

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 68 (2010)  
**Heft:** 356

**Rubrik:** Dunkle Seite des Universums

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

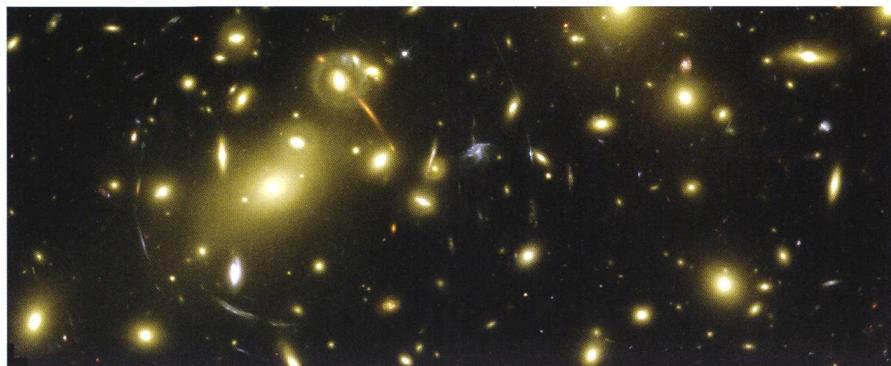
#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# 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

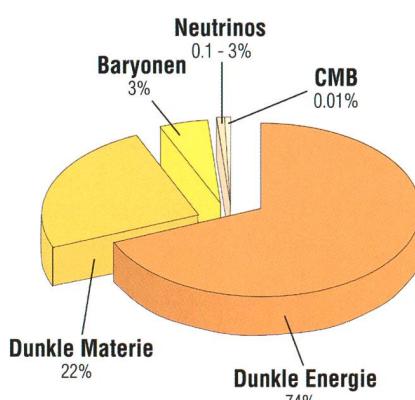
Die Gesamtmasse der Galaxien eines Galaxienhaufens kann aus den Bewegungen dieser Galaxien abgeleitet werden. Man verwendet den Virialsatz, der besagt, dass die Summe der kinetischen Energie der Objekte einer gravitativ gebundenen Gruppe gleich der Hälfte der potentiellen Energie des Systems sein muss. 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 wird 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-



Geschätzte Verteilung von dunkler Materie und dunkler Energie im Universum.

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 Experimenten 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 dunklen 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/Energie-Dichte 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)