

Gravitationslinsen

Die Allgemeine Relativitätstheorie sagt voraus, dass Massen Licht ablenken. Das bedeutet, dass unsere Vorstellung, Photonen würden sich im Vakuum immer geradeaus bewegen, nicht stimmt. Ihre Bahnen, die Lichtstrahlen, sind in Wahrheit gebogen. Die Photonen folgen gewissermaßen der Krümmung des Raumes. Effekte dieser Art machen sich aber erst bemerkbar, wenn es um sehr schwere Objekte geht, wie z. B. um unsere Sonne.

Überprüfen kann man das nur bei einer Sonnenfinsternis, wenn sich der Mond zwischen Erde und Sonne schiebt und den Himmel abdunkelt, sodass die Sterne in unmittelbarer Sonnennähe sichtbar werden. Die Theorie sagt voraus, dass die beobachtete Position eines Sterns in der Nähe des Sonnenrandes eine kleine Änderung erfährt. Diese Abweichung kommt dadurch zustande, dass der Lichtstrahl gewissermaßen geknickt wird. Der Ort, an dem man den Stern von der Erde aus vermutet, ist nur sein scheinbarer, aber nicht sein tatsächlicher. Diese experimentelle Bestätigung der Lichtablenkung erfolgte im Jahre 1919. Sie brachte die Anerkennung der Allgemeinen Relativitätstheorie und bildete Einsteins größten Triumph.

Einsteins Theorie sagt aber auch Lichtablenkungen durch noch größere Himmelskörper voraus, nämlich durch Galaxien und Galaxienhaufen.

Diese Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble zeigt einen Galaxienhaufen, der ca. 2 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Auffällig daran sind mehrere helle, nahezu ringförmig angeordnete Streifen. Tatsächlich handelt es sich dabei um mehrere Abbilder einer einzigen Galaxie, die weit hinter dem Galaxienhaufen liegt, der sich in der Sichtlinie zur Erde befindet. Der Haufen wirkt wie eine Gravitationslinse. Er lenkt das Licht ab und verzerrt so das Abbild der Galaxie.

Die Form solcher Gravitationslinsen, also die Verteilung der Himmelskörper im Raum, bestimmt die Art der Verzerrung des Bildes.

Ein elliptischer Galaxienhaufen beispielsweise kann eine dahinter liegende Galaxie mehrfach abbilden und kreuzförmig anordnen. Je nachdem, wie symmetrisch seine elliptische Form ist, und wie exakt er in der Sichtlinie zur Erde liegt, entstehen bis zu vier Abbildungen. Eine solche Formation nennt man ein Einstein-Kreuz.

Kugelförmig angeordnete Himmelskörper erzeugen einen Lichtring, den so genannten Einstein-Ring.

Ist die ablenkende Masse ungeordnet verteilt, entsteht kein exakter Ring, sondern nur eine annähernd ringförmige Anordnung mit verschiedenen Abbildungen desselben Objekts.

Aufgrund der Form des Abbildes kann man also auf die Form der Gravitationslinse schließen. Es ist sogar möglich, ihre Masse zu berechnen, also wie schwer sie ist. Das ist von Bedeutung, weil auf diese Weise auch auf dunkle Materie geschlossen werden kann, also auf jene Materie, die nicht leuchtet und für uns eigentlich unsichtbar ist.

Da die verschiedenen Wege der Lichtstrahlen bis zur Erde unterschiedlich lang sein können, ist es möglich, dass die mehrfachen Abbildungen das Objekt zu verschiedenen Zeiten zeigen. Der Zeitunterschied kann mehr als ein Jahr betragen.

Diese Aufnahme zeigt eine Galaxie vom Rande des Universums, etwa 12 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt. Ihr Bild ist verzerrt, weil das Licht aus einer solch riesigen Entfernung zu uns kommt, dass es bereits einen großen Teil des Universums durchquert hat. Es ist an vielen größeren und kleineren, sichtbaren und unsichtbaren Objekten abgelenkt worden. In den Teleskopen auf der Erde eingefangen, gibt es den Astronomen wichtige Hinweise auf die Verteilung der Materie im Kosmos.