

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

In die Saiten gegriffen

Mit einer Formel, die kaum länger als ein paar Zentimeter ist, die endlosen Weiten des Universums erklären, diesem Ziel hatte Albert Einstein die letzten 30 Jahre seines Lebens gewidmet. Erfolglos. Dem Erfolg näher wännen sich die Wissenschaftler heute. Die String-Theorie soll die vier Fundamentalkräfte der Physik in sich vereinen, die in der Quantenfeldtheorie noch unversöhnt sind: Die Gravitation verweigert sich beharrlich einer vereinheitlichenden Integration in eine umfassende Theorie. Die Ansätze einer Vereinheitlichung in der String-Theorie genießen bisher nur Modellcharakter. Aus ihrem mathematischen Gerüst haben Physiker aus den Vereinigten Staaten einen Test in der aktuellen Ausgabe von *Science* vorgestellt, mit dem überprüft werden kann, ob die String-Theorie haltbar ist oder besser verworfen werden sollte.

Die String-Theorie steht im Verdacht, physikalische Ungereimtheiten der Raumzeit nonchalant auszuräumen, indem einfach weitere Dimensionen angenommen werden, die zudem gar nicht wahrnehmbar sind. Lisa Randall von der Harvard University argumentiert, dass die übrigen Dimensionen, die über Raum und Zeit hinausweisen, zu klein seien, um wahrgenommen werden zu können. Doch auch in ihnen vibrierten wie in der Raumzeit am Grunde der Wirklichkeit eindimensionale Energie-Saiten, die Physiker Strings nennen. Aus den Strings ergeben sich der Theorie zufolge alle bekannten Teilchen und Kräfte des Universums.

Die Frequenz, mit der ein String vibriert, steht für die Elementarteilchen des Standardmodells, also beispielsweise für Elektronen, Neutronen oder Protonen. Drei der Fundamentalkräfte, nämlich die elektromagnetische, die Starke und die Schwache Wechselwirkung, gehen gemäß der Quantenfeldtheorie zurück auf Austauschteilchen, die zwischen den Elementarteilchen in einer Art vermitteln, die wir als Kraft erfahren und beschreiben. Die Austauschteilchen sind virtuell, weil zwischen ihnen keine grundlegenden Kräfte mehr wirken, sie sich also gegenseitig nicht verdrängen; - im Unterschied zu den realen Elementarteilchen. Darum finden selbst in der beklemmenden Enge zwischen zwei Quarks Austauschteilchen, so genannte W-Bosonen, Platz, ohne dass diese gequetscht würden.

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

Auch die Austauscheteilchen finden sich in der Vibration der Strings wieder, so dass nur noch die vierte Fundamentalkraft, die Gravitation fehlt. Sie wird in der Allgemeinen Relativitätstheorie beschrieben als Krümmung des Raumes. Ein schweres Teilchen krümmt den Raum zu einer Mulde, so dass ein träges Teilchen auf seiner Bahn in Richtung des schweren Teilchens abgelenkt wird. In der String-Theorie entspricht nun der Krümmung des Raumes die räumliche Bewegung eines Strings. Bewegt sich eine vibrierende Energie-Saite durch den Raum, pflügt sie diesen gleichsam um.

Auch wenn die String-Theorie heftig umstritten ist, bezieht sie doch ihren Charme aus ihrem Potential einer theoretischen Vereinheitlichung der physikalischen Weltbeschreibung. Um mit einer einzigen Formel sämtliche Vorgänge der Physik erklären zu können, sind starke Abstraktionen erforderlich. Geleistet werden diese Abstraktionen von einer mathematischen Modellsprache. Deren Kern haben für die String-Theorie Benjamin Grinstein von der University of California, Ira Rothstein von der Carnegie Mellon University und Jacques Distler von der University of Texas herausgearbeitet und dabei unterstellt, dass die Gesetze der Physik für alle gleichförmig bewegten Beobachter gleich sind und alle möglichen physikalischen Ereignisse so berücksichtigt sind, dass sie einer Wahrscheinlichkeitsverteilung gehorchen. Auf dem Gebiet der Hochenergiephysik mündet die Analyse der US-Wissenschaftler in Voraussagen über die Streuung von Elementarteilchen bei der Kollision von Protonen und Neutronen.

„Die Schönheit unseres Tests liegt in der Schlichtheit seiner Annahmen“, sagt Grinstein. Seinen Berechnungen zufolge müssten bei der Kollision von Protonen und Neutronen W-Bosonen nachweisbar sein. Die erforderliche Präzision des Nachweises lässt sich jedoch nur erreichen bei Energien von mehreren Tera-Elektronenvolt. Eine solche Kollisionsenergie wird der Große Hadronenbeschleuniger (LHC) aufweisen, der im September dieses Jahres am CERN in Genf fertiggestellt sein soll. Dessen Energien reichen aus, um bei der Kollision genügend Neutronen in Protonen zu wandeln. Bei der Umwandlung wird das virtuelle W-Boson real und kann nachgewiesen werden. Als Träger ganzzahliger Ladung muss es dem Neutron entweichen, wenn

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

dessen Down-Quark mit der Ladung $-1/3$ ausgetauscht wird gegen ein Up-Quark mit der Ladung $+2/3$, damit ein Proton entsteht und die Ladung insgesamt erhalten bleibt.

Versuche am LHC sollen dann zeigen, ob die nachgewiesenen W-Bosonen mit der vorhergesagten Streuung übereinstimmen. Sollten sich die Voraussagen nicht erfüllen, wäre das laut Rothstein ein schwerer Schlag für die Saiten-Anhänger. „Dann können die mathematischen Grundannahmen der String-Theorie nicht stimmen“, sagt die Physikerin. Wer dann noch an der Theorie festhalten wolle, müsse sie in nicht-trivialer Weise umbauen.