

Meilensteine der allgemeinen Relativitätstheorie

1905 In seinem *Annus mirabilis* veröffentlicht Einstein die spezielle Relativitätstheorie, zusammen mit der Theorie des lichtelektrischen Effekts und der brownischen Molekularbewegung.

1907 Einstein beginnt seine Suche nach einer relativistischen Theorie der Gravitation.

1915 Einstein veröffentlicht die allgemeine Relativitätstheorie.

1916 Der Astronom Karl Schwarzschild (1873 bis 1916) publiziert die erste exakte Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen, die später grundlegend für die Beschreibung von schwarzen Löchern werden wird.

1917 Einstein wendet seine Theorie erstmals auf das Universum als Ganzes an und begründet damit die relativistische Kosmologie. Um ein statisches Universum zu erhalten, führt er die sogenannte kosmologische Konstante in seine Theorie ein.

1919 Eine von dem Astronomen Arthur Eddington (1882 bis 1944) geleitete Sonnenfinsternisexpedition bestätigt die von Einstein vorhergesagte Krümmung des Lichts im Schwerfeld der Sonne und macht Einstein damit weltberühmt.

1927 Der belgische Astronom und Pfarrer Georges Lemaître (1894 bis 1966) findet nicht-statische kosmologische Lösungen der Einstein-Gleichungen (ohne kosmologische Konstante), die ein expandierendes Universum beschreiben. Mit ihrer Hilfe leitet er das - noch nicht experimentell nachgewiesene- Hubble-Gesetz theoretisch her.

1929 Der amerikanische Astronom Edwin Hubble (1889 bis 1953) entdeckt das empirische Gesetz, nach dem sich extragalaktische Objekte von der Erde wegbewegen. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit, die proportional ist zu ihrer Entfernung von der Erde. Das Hubble-Gesetz wird als erster experimenteller Beweis für die Ausdehnung des Universums gesehen.

1930 Der belgische Physiker Leon Rosenfeld (1904 bis 1974) versucht als Erster, die zwischen 1925 und 1927 entwickelte Quantenmechanik mit der allgemeinen Relativitätstheorie zu verbinden – ein Projekt, das bis heute noch nicht abgeschlossen ist.

1955 Aus Anlass des 50-jährigen Jubiläums der speziellen Relativitätstheorie findet in Bern ein Kongress statt, bei dem sich zum ersten Mal eine Gemeinschaft von „Relativisten“ versammelt. Einstein hatte vor, die Konferenz zu besuchen, stirbt jedoch im Frühjahr 1955.

1957 Mit einer Konferenz in Chapel Hill, US-Bundesstaat North Carolina, beginnt eine Reihe von großen internationalen Konferenzen zur allgemeinen Relativitätstheorie, die bis heute fortbesteht.

1960 Der amerikanische Physiker Joseph Weber (1919 bis 2000) gibt an, erstmals

von der allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagte Gravitationswellen nachgewiesen zu haben. Seine Ergebnisse lassen sich jedoch nicht reproduzieren, die Suche nach Gravitationswellen dauert bis heute an.

1963 Nachweis von sehr weit entfernten und sehr stark strahlenden astronomischen Objekten, den sogenannten Quasaren. Diese werden schnell mit schwarzen Löchern identifiziert und sind somit die ersten Himmelskörper, die nur mithilfe der allgemeinen Relativitätstheorie beschrieben werden können. Das „First Texas Symposium on Gravitational Astrophysics“ im Dezember des Jahres gilt als Geburtsstunde der relativistischen Astrophysik.

1965 Die amerikanischen Astronomen Arno Penzias (geb. 1933) und Robert Wilson (geb. 1936) entdecken die kosmische Hintergrundstrahlung. Diese Strahlung wird schnell als ein „Nachglühen des Urknalls“ interpretiert – und damit als Beweis, dass das Universum einen Anfang in der Zeit hat und nicht schon seit ewigen Zeiten expandiert, wie es die sogenannte Steady-State-Theorie behauptete.

1974 Die amerikanischen Astronomen Russell Hulse (geb. 1950) und Joseph Taylor (geb. 1941) entdecken ein Doppelstern-System, dessen Energieverlust nur durch die Ausstrahlung von Gravitationswellen erklärt werden kann. Ein direkter Nachweis dieser Gravitationswellen auf der Erde steht aber weiter aus.

1974 Die String-Theorie, ursprünglich als Theorie der Kernkräfte entwickelt, wird erstmals als eine mögliche Vereinheitlichung von allgemeiner Relativitätstheorie und Quantentheorie vorgeschlagen.

1974 Der britische Physiker Stephen Hawking (geb. 1942) sagt voraus, dass in einer Quantentheorie der Gravitation schwarze Löcher sogenannte Hawking-Strahlung aussenden.

1998 Die Beobachtung weit entfernter Supernovae führt zu der Erkenntnis, dass die Ausdehnung des Universums sich immer weiter beschleunigt. Dies lässt sich im Rahmen der allgemeinen Relativitätstheorie nur durch die Wiedereinführung einer modifizierten kosmologischen Konstante, der dunklen Energie, erklären.

2000 Das Global Positioning System (GPS) wird zur zivilen Nutzung freigegeben. Für die präzise Positionsbestimmung ist die von der allgemeinen Relativitätstheorie beschriebene Verlangsamung von Uhren im Gravitationsfeld der Erde essenziell.

2002 Nachweis eines schwarzen Lochs im Zentrum unserer Galaxis, der Milchstraße.

Kontakt: Dr. Alexander Blum, Max Planck Institute for the History of Science, ablum@mpiwg-berlin.mpg.de