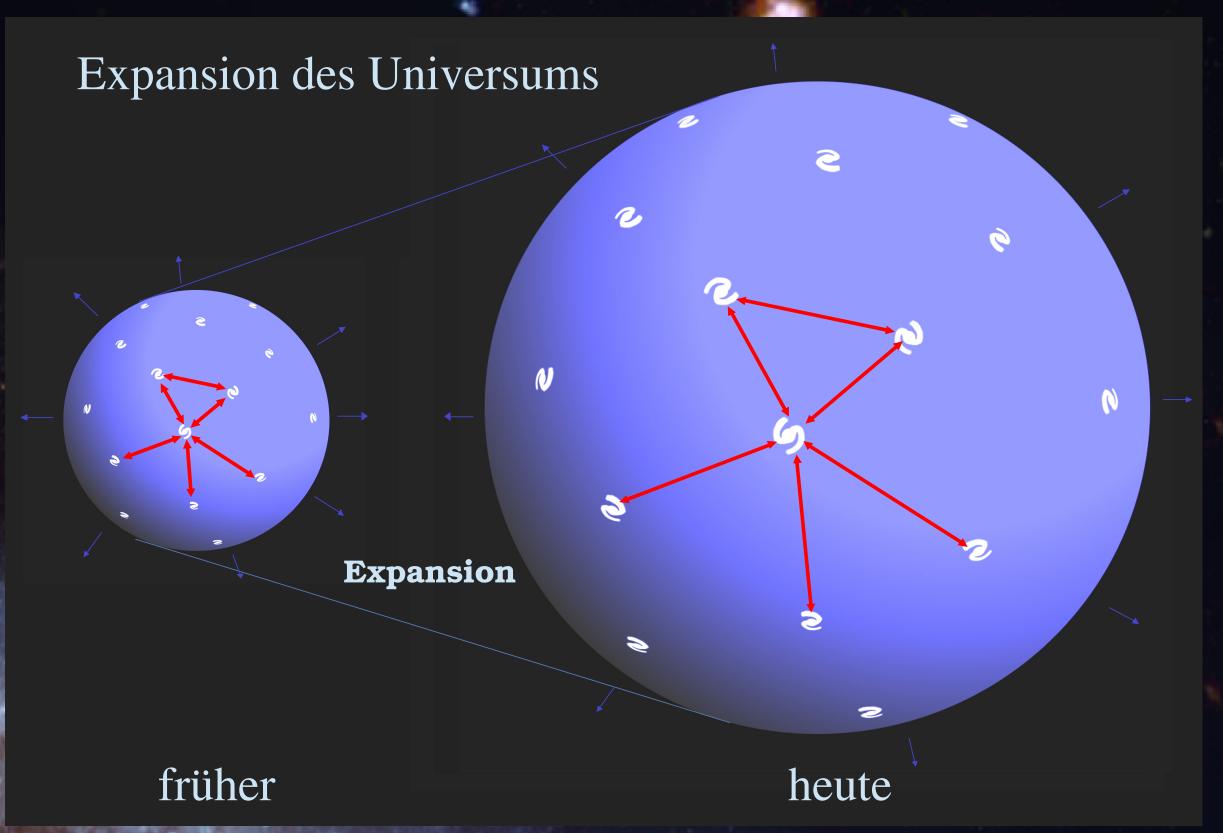
Der Physik Nobelpreis 2011

Der Nobelpreis für Physik 2011 geht an die US-Amerikaner Saul Perlmutter und Adam Riess und an den Australier Brian Schmidt für ihre Messungen an Supernovae vom Typ 1a und die Entdeckung, dass sich das Universum beschleunigt ausdehnt.

und Expansion

Mit dem Urknall vor 13,7 Mrd. Jahren sind Raum und Zeit entstanden. Der Urknall stellt dabei eine Explosion bei gewaltiger Temperatur dar, mit der die Ausdehnung des Raums aus einem winzigen Punkt begann und bis heute anhält. Der Urknall ist keine Explosion im Raum, sondern eine Explosion des Raumes selbst. Wird der Raum gedanklich um eine Dimension reduziert, kann der Vorgang mit der Expansion eines Ballons veranschaulicht werden, dessen wachsende Oberfläche der Ausdehnung des Raumes entspricht. Die Galaxien, die sich in diesem Modell auf der Ballonhaut befinden, werden von der Expansion auseinander-

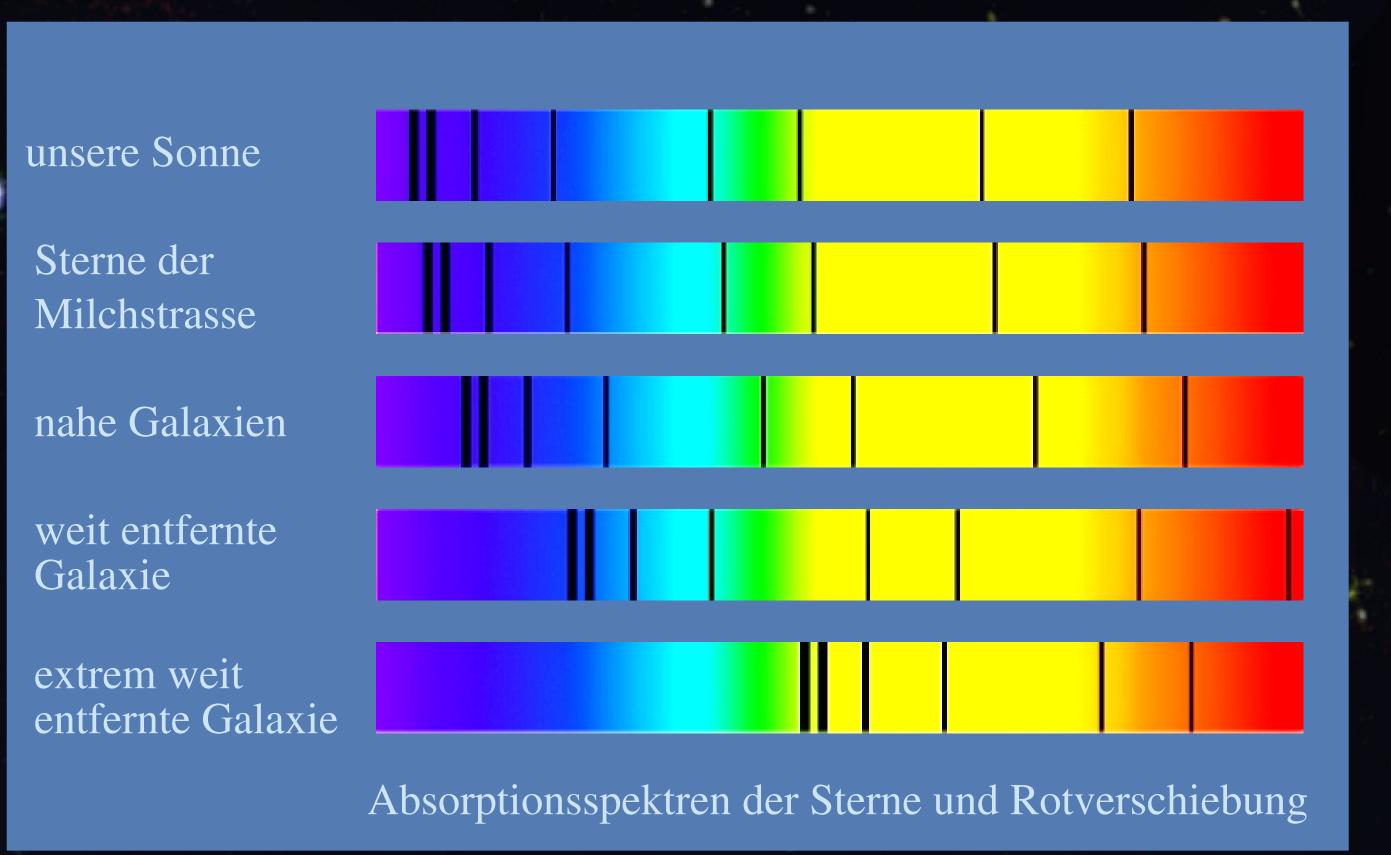
getragen, wenn der Ballon aufgeblasen wird. Zieht man Verbindungslinien zwischen den Galaxien, die ihren Entfernungen entsprechen, beobachtet man, dass sich alle Galaxien von einander fort bewegen, solange der Ballon aufgeblasen wird. Je größer der Abstand der Galaxien auf der Ballonhaut ist, desto schneller bewegen sie sich dabei von einander fort. Dieser Vorgang wurde bereits 1929 von Edwin Hubble durch Beobachtungen am Mt. Wilson Observatorium (USA) bestätigt und ist heute als Hubble Gesetz bekannt. Je weiter die Galaxien von von uns weg sind, desto schneller bewegen sie sich



von uns fort. Diese Tatsache hat ihre Ursache in der Expansion des Raumes und nicht in der Eigenbewegung der Galaxien.

otverschiebung und Geschwindigkeit

Die Sterne der Galaxien strahlen Licht mit charakteristischen Linien (Spektrallinien) aus. Diese Linien sind die Signatur der chemischen Elemente in den Sternen dieser Galaxien, ihre Position im Spektrum wird von den Elementen festgelegt und ist überall im Universum gleich.



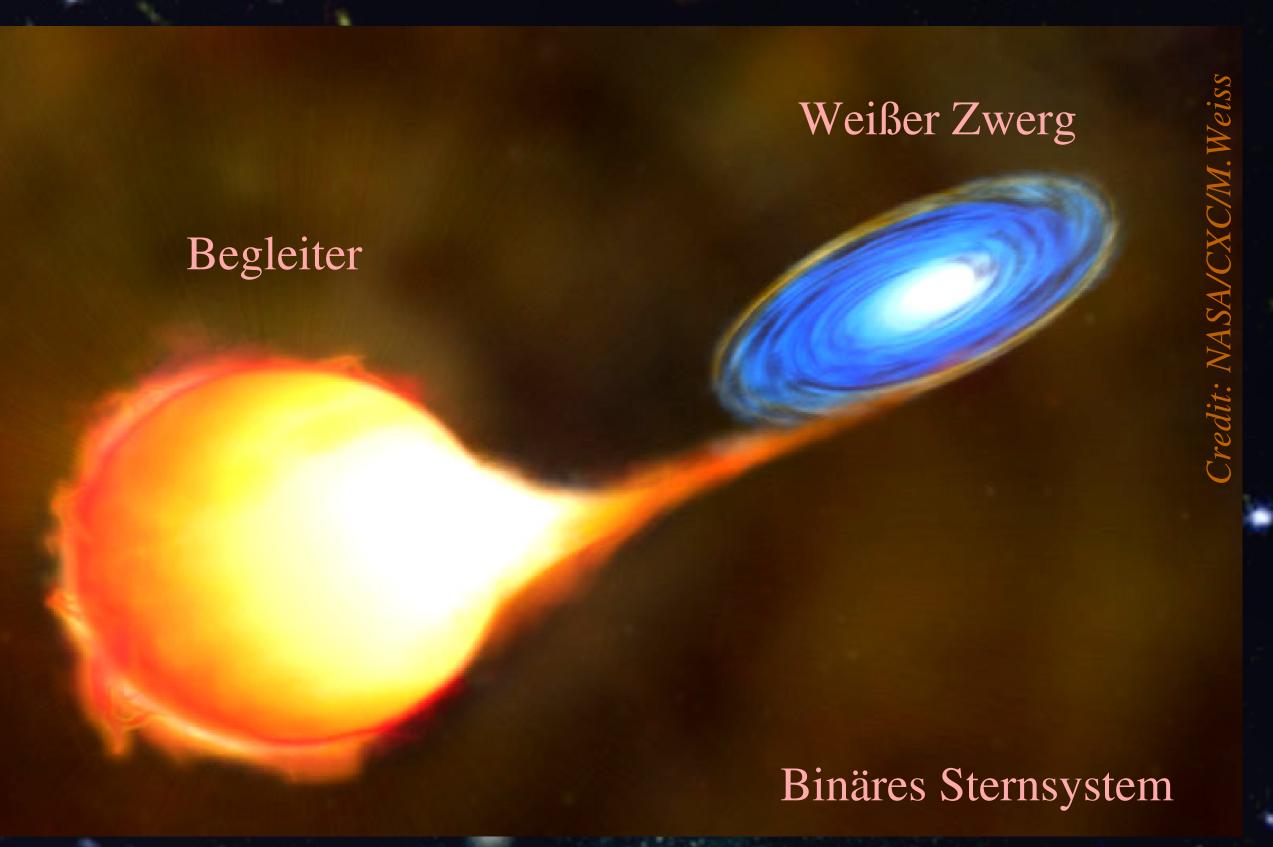
Die Geschwindigkeit der Expansion des Universums läßt sich an der sogenannten Rotverschiebung der Spektrallinien ablesen. Aufgrund der Expansion des Raumes werden die Lichtwellen der Sterne weit entfernter Galaxien gedehnt, was einer Verschiebung ins Rote des Spektrums entspricht. Je weiter die Galaxien von der Erde entfernt sind, desto stärker ist ihr Licht spektral verschoben und desto größer die Geschwindigkeit, mit der sie sich von uns entfernen. Die Abbildung links illustriert die Rotverschiebung von Absorp-

tionslinien in Abhängigkeit von der Entfernung zur Erde. Die Verwendung der Rotverschiebung von Spektrallinien von weit entfernten Supernovaexplosionen ermöglichte den Gruppen um Saul Perlmutter, Brian Schmidt und Adam Riess die Expansionsgeschwindigkeit des Universums bei sehr großen Entfernungen von Milliarden von Lichtjahren zu vermessen und die gesuchten Supernovae vom Typ 1a zu indentifizieren.

und Entfernungen

Eine Supernova 1a ist ein bestimmter Typ von Sternenexplosion, der die Eigenschaft hat, dass er an allen Orten im Universum gleich abläuft. Dies bedeutet, die absolute Helligkeit der Supernovae 1a ist überall im Universum gleich und kann von Astronomen deshalb als sogenannte Standardkerze verwendet werden. Weil die tatsächliche Leuchtkraft dieser Supernovae also genau bekannt ist, kann aus der scheinbaren, beobachteten Helligkeit die Entfernung der Supernovae von der Erde exakt bestimmt werden. Mit Hilfe solcher Standardkerzen lassen sich dann auch die Entfernungen zu den Galaxien dieser Supernovae bestimmen.

Supernovae vom Typ 1a entstehen nur in einem System aus zwei Sonnen, die um ihren gemeinsamen Schwerpunkt kreisen und wenn einer dieser Sterne sein Leben als sog. Weißer Zwerg (Masse < 1,4 Sonnenmassen) beendet hat. Ein Weißer Zwerg ist die Leiche eines Sterns, der seinen nuklearen Energievorrat verbraucht hat und unter dem Druck der eigenen Schwerkraft auf Planetengröße geschrumpft ist. Der Weiße Zwerg erlischt langsam, da sein Schweredruck nicht ausreicht um die Fusion schwererer Elemente zu zünden. In einem Doppelsternsystem kann dieser



Weiße Zwerg jedoch durch Gravitation Sternenmaterie von seinem Begleiter abziehen, wodurch seine eigene Masse langsam anwächst. Ab einer durch Naturkonstanten genau festgelegten Masse zündet in ihm die Kohlenstofffusion und der Stern wird in einer gewaltigen Supernovaexplosion zerrissen. Seine Leuchtkraft erreicht für wenige Tage das Milliardenfache des Ursprünglichen, er kann dabei die Helligkeit seiner

Heimatgalaxie überstrahlen.

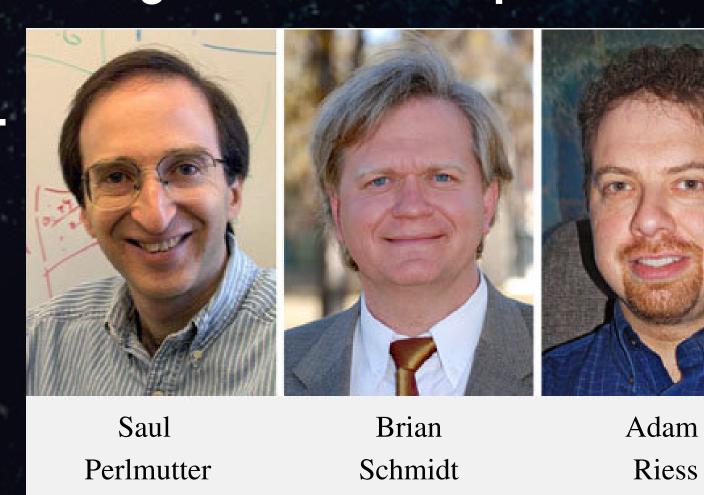
eschleunigung und dunkle Energie

Eigentlich waren die Teams um Saul Perlmutter, Brian Schmidt und Adam Riess angetreten um heraus zu finden mit welcher Rate die Expansion des Universums abnimmt. Das Standardmodell der Kosmologie der 90'er Jahre hatte vorausgesagt, dass die gravitative Anziehungskraft zwischen der Materie im Universum, die vom Urknall ausgelöste Expansion des Raumes abbremsen würde. Die Supernova-Teams versuchten diese Abbremsung mit Hilfe der Supernova 1a Standardkerzen zu messen. Sie fanden heraus, dass das Gegenteil der Fall ist, die Expansion des Universums bremst nicht ab, sondern beschleunigt sich. Dieses Ergebnis überraschte nicht nur die Supernovajäger selbst, die gesamte Physik ist dadurch in Erklärungsnot geraten. Das Ergebnis zeigt, dass eine Kraft im Universum existiert, die den Raum auseinander treibt. Die Physik hat inzwischen Namen für diese Kraft gefunden (dunkle Energie, kosmologische Konstante, Quintessenz), aber noch keine befriedigende Erklärung für ihre Ursache. Möglicherweise handelt es sich um eine Eigenschaft des Vakuums, oder das Gravitationsgesetz verhält sich auf kosmologischen Längenskalen anders als es Einsteins allgemeine Relativitätstheorie vorhersagt. Messungen der kosmischen Hintergrundstrahlung geben Hinweise auf die Energieverteilung im Universum. Demnach existieren neben der sichtbaren, sogenannten baryonischen Materie mit nur ca. 5% Anteil am Universum, noch etwa 23% unsichtbare dunkle Materie, die seit den 70'er Jahren vorausgesagt und von Laboratorien in aller Welt fieberhaft gesucht wird, und nun auch noch die dunkle Energie, die etwa 72% des Universums ausmacht und für die die Physik bisher keine befriedigende Erklärung hat. Das Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen (IAAT) ist an einem Satellitenexperiment (eROSITA) beteiligt, das die mysteriöse dunkle Energie aufspüren soll.

Vobelpreis für Physik 2011

Zwei unabhängige Teams untersuchten bis 1998 die Expansionsgeschwindigkeit des Universums anhand von Supernova 1a Aufnahmen von fernen Galaxien. Hierzu wurden mit den größten Teleskopen der Welt

über Jahre Aufnahmen des Nachthimmels angefertigt und auf Supernovae 1a hin untersucht. Um die Supernovae vom Typ 1a von anderen Supernovae zu unterscheiden, wurden die Spektren der Aufnahmen ausgewertet. Nur eindeutige Supernovae vom Typ 1a wurden in die Untersuchung einbezogen. Das Ergebnis beider Teams zeigt, dass die Supernovae 1a der entferntesten Galaxien, gemessen an ihrer Rotverschiebung, zu dunkel sind, oder umgekehrt ausgedrückt,



sie sind für ihre geringe Helligkeit zu wenig rotverschoben, entfernen sich also zu langsam. Im Vergleich dazu passt die gemessene Helligkeit von relativ nahen Supernovae 1a mit ihrer Rotverschiebung gut zusammen. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass sich das Universum auf der Größenskala der am weitesten entfernten Galaxien langsamer ausdehnt, als in unserer unmittelbaren Nachbarschaft. Mit anderen Worten, das Universum hat seine Expansionsgeschwindigkeit seit damals beschleunigt! Für dieses verblüffende und von der Fachwelt gänzlich unerwartete Ergebnis erhalten nun die Leiter der beiden Teams, Saul Perlmutter (USA), Brian Schmidt (USA und Australien), und Adam Riess (USA) den Nobelpreis für Physik des Jahres 2011.