

# Akademievorlesungen 2009/2010: Im Anfang... Über den Ursprung des Universums

Vortrag am 10.12.2009, Hamburg

## Stringwelten und die Theorie des Multiversums – Sind Vorhersagen noch möglich?

von Dieter Lüst

Die biblische Schöpfungsgenese der Welt liegt als Grundgedanke auch der modernen Theorie des Urknalls in der Physik zugrunde. Bekanntlich geht die Urknallhypothese von einem Universum aus, welches am Anfang aus einem immens heißen Feuerblitz entstanden ist, sich dann innerhalb von ungefähr 14 Milliarden Jahren wie ein Luftballon auf seine heutige Größe aufgeblasen hat. Dabei wird angenommen, dass unser Universum einzigartig ist, das heißt, es gibt nur ein einziges Universum, indem die Naturgesetze der Physik an jeden Punkt und zu jeder Zeit gleichermaßen Gültigkeit besitzen.

Wir wollen uns hier mit der Frage beschäftigen, ob die Grundlagen der modernen Physik wirklich so eindeutig sind. Gibt es wirklich nur ein einziges, sich ausdehnendes Universum mit überall universell gültigen Gleichungen? Oder gibt es verschiedene Bereiche im Universum, in denen andere Naturgesetze gelten? Gibt es ein Multiversum, also gewissermaßen Parallelwelten, die sich bis jetzt hartnäckig unserer Beobachtung entzogen haben? In diesen Parallelwelten könnten dann gänzlich andere Naturgesetze gelten, oder die Massen der Elementarteilchen hätten vollkommen verschiedene Werte, die sich von ihren gemessenen Größen eklatant unterscheiden.

Für die mögliche Existenz eines Multiversums gibt es sicherlich bis jetzt experimentell sehr wenig Evidenz. Jedoch trauen die theoretischen Physiker seit ein paar Jahren auch Multiversen, unter Umständen mit zusätzlichen Dimensionen, eine konkrete physikalische Realität zu. Im wesentlichen wurde dieser Umschwung durch neue Erkenntnisse in der *Stringtheorie* eingeleitet. In der Stringtheorie gibt es nämlich eine riesige Vielzahl möglichen Welten, die die Form von höherdimensionalen Membranen besitzen, und die als physikalische Lösungen der Stringtheorie existieren. Diese Gesamtheit aller möglichen Stringwelten wird auch als *Landschaft* der Stringtheorie bezeichnet, ganz ähnlich einer realen Landschaft mit Bergen und Anhöhen sowie Tälern, Mulden und Rinnen.

Stringtheorie ist der Versuch entstanden, Elementarteilchen mittels ein-dimensionaler Objekte, den Strings zu beschreiben. Dabei hat man festgestellt, dass die Stringtheorie auf natürliche Art und Weise auf vereinheitlichte Theorie aller Wechselwirkungen einschließlich der Quantengravitation führt. Diese Tatsache begründet den großen Erfolg der Theorie. Aber es wurde auch klar, dass Strings nur in mehr als drei räumlichen Dimensionen existieren können, denn die Raum-Zeit, in der sich Strings bewegen, ist zehn-dimensional. Rollt man sechs der unbeobachteten Dimensionen auf einem kleinen sechs-dimensionalen Raum ein (ein Vorgang, den man Kompaktifizierung nennt), ergeben sich eine riesigen Anzahl von möglichen Welten in vier Raum-Zeit Dimensionen.

Die offensichtliche Existenz einer Stringlandschaft ist sicherlich ein zweischneidiges Schwert. Einerseits besitzen eine beachtliche Zahl dieser Stringwelten Eigenschaften, die unserem Universum ganz verblüffend nahe kommen. Andererseits wurde durch die Stringtheorie zum

ersten Mal wirklich klar, dass die Suche nach einer eindeutigen Weltformel, die eindeutige Vorhersagen auch für zukünftige Experimente liefert, wahrscheinlich zu naiv gewesen ist. Welchen Sinn ergibt nun aber ein physikalisches Weltbild, in dem es eine Vielzahl von erlaubten Universen gibt, in denen darüber hinaus noch ganz verschiedene Naturgesetze gelten könnten? Anscheinend geht mit dem Bild der Multiversen ja ein Grossteil der Vorhersagekraft in der Physik verloren, wenn es wirklich eine riesige Anzahl von Möglichkeiten für die Naturkonstanten, die Kraftgesetze, die Anzahl und die Eigenschaft der Elementarteilchen und für die Struktur des Universums gibt.

Dieser Vortrag soll nun den derzeitigen Stand des Wissens über die Stringtheorie beschreiben, und dabei insbesondere auf die Frage eingehen, ob die Naturgesetze eindeutig sind, oder welche Argumente für die Existenz von Multiversen sprechen. Wir werden den Gegensatz zwischen der Eindeutigkeithypothese und dem anthropischen Prinzip beschreiben, wir werden auf die neuesten Ergebnisse in der Astrophysik und in der Elementarteilchenphysik und ihre Bedeutung zur Erhellung der oben genannten Fragestellung eingehen, und wir werden schließlich auf die aufregenden neuen Experimente am CERN in Genf (das LHC Experiment) und auch im Weltraum eingehen, die wahrscheinlich zur Lösung all dieser Probleme einen wichtigen experimentellen Beitrag leisten werden. Eventuell werden wir nach diesen Experimenten mehr über die Eigenschaft von dunkler Materie und dunkler Energie und sogar über die Existenz von extra Dimensionen wissen.