse = 2 x 10^{30} kg). siehe obiges Diagramm Abb.9.3.1-XE

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Themenheft

Riesige Plasmawolke aus superheißen Gasen umhüllt unsere Milchstraße

- 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).

Liefern 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.

Dipl.-Ing. Joachim Schmitz / März 2017

Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

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 finsterem 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 ausfindig 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.

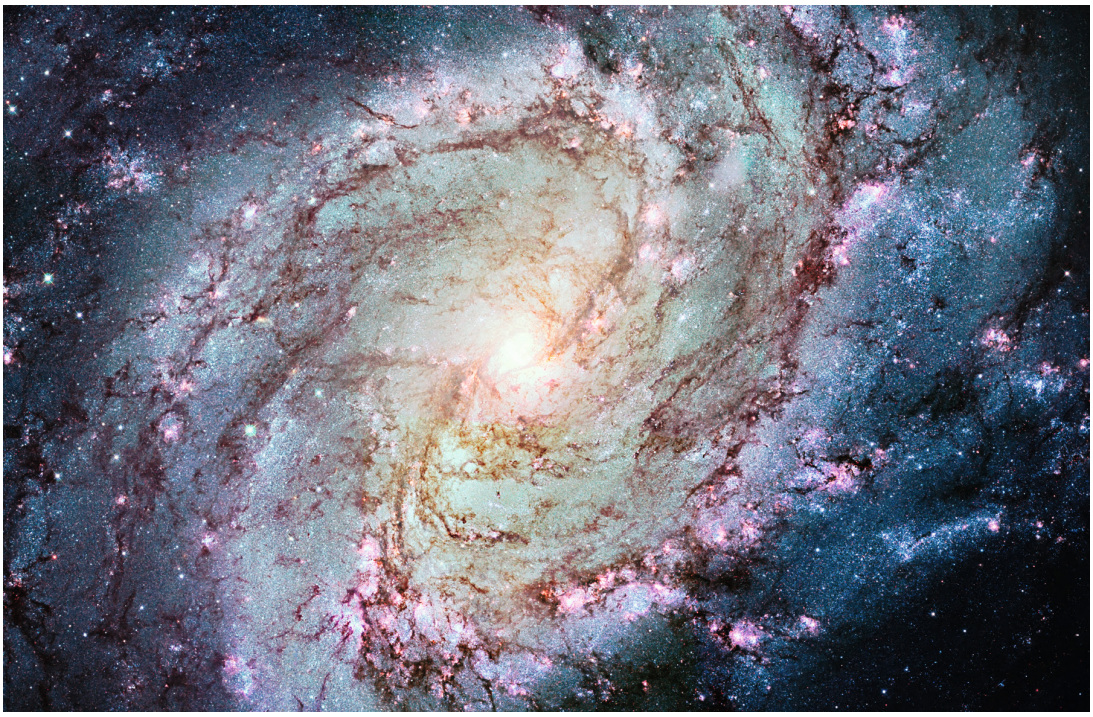
Wie groß ist die Gas-Dichte aus super heißen Sauerstoff-Wasserstoff-Plasma in diesem Halo?
Aktuelle Forschungen beziffern die galaktische Dichte im sphärischen Bereich der Milchstraße auf ***0,01*** bis ***0,0001 Atome/cm³***. Es ist jedoch extrem schwierig, die durchschnittliche Dichte in diesem kosmischen 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.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Seit Galilei wurden die Telekope stetig verbessert, und zu Anfang des 20sten Jahrhunderts war die technische Entwicklung der Teleskope dann soweit fortgeschritten, dass die Astronomie die Grenzen der Milchstraße erstmalig optisch überwinden konnte.

Edwin Hubble (1889-1953)
Der amerikanische Astronom ***Edwin Hubble*** untersuchte in den 1920er Jahren den Andromeda-Nebel am Mount-Wilson-Observatorium mit dem damals größten Spiegel-Teleskop (Durchmesser 2,54 Meter). Hubble gelang es 1925, im Andromeda-Nebel körnige Strukturen nachzuweisen und seine Entfernung zu ermitteln. Hubble erbrachte den Nachweis: der ***Andromeda-Nebel ist eine Galaxie außerhalb der Milchstraße***. In der Folge erwiesen sich viele weit entfernte, schwach leuchtende Nebelfelder als Galaxien. Die heutigen Teleskope zeigen den Astronomen, dass der Kosmos angefüllt ist mit Milliarden von Galaxien. Galaxien sind stabile kosmische Gebilde, die sich in der Ausdehnung, Leuchtkraft, Masse, Struktur und Alter teilweise deutlich unterscheiden.



Feuerrad-Galaxie M 83 (southern pinwheel galaxy) im Sternbild Wasserschlange
15,2 Millionen Lichtjahre entfernt – hellstrahlende Galaxie in den südlichen Breiten

Entstehung der Galaxien
Hubble hatte angenommen, dass zuerst elliptische Galaxien entstanden sind und sich dann daraus Spiralgalaxien entwickelt haben. Die Hubble-Klassifizierung beginnt daher mit elliptischen Galaxien, die sich dann verzweigt in Spiralgalaxien mit mehreren Spiralarmen und Balkenspiralen mit zwei Spiralarmen. Die aktuellen astronomischen Erkenntnisse zeigen jedoch, dass elliptische Galaxien mehrheitlich alte Sterne enthalten, während in den Spiralgalaxien vorwiegend junge Sterne angesiedelt sind. Das nach Hubble benannte ***Weltraum-Teleskop*** ermöglicht den heutigen Astronomen einen Blick in die ***„Kinderstube der Sterne“*** und so wissen wir: Sterne entstehen bevorzugt dort, wo ausreichend interstellare Materie wie Wasserstoff, Helium und Staub vorhanden ist. Die Spiralarme der Galaxien sind dynamische, örtlich verdichtete Gebiete, in denen zahlreiche junge Sterne beheimatet sind. Die Spiralarme sind gleichsam die ***„Disco-Meile der Jungsterne“***, die dort mit viel „Feuerwerk“ Party feiern.
Diese Erkenntnis ist nicht ganz unwichtig für die Strukturbildung der Spiralarme, da ihre Sternbevölkerung eine begrenzte Lebensdauer hat. Das bedeutet, wenn nicht genügend interstellare Materie verfügbar ist, geht in der *„Disco-Meile das Licht aus“*! Nach zwanzig bis hundert Millionen Jahren erlischt dann auch die Spiralstruktur. Es sei denn, die nachfolgende Sternengeneration hat wieder genügend Stoff (Interstellare Materie), und die Party beginnt erneut.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Können Dichtewellen Spiralarme erzeugen?
Als alternative Erklärung für die Spiralbildung wird häufig in der Sachliteratur die ***Dichtewellen-Theorie*** genannt. Dieser Theorie zufolge laufen Schwingungen wellenartig durch die Galaxie und erzeugen auf diese Weise Spiralstrukturen. Das Dichtewellen-Modell ist wenig überzeugend hinsichtlich der gewaltigen Energiequelle, die erforderlich ist, um die galaktische Scheibe formgebend zu gestalten. Es ist außerdem wenig verständlich, wie Stoßwellen die Galaxie dergestalt umformen, dass daraus Spiralen entstehen. Die Dichtewellen-Theorie ist aber gut geeignet, die Entstehung von Ring-Galaxien zu erklären.

Wirkung von Stoßwellen
Ein sehr anschauliches Beispiel für die Wirkung von Stoßwellen liefert die Wagenrad-Galaxie. Vom Zentrum ausgehende Stoßwellen erzeugen gut erkennbar eine elliptische Ringstruktur.



Wagenrad-Galaxie ½ Milliarde Lichtjahre entfernt – etwas größer als unsere Milchstraße

Geschichte einer dramatischen Kollision
Die ***Wagenrad-Galaxie*** erzählt aus der Sicht der Astronomie die Geschichte der ***dramatischen Kollision*** zweier Galaxien. Demzufolge hat sich eine kleine Galaxie in das Zentrum einer großen Galaxie gebohrt. Die Schwerkraft der kleinen Galaxie hat bei der Durchquerung der großen Galaxie gewaltige Stoßwellen ausgelöst. Materie wurde zunächst ins Zentrum gesogen, und nachdem die kleine Galaxie das Zentrum durchquert hatte und die Gravitation geringer wurde, schossen Sterne, Gas und Staub, wie von einem Katapult angetrieben, nach außen. Ein Vorgang vergleichbar mit einem Stein, der ins Wasser fällt und dabei ringförmige Wellenbewegungen auslöst. Die Stoßwelle hat große Mengen interstellarer Materie (Wasserstoff, Helium, Staub etc.) nach außen geschleudert. Der ausgeprägte ***hellbläuliche Radkranz*** verrät den Astronomen, dass in diesen ringartigen Verdichtungszonen zahlreiche neue Sterne entstanden sind.

Ring-Galaxien sind seltene Exemplare, weil ein ***Volltreffer*** in das galaktische Zentrum ein sehr seltenes kosmisches Ereignis ist, zudem ist ihre Lebensdauer begrenzt. Wenn die neuen Sterne verglüht sind und die interstellare Materie aufgezehrt ist, erlöscht auch der Wagenkranz. Übrig bleibt mit hoher Wahrscheinlichkeit eine elliptische Galaxie ohne interstellare Materie.

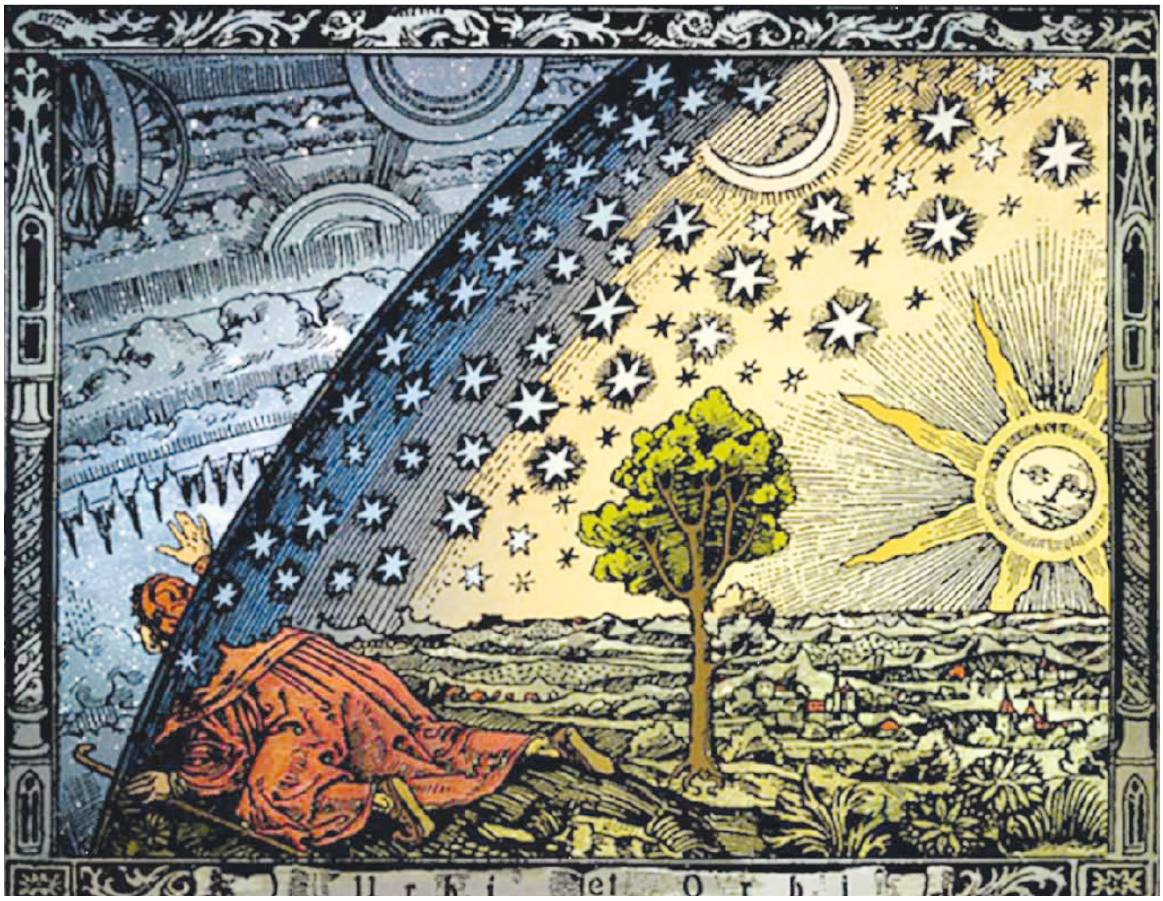
Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Themenheft

Relativitätstheorie – eine kosmische Schöpfungsgeschichte?

Die Relativitätstheorie ist quasi das Regiebuch der Kosmologie. Das folgende Kapitel skizziert die Thematik des derzeitigen kosmologischen Standard-Modells (Λ-CDM) des Universums.

Albert Einstein (1879-1955) gilt als größter Physiker des 20sten Jahrhunderts, dessen Name eng mit der Relativitätstheorie verbunden ist. Albert Einstein hat zunächst 1905 mit der speziellen Relativitätstheorie die Eigenschaften des Lichtes und die Grenzübergänge von Teilchen und Massen bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit physikalisch neu definiert. In allen Systemen ist die Lichtgeschwindigkeit unabhängig von der Bewegung der Lichtquelle. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist konstant, sie beträgt 300.000 km/sec. Es gibt keine Strahlung und keinen Körper, der schneller als das Licht ist.



Holzschnitt: Der Mensch durchbricht den Horizont und schaut auf neue Welten.
Aus einem Buch von Camille Flammarion 1888.

Allgemeine Relativitätstheorie

Die Kosmologie basiert auf der von Albert Einstein 1915 formulierten Allgemeinen Relativitätstheorie, die die Gravitation als Wechselspiel zwischen der Geometrie der Raumzeit und den sich darin befindlichen Massen beschreibt. Die Schwerkraft einer Masse bewirkt die Krümmung der umgebenden Raumstruktur, und die wiederum beeinflusst die Bewegung der Massen. Entsprechend der Äquivalenz von Energie und Masse ($\mathbf{E = m \cdot c^2}$) trägt auch jegliche in einer Raumzeit enthaltene Energieform zur gravitativen Krümmung bei. Gemäß dieser Physik beeinflussen sich Raum und Zeit gegenseitig. Raum und Zeit sind nicht mehr absolute Größen, sondern verschmelzen in der vierten Dimension zur „**Raumzeit**“.

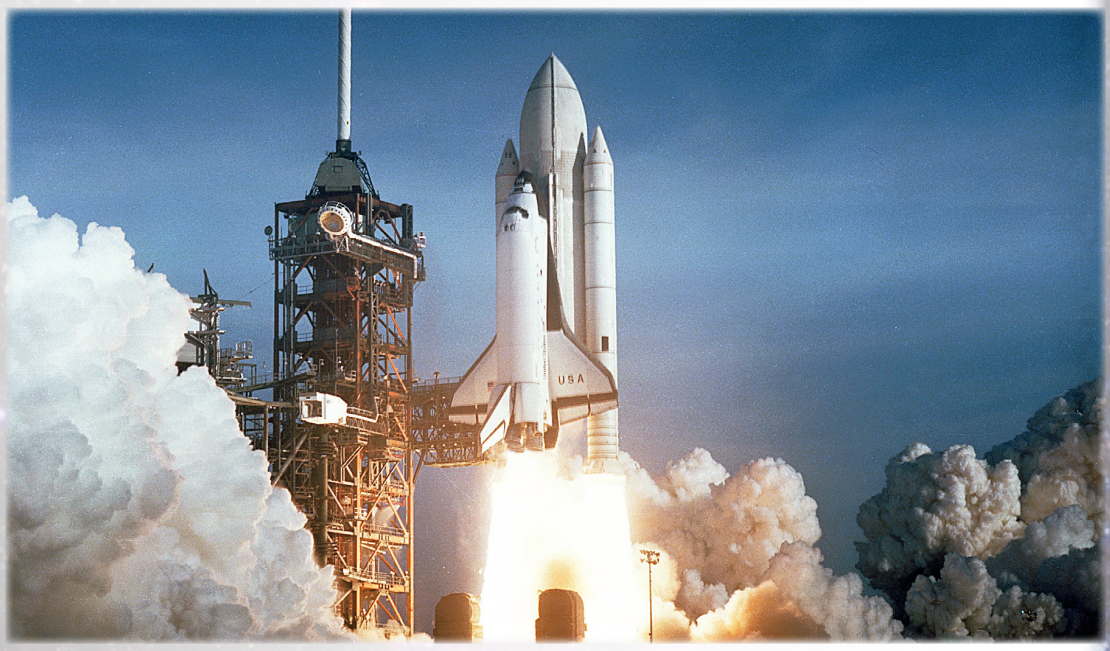
Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Themenheft

Spurensuche an Bord der Weltraumstation

Urknall-Maschine - Spinnennetz-Galaxie - Max-Planck-Satellit - Compton-Effekt

Nach einer Bauzeit von 15 Jahren und Kosten von 1,5 Milliarden Dollar ist es im Jahre 2011 gelungen, ein sieben Tonnen schweres Messinstrument (AMS-02) mit dem letzten ***Space Shuttle*** zur Internationalen Weltraumstation zu schicken. Der ***Alpha-Magnet-Spektrometer*** (AMS-02) umkreist seitdem an Bord der Weltraumstation die Erde in einer Höhe von 400 km und erforscht dort die kosmische Gammastrahlung. Das Universum produziert beständig extreme Energie-Strahlung u.a. durch Super-Novae-Explosionen oder Jet-Streams von Schwarzen Löchern.



Space Shuttle beim Start vom Weltraum-Bahnhof der NASA - Kennedy Space Center - Florida

Das Universum ist gleichsam ein ***kosmischer Teilchen-Beschleuniger***, der die Strahlung „direkt frei Haus" an den Alpha-Magnet-Spektrometer auf der Weltraumstation liefert. Wenn elektrisch geladene Teilchen auf den Detektor treffen, werden ihre Flugbahnen durch die starken Permanent-Magneten des Spektrometers gekrümmt und in den Spurdetektoren aufgezeichnet.

Die gemessenen Daten werden zur Erde gesendet und dort analysiert. Aus den charakteristischen Flugbahnen ermitteln Teilchenphysiker Energie und Ladung der kosmischen Strahlung und suchen gezielt nach Dunkler Materie.



Gemäß kosmischem Theorie-Modell entstehen Anti-Materie-Teilchen, wenn hochenergiereiche Teilchen mit interstellarem Staub und Gas in galaktischen Magnetfeldern wechselwirken. Die kosmische Strahlung beträgt bis zu 1000 GeV (GeV = Giga-Elektronenvolt) und erreicht Werte, die vielfach größer sind als die Teilchen-Energien, die im derzeit weltgrößten Teilchenbeschleuniger, dem LHC in Genf, erzeugt werden können. Der AMS-Detektor erfasst energiereiche Photonen, Elektronen, Positronen, Protone, Anti-Protone (-) und Atomkerne. Die am AMS-Projekt forschenden Physiker sind auch am unterirdischen Teilchen Beschleuniger, dem LHC, führend beteiligt.

Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dunkle Materie oder Wasserstoff ?
Die gewaltige, latente (versteckte) nicht sichtbare Masse könnte sehr wohl aus Wasserstoff und Dunkler Materie bestehen. Der hochempfindliche Alpha-Magnet-Spektrometer hat fünf Jahre die kosmische Strahlung im Weltraum gemessen und dort keine Dunkle Materie aufgespürt. Dieses negative Ergebnis macht Wasserstoff zum klaren Favoriten. Wasserstoff ist im Kosmos in atomarer, molekularer oder ionisierter Form überall vorhanden. Direkt nachweisbar ist nur der atomare Wasserstoff (HI) im elektro-magnetischen Spektrum. Der molekulare und der ionisierte Wasserstoff sind nahezu transparent, und dies ist auch der Grund, warum die Astrophysik die Wasserstoff-Dichte im galaktischen Halo bisher unterschätzt hat.

Atomarer Wasserstoff ist aufgrund seiner elektro-magnetischen Wechselwirkung auf der Wellenlänge von 21 cm im Strahlen-Spektrum gut erfassbar und ist als interstellare und galaktische Materie vorhanden.

Molekularer Wasserstoff ist sehr schwer detektierbar. In dem Wasserstoff-Molekül sind die beiden Elektronen so fest verkuppelt, dass ihr elektro-magnetisches Feld vollständig annulliert wird – es besitzt keinen Dipol. Diese Molekül-Verbindungen sind sehr stabil und werden auch durch UV-Strahlung nicht aufgespalten – das geschieht erst bei größeren Anregungs-Energien. Wenn Licht auf molekulare Gase wie z.B. Sauerstoff und Stickstoff trifft, wird deren Elektronenhülle angeregt und als Photonen-Energie in Nano-Sekunden wieder abgestrahlt. Dies ist beim molekularen Wasserstoff nicht der Fall. Die extreme Transparenz des molekularen Wasserstoffes ist der Grund, warum dieser bisher nur indirekt über Kohlenmonoxid-Moleküle detektierbar ist.



*Australia Teleskope Compact Array (**ATCA**)* Die Radio-Astronomie ist in der Lage, mit ihren Antennen extrem schwache Strahlung aus dem Weltraum zu empfangen.

Astroforscher haben mit den Radio-Teleskopen – *Australia Teleskope Compact Array* (**ATCA**) und dem *Karl Jansky Very Large Array* (**VLA**) in den USA – eine galaktische molekulare Wasserstoff-Wolke in der Spinnennetz-Galaxie MRC 1138-262 ausfindig gemacht.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Spinnennetz-Galaxie MRC 1138-262
Ein sehr interessantes Objekt ist die Spinnennetz-Galaxie MRC 1138-262, in dessen Zentrum die Galaxie wie eine Spinne herrscht und die von einer Wasserstoff-Gaswolke umgeben ist. Die Beobachtung der Spinnennetz-Galaxie erfolgte mit dem Australia Teleskope Compact Array (**ATCA**) und dem Karl Jansky Very Large Array (**VLA**) in den USA unter internationaler Beteiligung von 19 Instituten und 22 Wissenschaftlern. Die Forscher haben einen gigantischen ***„Ozean" aus kaltem, molekularem Gas*** entdeckt, in welchem die Spinnennetz-Galaxie eingebettet liegt. Der Galaxiehaufen hat sein Licht ca. 3,1 Milliarden Jahre nach dem Urknall ausgesendet und ist der Rotverschiebung zufolge etwa zehn Milliarden Lichtjahre entfernt. Es handelt sich um eine Proto-Galaxie mit einer hohen Stern-Entstehungsrate, deren „Baustoff-Bedarf" durch eine gigantische Wolke aus kaltem, molekularem Wasserstoff gespeist wird. Der Gas-Ozean hat der Studie zufolge eine Ausdehnung von 200.000 Lichtjahren und eine Masse von 100 Milliarden Sonnenmassen.

Die Studie ist getitelt: "***Molecular gas in the halo fuels the growth of a massive cluster galaxy at high redshift****"* und wurde 2016 in der Zeitschrift **Science** 345, Seite 1128-1130 publiziert.
Summary
The largest galaxies in the Universe reside in galaxy clusters. Using sensitive observations of carbon-monoxide, we show that the Spiderweb Galaxy – a massive galaxy in a distant proto-cluster – is forming from a large reservoir of molekular gas. Most of this molecular gas lies between the proto-cluster galaxies and has low velocity dispersion, indicating that it is part of an enriched inter-galactic medium. This may constitute the reservoir of gas that fuels the widespread star formation seen in the earlier ultraviolet observations of the Spiderweb Galaxy. Our results support the notion that giant galaxies in the clusters formed from extended regions of recycled gas at high redshift.

Molekularer Wasserstoff – *Treibstoff für das Wachstum von Galaxien*
Die Himmelsforscher haben erstmalig eine Galaxie (MRC 1138-262) entdeckt, deren Wachstum durch kalten molekularen Wasserstoff gespeist wird. Dies ist eine Sensation, denn es zeigt: Galaxien wachsen nicht nur durch Kollisionen, indem sie kleinere Artgenossen ihrem Verbund einverleiben. Die Entdeckung des gewaltigen Gas-Ozeans zeigt erstmalig das Wachstum einer großen Galaxie in einer gigantischen, molekularen Wasserstoff-Wolke. Den Astronomen ist bekannt, dass Sterne sich in dichten, kalten Molekülwolken aus Wasserstoff bilden. Wasserstoff ist das Ur-Element des Kosmos. Wasserstoff ist der Baustoff aller Sterne und der „Treibstoff" für das Wachstum von Galaxien.

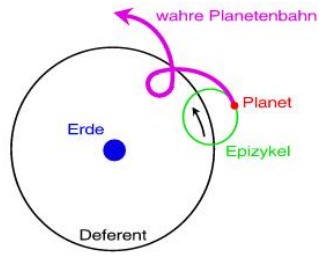
Plasma-Gashülle um die Andromeda-Galaxie
Das Hubble-Weltraum-Teleskop hat eine riesige Plasmawolke um die Andromeda-Galaxie ausfindig gemacht. Die betreffende Studie wurde im *Astrophysical Journal* am 25. April 2014 arXiv: 1404.6540 von Nicolas Lehner, J. Christopher Howk und Bart. P. Wakker publiziert; die Studie trägt den Titel:
Evidence for a massive, extended circumgalactic medium around the Andromeda Galaxy
Beweis für ein massives, ausgedehntes cirkumgalaktisches Medium um die Andromeda Galaxie.

Die Gashülle um die Andromeda absorbiert die Strahlung lichtstarker Hintergund-Objekte und verrät in deren Sichtlinien eine massive Ausdehnung von heißen Plasma-Gasen. Die Strahlen-Absortion ist im elektromagnetischen Spektrum bei mehrfach ionisiertem Silizium-, Kohlenstoff- und Sauerstoff-Atomen deutlich erkennbar. Die Astronomen schätzen die Masse der galaktischen „Atmosphäre" auf etwa die ***Hälfte der Gesamtmasse aller Sterne in der Andromeda-Galaxie***. Das Forscherteam suchte nach lichtstarken Objekten hinter der Gaswolke und beobachtete deren Lichtveränderungen. Das ideale „Hintergrund-Licht" für solche Studien sind Quasare, die als aktive Schwarze Löcher in den Zentren von sehr weit entfernten Galaxien extreme Strahlungs-quellen darstellen. Die Forscher haben achtzehn Quasare untersucht und konnten auf diese Weise die gewaltige Ausdehnung der Gashülle eingrenzen und bestimmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Kosmische Seifenblase?
Ausgehend vom Urknall-Modell hat sich das Universum wie ein aufgeblasener Luftballon oder wie eine Seifenblase ausgedehnt. Der Raum in dieser Blase ist demnach hohl und hat die Materie nahezu vollständig auf der Ballon-Oberfläche verteilt. Im Unterschied zu Galaxien besitzt ein ballonförmiges Gebilde keine Masse im Zentrum und in der Folge auch keine auf das Zentrum gerichtete Gravitation. Die Gravitation wirkt ähnlich wie bei einer Seifenblase als Oberflächen-Adhäsion. Wenn wir diese Vorstellung weiter verfolgen, hat sich eine „***kosmische Seifenblase***" mit oberflächig wirkendem Gravitationsfeld ausgebildet. *Ein solches Gravitationsfeld ist völlig verschieden von dem einer Galaxie mit einem zentrischen Gravitationsfeld.* Desweiteren sind riesige Galaxiehaufen mit zahlreichen Masse-Schwerpunkten entstanden, die wahrscheinlich auch Rotationszentren darstellen. Wir kennen gegenwärtig zu wenige exakte Fakten über die Massen der intergalaktischen Wolken, die in diesen Galaxiehaufen gebunden sind. So folgerte der Schweizer Astronom Fritz Zwicky im Jahr 1933 aufgrund astronomischer Beobachtungen des Coma- und Virgo-Sternehaufen, dass es Dunkle Materie geben müsse. Die intergalaktische Materie war seinerzeit unbekannt. Wie es ausschaut, kann das ***physikalische Dilemma*** mit der Dunklen Materie erst bei ausreichender Kenntnis der astronomischen Parameter gelöst werden.

Beliebigkeit der Dunklen Materie
In zahlreichen astrophysikalischen Fachartikeln liest man: *Wir wissen, dass es Dunkle Materie gibt.* Das ist schlicht und ergreifend falsch. ***Es gibt keinen Beweis für Dunkle Materie***. Alle wissenschaftlichen Experimente zum Nachweis von Dunkler Materie sind negativ. Wahr ist, die Kosmologen haben ein Theorie-Modell entwickelt, das zu 95% aus einer unbekannten Substanz mit mysteriösen Eigenschaften, jenseits aller atomaren Elemente der Teilchenphysik, besteht.



Die fundamentalen physikalischen Gesetze sind klar, eindeutig und präzise. Durch diese Klarheit gewinnen die physikalischen Gesetze ihre Beweiskraft. Die ***Beliebigkeit der Dunklen Materie*** ist das genaue Gegenteil. Jeder Widerspruch zwischen Theorie und Beobachtung wird nachträglich durch phantasievolle Annahmen gelöst, denen zunehmend der Bezug zur Realität fehlt. Die String-Theorien zum Beispiel, mit den verschlungenen Raumschleifen, erinnern erstaunlich an die zahlreichen Epizyklen, welche zur Zeit von Nikolaus Kopernikus und Johannes Kepler bemüht wurden, um die damalige Version zu retten: die Erde sei der Mittelpunkt der Welt.

Drehbuch für die Schöpfungsgeschichte
Die Bewegungen in unserem Sonnensystem werden durch das Newton'sche Gravitationsgesetz zutreffend mit der Anziehungkraft von zwei Massen und deren Abstand beschrieben. Im Unterschied dazu definiert die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) Massen als Produkt aus Volumen und Raumdichte in Form von Feldgleichungen. Darüber hinaus wird die Struktur-Bildung vom Urknall bis zur Gegenwart unter Berücksichtigung der Äquivalenz von Energie und Masse aus der Relativitätstheorie abgeleitet. Die Relativitätstheorie, die Albert Einstein vor einhundert Jahren erstellt hat, ist quasi das „***physikalische Drehbuch***"der kosmischen Schöpfungsgeschichte. Es bestehen aber berechtigte Zweifel, ob die kosmischen Parameter in den mathematischen Gleichungen den Entwicklungsprozess des Universums vollständig und zutreffend beschreiben.

Dunkle Materie im Abseits ?
Die kosmischen Parameter, welche die Dunkle Materie und die Dunkle Energie definieren, entziehen sich trotz jahrzehntelanger Forschung bisher jeder eindeutigen astronomischen Bestimmung. Die hier genannten Forschungsstudien verdeutlichen, dass im sphärischen Raum unserer Galaxis (*im Bereich einer Million Lichtjahre*) gigantische Massen an Wasserstoff vorhanden sind. Diese Plasmawolken erzeugen ausreichende Gravitation und bilden so das Gleichgewicht zu den hohen Rotationsgeschwindigkeiten im galaktischen Halo. Aus den aktuellen Mess-Ergebnissen der Weltraum-Teleskope kann daher gefolgert werden, dass für die Stabilität der Galaxien keine Dunkle Materie erforderlich ist.

Dipl.-Ing. Joachim Schmitz / Hildesheim / April 2018

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Themenheft

Galaktischer Halo hat fünffach mehr Masse als die Spiralscheibe

1.0 170 Milliarden Sonnenmasse – Spiralscheibe bis R 50.000 LJ

Gemäß einer Studie der ***Universität Bonn*** über den Sternhaufen Palomar 5 enthält die sichtbare Spiralscheibe der Milchstraße ca. 170 Milliarden Sonnenmasse bis Radius 50.000 Lichtjahre.
Die Bahnstudie wurde **2015** von Dr. Andreas Küpper unter der Regie von Prof. Dr. Pavel Kroupa als Doktorvater (Universität Bonn) und weiteren Forschern erstellt und trägt den Titel:
„Globular cluster streams as galactic high-precision scales – the poster child Palomar-5"

1.1 400 Milliarden Sonnenmasse – mit Halo bis R 200.000 LJ

Eine Studie des Heidelberger ***Max-Planck-Institut für Astronomie*** (MPI) beziffert die Masse der Milchstraße einschließlich Halo auf 400 Milliarden Sonnenmasse bis zum Radius 200.000 LJ.
„Die Milchstraße – gewogen und für leichter befunden", siehe Forschungsbericht MPI – 2010
Autoren: Xue, Xiang-Xiang; Rix, Hans-Walter; van den Bosch, Frank; Bell, Eric; Kang, Xi
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.

1.2 1000 Milliarden Sonnenmasse – mit Halo bis R 850.000 LJ

Laut einer Studie der astronomischen Fakultät der ***Universität von Arizona*** beträgt die Masse der Milchstraße einschließlich Halo ca. 1000 Milliarden Sonnenmasse bis zum Radius 850.000 LJ.
Titel: *Estimating the Mass of the Milky Way using the ensemble of classical Satellite Galaxies*
Department of Astronomy of University of Arizona / siehe arXiv: 1803.01878v1 5. März 2018
Die Forscher haben aus astronomischen Daten von zehn Zwerggalaxien die Masse der Milchstraße mit einer neuartigen Berechnungsmethode ermittelt. Sie berechneten dazu den Bahndrehimpuls der Zwerggalaxien.



2.0 Galaktischer Halo

Wenn die oben genannten Studien annähernd zutreffen, enthält der galaktische Halo die vielfache Masse der sichtbaren galaktischen Scheibe. Der galaktische Halo ist ein nahezu sternenloser, kugelförmiger Raum, der die Milchstraße umhüllt. In diesem Raum haben Astronomen Zwerg-Galaxien erforscht, welche die Milchstraße auf meist elliptischen Bahnen in großer Distanz umkreisen – ansonsten herrscht dort gnadenloses Vakuum.
Die Bezeichnung „Pseudo-Vakuum" ist treffender, denn ***der galaktische Halo enthält extrem dünn verteilten Wasserstoff***.
Es ist schwer vorstellbar, dass in diesem Pseudo-Vakuum ca. 830 Milliarden Sonnenmasse vorhanden sind. Erst 2012 gelang es Astronomen mit dem ***Röntgen-Teleskop Chandra***, den Halo-Bereich der Milchstraße genauer zu beobachten. Trotz der enormen Masse gestaltet sich die Beobachtung des Halos und die des intergalaktischen Mediums aufgrund der extrem niedrigen Teilchendichte sehr schwierig. Professor Dr. Dieter Breitschwerdt / TU Berlin definiert den Halo der Milchstraße innerhalb eines Radius von 300.000 Lichtjahren wie folgt: Zitat *„Die Dichte ist in der Nähe der Galaxie natürlich noch höher und liegt typischerweise bei rund **0,001 Teilchen pro Kubikzentimeter**. In einem Volumen von tausend Kubikzentimeter hat man also nur ein einziges Teilchen."*

Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Abb. MGD-3.3 Masse-Dichte-Diagramm

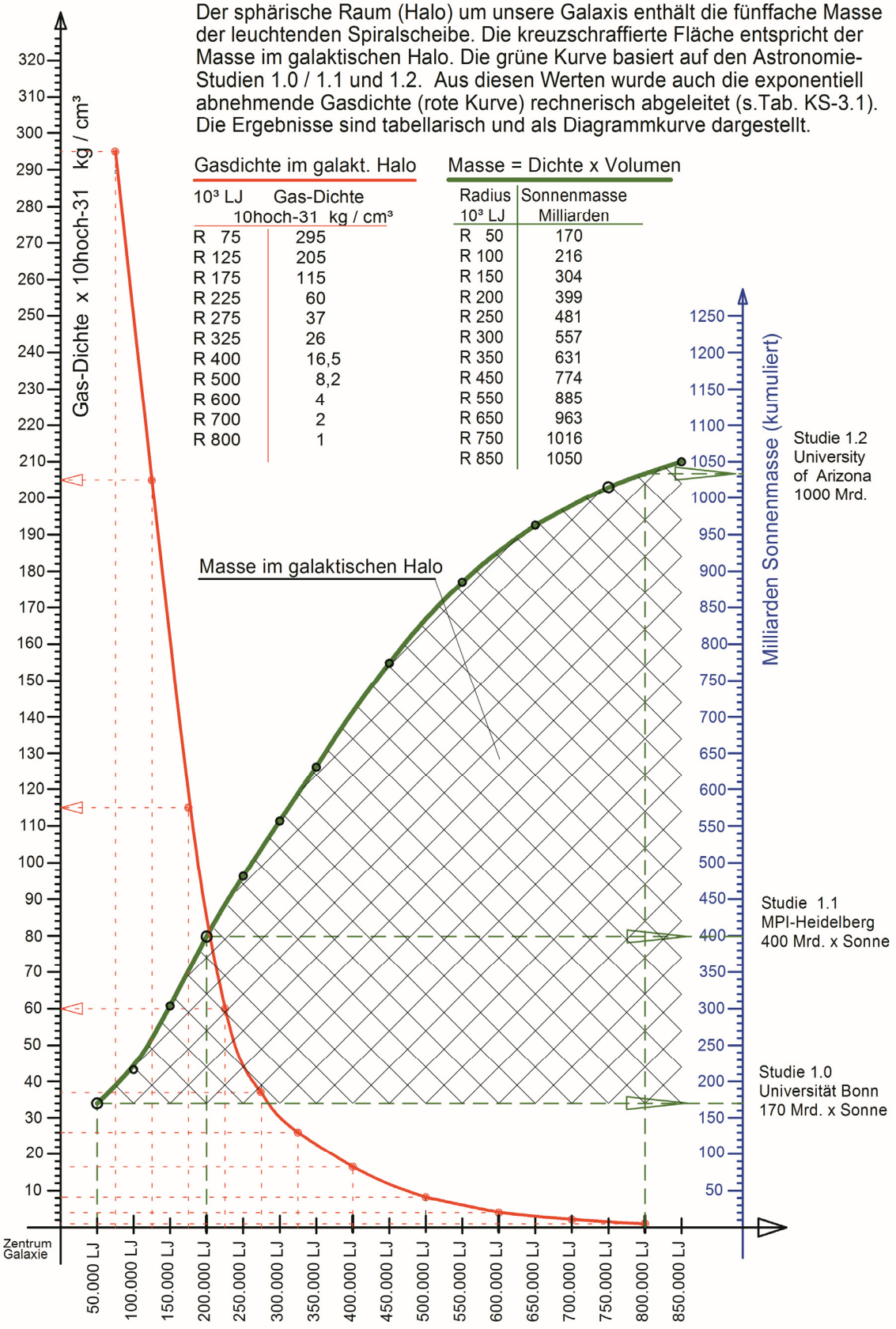
Der sphärische Raum (Halo) um unsere Galaxis enthält die fünffache Masse der leuchtenden Spiralscheibe. Die kreuzschraffierte Fläche entspricht der Masse im galaktischen Halo. Die grüne Kurve basiert auf den Astronomie-Studien 1.0 / 1.1 und 1.2. Aus diesen Werten wurde auch die exponentiell abnehmende Gasdichte (rote Kurve) rechnerisch abgeleitet (s.Tab. KS-3.1). Die Ergebnisse sind tabellarisch und als Diagrammkurve dargestellt.

Gasdichte im galakt. Halo

10^3 LJ	Gas-Dichte 10hoch-31 kg / cm³
R 75	295
R 125	205
R 175	115
R 225	60
R 275	37
R 325	26
R 400	16,5
R 500	8,2
R 600	4
R 700	2
R 800	1

Masse = Dichte x Volumen

Radius 10^3 LJ	Sonnenmasse Milliarden
R 50	170
R 100	216
R 150	304
R 200	399
R 250	481
R 300	557
R 350	631
R 450	774
R 550	885
R 650	963
R 750	1016
R 850	1050



Gemäß der astronomischen Studien 1.0 / 1.1 und 1.2 ist in dem galaktischen Pseudo-Vakuum die fünffache Masse der sichtbaren Spiralscheibe enthalten. Daraus errechnet sich eine Wasserstoff-Dichte *von* ***0,018 H-Atome pro cm³*** *bis* ***0,00006 H-Atome pro cm³****; 1 Wasserstoff-Atom =* ***1,6735 x 10 $^{-27}$ kg***

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anmerkungen

Die ***Astronomische Reise durch die Galaxie*** spannt einen Bogen über galaktische Distanzen bis in den Nano-Bereich (1 / 1.000.000.000) der Mikrowelt und Teilchenphysik. Die Signale aus dem Weltall, die unser Sonnensystem erreichen, sind „***Energiepakete***“ in Form von Photonen, Elektronen, Protonen und Neutronen. Astrophysik und Kernphysik stehen in Zusammenhang und sind zwei Seiten einer Medaille. Strahlenspektrum und elektromagnetische Wechselwirkung sind dem Laien nicht unbedingt verständlich, aber dem Physiker sind die Begriffe ebenso geläufig wie dem Mediziner die Blutbild-Analyse seines Patienten. Das Buch ist in der Form von Themenheften verfasst und gegliedert. Dem fachkundigen Leser bietet das den Vorteil, ganz gezielt Kapitel, die von besonderem Interesse sind, aufzugreifen. Die Kapitel beschreiben die Funktion, die Mission und die Arbeitsweise von Weltraum-Teleskopen.

Fast exotisch ist das Thema Dunkle Materie – aber seien sie versichert, es hat nichts zu tun mit „*dunklen Erinnerungen an die Physikstunde*“. Dunkle Materie heißt ins Englische übersetzt „missing mass“ und meint fehlende Masse. Diese fehlende Masse zählt wie die Dunkle Energie zu den ***großen Rätseln der Astrophysik.***

Betrachten wir mal die Zielsetzung der Ingenieurwissenschaft. Der Ingenieur benötigt physikalische Grundlagen zum Bau von Kraftwerken, Maschinen und Raketen. Mit den letzteren Geräten schießen die Astrophysiker dann ihre Teleskope ins All. Eine ***Rakete soll in die Luft fliegen***! Bei einem Kraftwerk ist das absolut unerwünscht bzw. eine Katastrophe! Die Aufgabe des Ingenieurs ist es, Maschinen, Flugzeuge und Brücken-Tragwerke zu realisieren. Seine Berechnungen müssen daher den Sicherheitsnachweis führen, und alles muss theoretisch und praktisch sattelfest sein.

Der Kosmologe hat eine andere Zielsetzung – er sucht nach theoretischen Lösungen, die noch nicht bekannt sind. Er schmiedet also keine Metalle, aber mitunter sehr abenteuerliche Ideen! Der Kern dieser Aussage ist folgender: Ein Forscher muss mitunter auch „***spinnerte Ideen***“ haben, um das Ziel zu erreichen. Die Physiker Isaac Newton, Niels Bohr, Max Planck, Albert Einstein etc. sind ein überzeugendes Beispiel dafür. Ihre kühnen Ideen haben ein neues Tor aufgestoßen!

Die physikalischen Gesetze sind die gemeinsamen Grundlagen für Ingenieure, Astrophysiker und Kosmologen. Das Buch beschreibt in kurzgefasster Form das kosmologische Standardmodell als quasi ***Manuskript der Schöpfungsgeschichte*** (siehe Themenheft VI), wobei aber auch dessen Defizite deutlich werden. Die Themenhefte verzichten bewusst auf weitere fantasievolle Theorien zur Dunklen Materie, sondern legen den Fokus auf den intergalaktischen, molekularen Wasserstoff, der überall im Universum vorhanden ist und den Baustoff zur Entstehung und Stabilität der Galaxien liefert. Die Galaxien spielen die Hauptrolle auf der kosmischen Bühne. Sie sind die Kronzeugen, die über das Tatgeschehen bei der Entwicklung des Universums Auskunft geben.

Spiralgalaxien verfügen über ***gewaltige Rotationsenergien***, deren Energiequelle nicht aus Super-Novae-Ereignissen oder Gravitationswellen hergeleitet werden können. Die Formgebung der Spiralstruktur und die Energiequelle für die galaktische Rotation sind im Themenheft V anhand der klassischen Physik geometrisch-mathematisch dargelegt und berechnet.

Die Kosmologen mögen mir verzeihen, wenn meine Wortwahl mitunter etwas überspitzt formuliert ist. Dennoch gilt mein Respekt allen Astrophysikern und Kosmologen, die über den Tellerrand schauen und theoretische *„Luftschlösser“* nicht zum Glaubensbekenntnis erklären. Ob es Dunkle Materie tatsächlich gibt, ist gegenwärtig noch völlig unbewiesen. Betrachtet man aber die Massen-Bilanzen und die genannten Studien, dann lautet das Ergebnis: Dunkle Materie ist für die Stabilität der Galaxien nicht erforderlich, weder für die Spiralscheibe noch für den sphärischen Raum, der sie umhüllt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.