

Schleifen statt Fäden

Die Stringtheorie bekommt ernsthafte Konkurrenz

Das wohl größte Problem der Physik ist der Widerspruch zwischen Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantentheorie. Erste beschreibt die Schwerkraft und gilt im kosmischen Maßstab. Zweite regelt das Verhalten von Materie auf der atomaren und subatomaren Skala. Schon Einstein hatte versucht, diesen Riss im Weltbild der physikalischen Erkenntnis zu flicken – erfolglos. Auch auf der am Montag beginnenden Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) in München beschäftigen sich die Teilnehmer mit der Lösung des Problems. Der wohl bekannteste Ansatz dafür ist die Stringtheorie. Sie versucht, Teilchen und Kräfte durch eindimensionale Fäden (Strings) zu beschreiben. Wenn sie in einer meist zehndimensional beschriebenen Welt akrobatische Kunststücken vollführen, soll daraus sowohl die Anziehung zwischen Sonne und Erde entstehen als auch das Verhalten von sich spaltenden Urankernen und Computerchips. Seit zehn Jahren aber hat die Stringtheorie eine inzwischen erwachsene Konkurrentin: die Theorie der Schleifenquantengravitation (SQG). Lange Zeit stand sie im Schatten der prominenteren Schwester, doch dieses Jahr gehört sie zu den Stars der DPG-Tagung.

Der Grundidee dieser Theorie zufolge besteht die Welt im Innersten aus zweidimensionalen Flächenelementen, die wie auf Schleifen aufgereiht sind. Oliver Winkler, theoretischer Physiker am kanadischen Perimeter Institute, vergleicht die Raumzeit laut SQG, also die drei beobachtbaren Dimensionen des Raumes plus die Zeit, mit seinem T-Shirt: „Von weitem sieht es aus wie eine glatte Oberfläche. Wenn man aber genauer hinguckt, erkennt man, dass der Stoff aus vielen verschiedenen Schleifen gewoben ist.“ Allein die Raumzeit der Vorderseite des T-Shirts besteht demnach aus 10 hoch 68 Schleifen (eine Eins mit 68 Nullen).

Wenn Physiker die Raumzeit derart als Netzwerk beschreiben, gelingt ihnen ein passanter Vereinheitlichung von Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantentheorie, weil mit der Raumzeit auch die Schwerkraft „quantisiert“ wird. Besteht also die Raumzeit aus kleinsten Bausteinen, gilt das auch für die Schwerkraft, denn sie ist eine Wirkung der gekrümmten Raumzeit. „Da, wo Materie vorhanden ist, wird die Raumzeitgeometrie gekrümmt, und wo die Geometrie gekrümmt wird, wird Materie beschleunigt“, erklärt Thomas Thiemann vom Potsdamer Albert-Einstein-Institut der Max-Planck-Gesellschaft das Prinzip der Schwerkraft.

Im Gegensatz zur String- nimmt die Schleifentheorie „Einstein wirklich ernst“, sagt Thiemann. Die vier Dimensionen der Raumzeit seien nicht bloß wie bei der Stringtheorie eine Bühne für die Teilchen und Kräfte, die sich auf zehn Dimensionen tummeln. Vielmehr entspringt die Raumzeit nach Thiemanns Vorstellung direkt dem schleifenartigen Netzwerk – zumindest für die Schwerkraft

kraft konnten die Physiker mit ihren Berechnungen bereits zeigen.

„Im Moment liefern sich Stringtheorie und Schleifenquantengravitation ein Kopf-an-Kopf-Rennen“, sagt Thiemann. Beide Theorien sind mathematisch durchdacht, doch keine ist experimentell bestätigt. Daher setzen die Forscher auf den *Planck*-Satelliten, den die europäische Weltraumagentur Esa im kommenden Jahr starten will. Er soll den kosmischen Mikrowellenhintergrund mit nie erreichter Genauigkeit ausmessen. „Er liefert ein Photo des Universums, als es etwa 300 000 Jahre alt war“, sagt Stefan Hofmann, ebenfalls vom Perimeter Institute. Die Strahlung, die damals ausgesandt wurde, reist seitdem durch das Universum; sie wirkt auf ersten Blick uniform, weist aber bei genauerer Analyse kleine Schwankungen auf, an denen sich die Theorien überprüfen lassen.

Hofmann und Winkler wollen daher auf der DPG-Tagung eine Vorhersage machen, die *Planck* überprüfen soll. Wenn ihre SQG-Theorie gilt, müsste der Satellit am unteren Ende des Messspektrums größere Schwankungen registrieren, als sie das bisherige kosmologische Standardmodell vorhersagt. „Die Schleifenquantengravitation sagt Änderungen vorher, die *Planck* sehen kann, wenn das Experiment seine optimale Auflösung erreicht“, sagt Hofmann. Dieses „wenn“ ist entscheidend, denn erst im All dürfte sich zeigen, wie gut der Satellit funktioniert, erwartet der Physiker. Um die Vorhersagen der SQG zu überprüfen, muss er auf den hunderttausendsten Teil eines Grads Kelvin genau messen – 100-mal so genau wie das Nasa-Experiment WMAP von 2003. Sollte der Späher im All die vorhergesagte Schwankung finden, hätte die SQG die Nase vorn. Stimmen die Daten dagegen nicht mit den Prognosen der Schaffensfreunde überein, obwohl die Auflösung stimmt, müssten Hofmann und Winkler ihre Theorie überdenken, die auf einer Vereinfachung der SQG beruht. Die Vorhersagen der Stringtheorie jedoch kann *Planck* keinesfalls überprüfen, weil diese seine Messgenauigkeit überfordern.

Die Konkurrenz zwischen den beiden kosmologischen Theorien dürfte daher zum *Planck*-Start zunehmen. Inzwischen beklagen Physiker aber die Sprachlosigkeit zwischen den Lagern, die in Deutschland auch durch den Mangel an Stellen ausgelöst wird. Winkler und Hofmann haben beide hierzulande promoviert, aber keine passende Anstellung gefunden; Thiemann hält die einzige feste Stelle für Schleifenquantengravitation. „Ich bin sicher, dass das die Forschung aufhält“, sagt Lee Smolin, einer der SQG-Gründungsväter und ebenfalls Theoretiker am Perimeter Institute. Hofmann sieht sich jedenfalls mehr der fundamentalen Physik verpflichtet als einer der Schulen. „Wenn die sich die Köpfe einhauen, muss man dazwischen gehen und sagen, spielt mal, und dann gucken wir, welcher Turm wirklich stehen bleibt.“

HAIKO LIETZ