

# Dunkle Seite des Universums

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **68 (2010)**

Heft 356

PDF erstellt am: **22.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

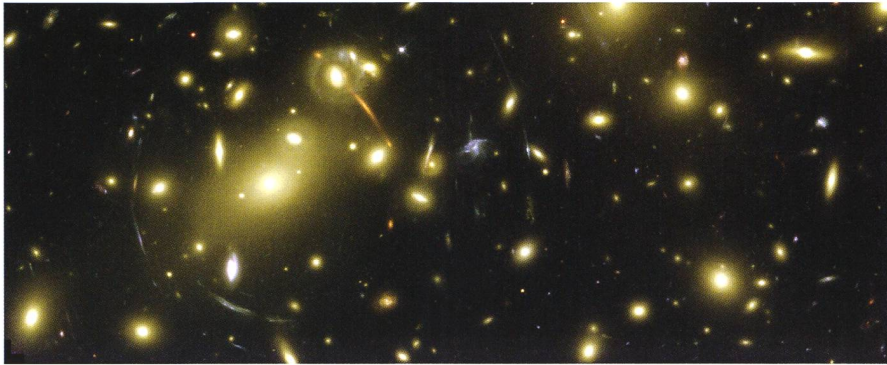
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Dunkle Seite des Universums



Im Dezember 1999 fotografierte das Hubble Weltraum Teleskop den Galaxienhaufen Abell 2218. Der Haufen hat ein so starkes Gravitationsfeld, dass der Raum in seinem Umfeld gekrümmt wird. (Bild: NASA)

In der Kosmologie handelt es sich bei der dunklen Materie um eine hypothetische Form von Materie, die nicht sichtbar, ihre Gravitationswechselwirkung mit der sichtbaren Materie jedoch messbar ist. Diese Wechselwirkung von dunkler Materie mit sichtbarer Materie (auch baryonische Materie genannt) wird in vielen astronomischen Erscheinungen beobachtet:

## Rotationsgeschwindigkeiten von Galaxien

Galaxien rotieren um ihr Zentrum. Die Geschwindigkeit der Rotation sollte nach Kepler (wie in unserem Planetensystem) bis in grosser Entfernung vom Zentrum etwa wie  $r^{0.5}$  abnehmen. Die Beobachtungen zeigen aber eine nach aussen hin konstante Geschwindigkeit, die Rotationskurve ist „flach“. Eine flach bleibende Rotationskurve kann man verstehen, wenn die Galaxis mehr Masse enthält, als im Rotationsmodell berücksichtigt wurde. Aber für zusätzliche Masse gibt es sonst keinen Hinweis! Das heisst, auch hier braucht man die dunkle Materie.

## Geschwindigkeiten von Galaxien in Galaxienhaufen

Die Gesamtmasse der Galaxien eines Galaxienhaufens kann aus den Bewegungen dieser Galaxien abgeleitet werden. Man verwendet den Virialsatz, der besagt, dass die Summe der kinetischen Energie der Objekte einer gravitativ gebundenen Gruppe gleich der Hälfte der potentiellen Energie des Systems sein muss. Die Anwendung des Virialsatzes auf Daten einiger Galaxienhaufen ergab einen Faktor 10-mal mehr Masse als man an Hand der sichtbaren Objekte erklären konnte.

## Gravitationslinsen

Gemäss allgemeiner Relativitätstheorie können sehr massereiche Objekte den Raum krümmen. So könne zum Beispiel Galaxienhaufen Licht so ablenken, dass ein Hintergrundobjekt sichtbar wird. Seit den 80er Jahren kennt man diese leuchtende Bögen in der Nähe von sehr massereichen Galaxien, welche 1987 als durch Gravitationslinsen erzeugte verzerrte Abbilder von Hintergrundgalaxien erkannt wurden. Aus diesen Bögen lässt sich die Gesamtmasse des Galaxienhaufens ableiten. Ebenfalls hier wir festgestellt, dass weitaus mehr Masse anwesend ist, als sichtbar ist.

## Temperaturverteilung von heissem Gas in Galaxien und Galaxienhaufen

Mit Röntgensatelliten wurde ausgedehnte Röntgenstrahlung aus Himmelsgebieten um Galaxienhaufen festgestellt. Gas, das Röntgenstrahlen emittiert, muss sehr heiss sein, im Bereich von zehn Millionen Grad. Da sol-

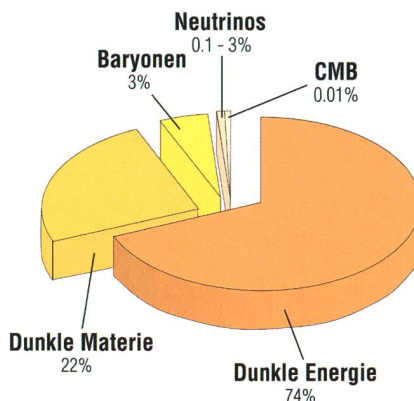
ches Gas dünn und sehr beweglich, andererseits in Galaxienhaufen gebunden ist, muss der Haufen eine sehr grosse Schwerkraft auf dieses Gas ausüben. Dies erlaubt eine Abschätzung der Gesamtmasse des Galaxienhaufens. An den sichtbaren Galaxien des Haufens sieht man aber soviel Masse nicht.

Um das «Problem» dieser dunklen Materie zu lösen, gibt es drei verschiedene Ansätze. Zum einen könnte die normale Materie das Problem lösen. Des Weiteren könnte es Teilchen geben, die man bis heute noch nicht entdeckt hat. Zuletzt gibt es auch einen Ansatz, der sagt, dass das Gravitationsgesetz von Einstein (Newton) nicht vollständig ist.

Man tendiert momentan auf die Lösung Nummer 2, denn um die dunkle Materie in normalen Objekten zu verstecken, sind die meisten Arten dieser Objekte nicht geeignet. Zudem hat das Gravitationsgesetz bis heute tausende von Experimente und Erscheinungen in der Natur perfekt theoretisch beschrieben. Daher sucht man heute nach Teilchen, die die dunkle Materie aufbauen. Ein guter Kandidat dafür sind die sogenannten WIMPs.

Nach dem Standardmodell der Kosmologie (Lambda-CDM-Modell) gibt es die folgende Zusammensetzung im Universum: Etwa 74 Prozent dunkle Energie, 22 Prozent dunkler Materie, rund 4 Prozent «gewöhnlicher Materie» (Baryonen), wobei Sterne gerademal 0.4 Prozent ausmachen.

Man muss klar zwischen der dunkler Energie und der zuvor besprochenen dunkler Materie unterscheiden. Die dunkle Energie wird gebraucht, um die gemessene Geometrie des Raumes mit der Gesamtmasse im Universum zu erklären. Messungen der Kosmischen Hintergrundstrahlung (CMB: Cosmic Microwave Background) mit dem Satelliten WMAP deuten darauf hin, dass das Universum fast „flach“ ist. Dafür muss die Masse/Energiedichte des Universums nahe eines gewissen kritischen Wertes sein. Die total gemessene Materie im Universum (also die baryonische und dunkle Materie), welche mit dem CMB bestimmt wurde, beträgt nur etwa 30 % der kritischen Dichte. Dies impliziert eine zusätzliche Form von Energie, welche die restlichen 70 % ausmacht. (tac)



Geschätzte Verteilung von dunkler Materie und dunkler Energie im Universum.