

Das beschleunigte Universum

BRUNO LEIBUNDGUT | MATTHIAS BARTELMANN

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zum Artikel über den Nobelpreis für Physik 2011 in *Physik in unserer Zeit*, 42. Jahrgang 2011, Nr. 6.

Abbildung 1 zeigt die originalen Daten des von Saul Perlmutter geführten Supernova Cosmology Projects und des von Brian Schmidt und Adam Riess geleiteten High-z Supernova Search Teams.

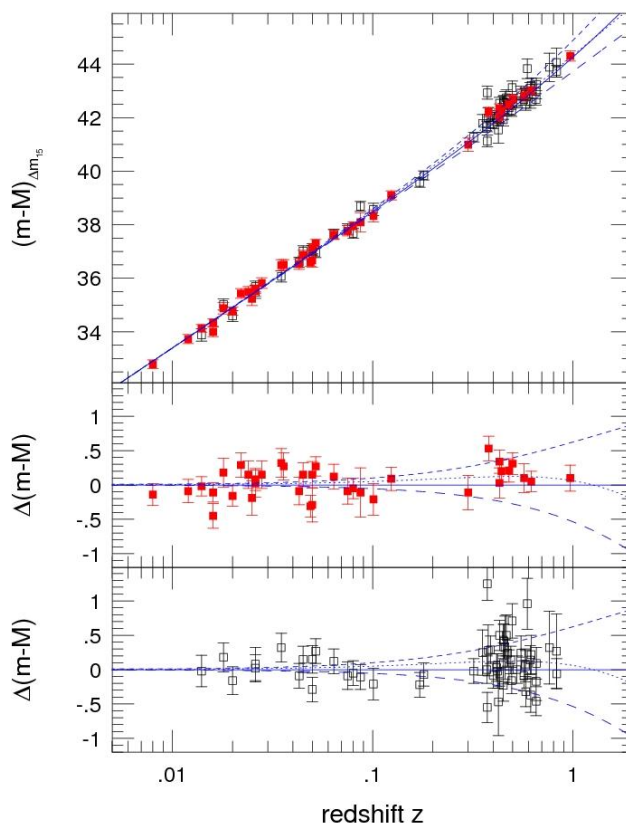


Abb. 1 Die originalen Supernova-Hubble-Diagramme von 1999 von Riess et al. (rote Punkte) und Perlmutter et al. (schwarze Punkte). Die Entfernung (Ordinate) ist als sogenanntes Entfernungsmodul aufgetragen. Das ist die Differenz zwischen logarithmischen Maßen der scheinbaren Helligkeit m und der absoluten Helligkeit M . Die Abszisse zeigt die Rotverschiebung z . Das mittlere und untere Diagramm zeigt jeweils die individuellen Daten der beiden Teams relativ zu einem leeren Universum (durchgezogene Linie), einem materiedominierten Universum (lang gestrichelte Linie), einem Universum vollständig dominiert von der Kosmologischen Konstante (kurz gestrichelte Linie) und dem Konkordanz-Universum mit 25 % Dunkler Materie, 5 % baryonischer Materie und 70 % Dunkler Energie (aus B. Leibundgut, *Ann. Rev. Astro. Astroph.*, 2001, 39, 67).

Das beschleunigt expandierende Universum ist inzwischen eindrücklich bestätigt worden, Das Hubble-Diagramm in Abbildung 2 mit über 550 Supernovae vom Typ Ia zeigt den heutigen Stand der Forschung. Der beste Fit entspricht einem Beitrag der Dunklen Energie von 75 % in einem flachen Universum.

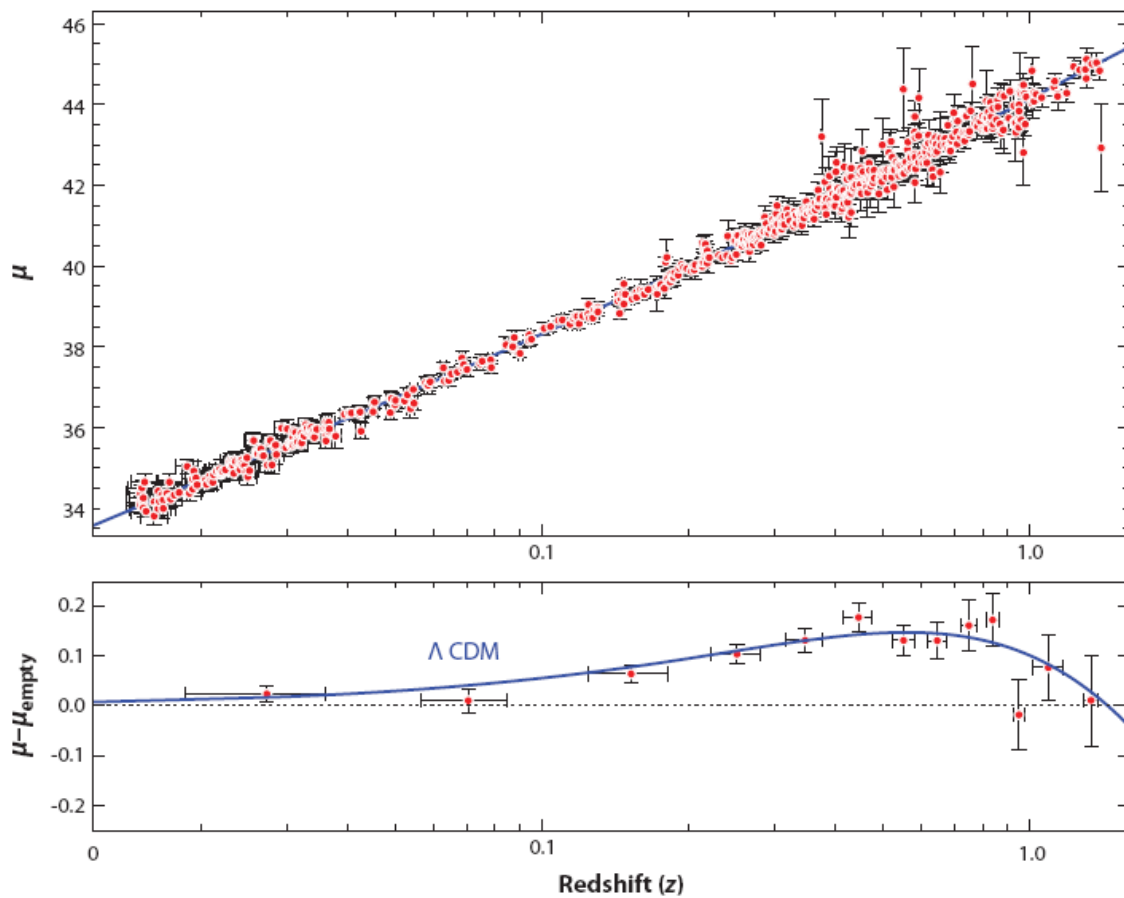


Abb. 2 Hubble-Diagramm von 2011 aus Goobar und Leibundgut mit 557 Supernovae (*Ann. Rev. Nucl. Part. Sci.*, 2011 61, 251; mit Erlaubnis des Annual Review of Nuclear and Particle Science, (c) 2011 Annual Reviews, www.annualreviews.org).

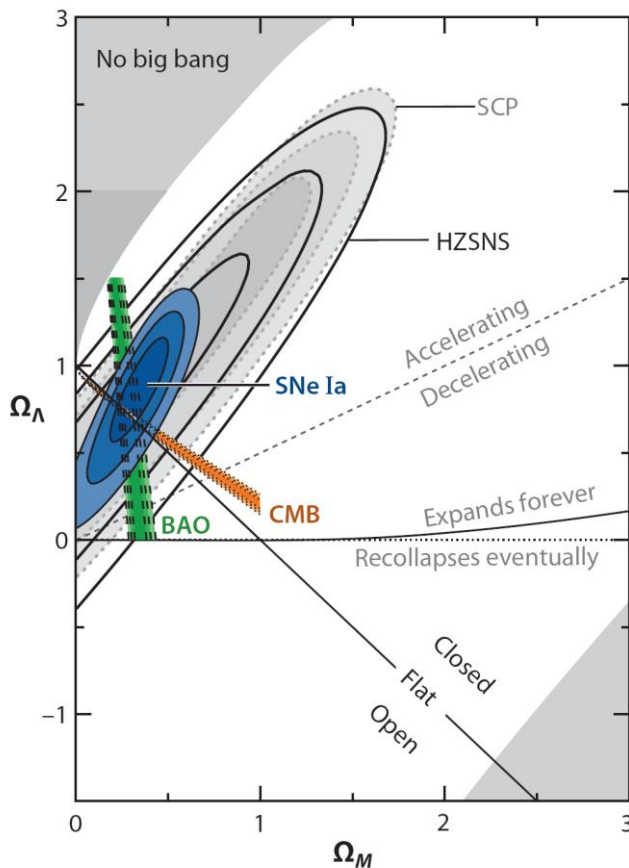


Abb. 3 Drei Methoden führen in der Schnittmenge ihrer Ergebnisse auf einen Anteil der Dunklen Materie von 75 % ($\Omega_\Lambda=0,75$) : SNe Ia: Supernovae Typ Ia, CMB: Kosmische Hintergrundstrahlung, BAO: Größen-spektrum akustischer Oszillationen im Urgas (aus: Goobar und Leibundgut 2011). Das Diagramm verdeutlicht eindrücklich den Fortschritt der Supernova Kosmologie in der letzten Dekade.

Das Weltmodell ergibt sich aus der mittleren Materie- beziehungsweise Energiedichte im Universum [wenn man damit ein spezielles Modell aus der Klasse der Friedmann-Modelle auswählt]. Derzeit deuten unterschiedliche Beobachtungsergebnisse auf einen Beitrag der Dunklen Energie von 75 % hin, während die restlichen 25 % die Dunkle Materie (20 %) und die „normale“ baryonische Materie (5 %) ausmachen (Abbildung 3).