

Dunkle Materie

Die Hinweise auf die Existenz Dunkler Materie, welche nicht über ihre elektromagnetische Strahlung nachgewiesen werden kann, sind sehr vielfältig (z.B. Rees 2003). Dazu gehören astronomische Beobachtungen wie die Bewegung von Galaxien innerhalb von Galaxienhaufen oder die Rotationskurven von Galaxien. Ohne eine zusätzliche Materiekomponente wären diese Strukturen über lange Zeiträume nicht stabil und würden auseinanderfallen. Auf kosmologischer Ebene wird Dunkle Materie benötigt, um das Ausmaß der beobachteten Anisotropien* der Kosmischen Hintergrundstrahlung erklären zu können. Aus dem gemessenen Spektrum schließt man, dass ein Großteil der Materie schwächer mit Licht wechselwirken muss, als dies die uns bekannte atomar aufgebaute Materie tut. Auch die Entstehung kosmischer Strukturen und Galaxien im Konkordanz-Modell kommt nicht ohne Dunkle Materie aus. Erst durch deren Einfluss ist es denkbar, dass sich die Materie genügend abkühlte, um Sterne und Galaxien zu formen. Ein vom zugrunde gelegten kosmologischen Modell praktisch unabhängiger Hinweis auf Dunkle Materie liefern Gravitationslinsen. Aufgrund der gemessenen Lichtablenkung an massiven astronomischen Objekten kann deren Masse bestimmt werden. Auch hier übersteigen die benötigten Materievorkommen den Beitrag der leuchtenden Materie.

Im Zusammenhang mit der Frage nach Neuer Physik ist es wichtig, zwischen baryonischer* und nicht-baryonischer Dunkler Materie zu unterscheiden. Baryonische Dunkle Materie besteht aus Protonen, Neutronen und Elektronen, welche hervorragend durch das Standardmodell der Teilchenphysik beschrieben werden. Im kosmologischen Standardmodell wird aus der primordialen Nukleosynthese* und der Kosmischen Hintergrundstrahlung abgeleitet, dass nur ein Sechstel der gesamten Materie baryonischer Natur sein kann (Komatsu 2009). Im Standardmodell der Teilchenphysik kommt als nicht-baryonische Dunkle Materie nur das Neutrino in Frage. Dieses kann allerdings keinen wesentlichen Beitrag ausmachen, da es nicht den gewünschten Einfluss auf die Strukturbildung hat (Komatsu 2009). Daraus folgt, dass die Dunkle Materie größtenteils aus einer bislang unbekanntem Materieform bestehen muss. Theorien, welche über das Standardmodell der Teilchenphysik herausgehen, beinhalten neue Elementarteilchen, aus welchen die Dunkle Materie aufgebaut sein könnten. Diese Teilchen tragen Namen wie Neutralinos, Gravitinos, Axionen oder Kaluza-Klein Teilchen (Steffen 2009). Zahlreiche Experimente versuchen, solche bislang unbekanntem Teilchen durch direkte oder indirekte Methoden nachzuweisen, doch konnten b

Baryonenasymmetrie

Die ungelösten Fragen im Zusammenhang mit der Entstehung der beobachteten Materie-Antimaterie Asymmetrie wurden bereits ausführlich in einem früheren Artikel besprochen (Trüb 2006). Das Problem besteht darin, dass nach derzeitigem Wissen alle stabile Materie in unserem Universum aus Protonen, Neutronen und Elektronen, nicht aber den entsprechenden Antiteilchen aufgebaut ist. Da bei den bekannten teilchenphysikalischen Prozessen bis auf winzige Abweichungen immer gleich viel Materie und Antimaterie entsteht, ist unklar, wie im kosmologischen Standardmodell die heute beobachtete Materiedominanz entstehen konnte.

Das Standardmodell der Teilchenphysik beinhaltet alle notwendigen Voraussetzungen, um die beobachtete Asymmetrie prinzipiell erklären zu können. Eine quantitative Analyse im Rahmen des

kosmologischen Standardmodells zeigt jedoch, dass die heute bekannten, extrem kleinen Unterschiede im Verhalten von Materie und Antimaterie nicht ausreichen, um das Ausmaß der Asymmetrie erzeugen zu können (Bernreuther 2002). Nach der Lektüre der letzten drei Abschnitte wird der vorgeschlagene Ausweg den Leser nicht weiter überraschen: Neue Physik! Auch die Theorien, welche Möglichkeiten zur Erklärung dieses Problems beinhalten, wurden bereits genannt: Supersymmetrie, Großvereinheitlichte Theorien, String-Theorie. All diese Theorien beinhalten das Potential, das Problem der Baryonenasymmetrie lösen zu können. Doch erst wenn klar werden wird, welche Erweiterung des Standardmodells der Natur entspricht und deren freie Parameter bestimmt sind, kann definitiv gesagt werden, ob die entsprechende Theorie auch in der Lage ist, die beobachtete Materiedominanz innerhalb des kosmologischen Standardmodells quantitativ erklären zu können.