

Gravitationskollaps

„Materie krümmt die Raumzeit“ ist die zentrale Aussage der Allgemeinen Relativitätstheorie. Die Krümmung lässt sich beobachten, wenn bei einer Sonnenfinsternis die Position eines Sterns nahe dem Sonnenrand verschoben ist. Sein Lichtstrahl windet sich um die Sonne, sodass sich von der Erde aus eine scheinbare Position am Himmel ergibt, die von seiner tatsächlichen Position abweicht.

Diese Beugung des Lichts lässt sich theoretisch erklären. Dazu stellt man in einem Raumzeitdiagramm die Sonne als Weltröhre dar. Für die Weltlinie des Lichts bedient man sich der Lichtkegel, die im Raumzeit-Diagramm verteilt sind. Jene Lichtkegel, die sich in der Nähe des Sterns befinden, sind gekippt. Wandert nun die Weltlinie des Photons die Lichtkegel entlang, ergibt sich eine gekrümmte Linie. Projiziert man diese in den Raum, offenbart sich der gebogene Lichtstrahl. Die theoretische Erklärung der Relativitätstheorie kommt also zum gleichen Ergebnis wie die praktische Beobachtung bei einer Sonnenfinsternis. Das führt zu weiteren verblüffenden Vorhersagen.

Geht man davon aus, dass die Kegel umso mehr kippen, je näher sie sich bei einer Masse befinden und je größer diese Masse ist, folgt logisch, dass auch die Weltlinie eines Photons sich immer mehr krümmt. Und irgendwann ist ein Punkt erreicht, an dem sie sich endgültig zum Stern hin neigt.

Nun wird nicht nur die Weltlinie des Lichts durch die gekippten Lichtkegel bestimmt, auch die Weltlinien der Materie folgen der Ausrichtung der Lichtkegel.

Die Weltlinien von Atomen z. B., aus denen sich der Stern zusammensetzt, stehen senkrecht, weil sie sich nicht bewegen. Sie können senkrecht stehen, solange sie sich innerhalb der Lichtkegel befinden. Dieser Zustand bleibt stabil, wenn der Brennprozess im Inneren des Sterns einen Gasdruck erzeugt, der der Gravitation entgegen wirkt und die Atome nach außen drückt. Irgendwann, nach vielen Millionen Jahren, ist der Brennstoff des Sterns allerdings verbraucht und der Gasdruck lässt nach.

Das Material beginnt nach innen zu rutschen. Je weiter die Atome ins Zentrum gelangen, umso stärker sind die Lichtkegel, auf die sie treffen, gekippt. Die Weltlinien der Atome beugen sich damit immer mehr Richtung Zentrum, weil sie immer innerhalb der Lichtkegel bleiben müssen. Die Lichtkegel kippen schließlich so stark, dass ihre Seitenkanten aufrecht stehen. Damit bilden sie eine Grenze, den so genannten Ereignishorizont. Alle Weltlinien sind nun nur mehr nach innen gerichtet. Der Stern kollabiert zu einem Punkt unendlicher Dichte, zur so genannten Singularität.

Auch die Weltlinien der Photonen sind durch die senkrecht stehenden Kanten der Lichtkegel nicht mehr nach außen gerichtet. Nun kann kein Objekt mehr dem inneren Bereich entfliehen. Überschreitet die Weltlinie eines von außen kommenden Photons den Ereignishorizont, so gibt es kein Zurück mehr. Nicht einmal mehr das Licht kann den Stern jetzt verlassen. Er wird unsichtbar – man nennt ihn ein Schwarzes Loch.

Keine Kraft der Welt kann diesen Vorgang aufhalten. Aber nicht deshalb, weil keine Kraft groß genug wäre, sondern weil die Krümmung der Raumzeit dies verhindert. Die Lichtkegel sind einfach so stark gekippt, dass die Außenwelt nicht mehr zur Zukunft des Innenbereichs gehört.

Jahrzehntelang war unklar, ob es Schwarze Löcher tatsächlich gibt, und wie man sie entdecken könnte. Doch man entwickelte zahlreiche Methoden, mit denen die Existenz dieser bizarren Himmelsobjekte heute indirekt nachgewiesen werden kann.