Die erste Sekunde

3. Vortrag im Bayerischen Fernsehen

Gerhard Börner
Max-Planck-Institut für Astrophysik
Karl-Schwarzschild-Str. 1, 85748 Garching

Eine Sekunde nach dem Urknall herrschten im Kosmos Bedingungen, die mit bekannten physikalischen Gesetzen zu beschreiben sind. Für die nachfolgende Entwicklung des Universums haben die Kosmologen ein Modell entwickelt, das in sich stimmig ist und bisher auch zu allen astronomischen Beobachtungen paßt. Die ersten Sekundenbruchteile nach dem Urknall sind dagegen ein gedankliches Experimentierfeld für neue spekulative Theorien. Wenn das Standardmodell immer weiter in Richtung auf den Urknall verfolgt wird, so müssen thermische Energien betrachtet werden, die weit über den in Beschleunigern erreichbaren liegen. Das Verhalten der Elementarteilchen bei extrem hohen Energien ist grundlegend für das Verständnis dieser Phase.

Nach dem heutigen Verständnis der Physiker verschwimmen die Unterschiede der Kräfte, die wir in der uns umgebenden Welt beobachten bei genügend hohen Energien, und schließlich verschmelzen die verschiedenen Wechselwirkungen zu einer einzigen Urkraft. Diese Vereinheitlichung hat auch Konsequenzen für die frühe Phase des Kosmos. Die Phasenübergänge zwischen der Epoche mit hoher Symmetrie, in der eine einzige Urkraft alle Prozesse bestimmt, und den Epochen geringer Symmetrie, in denen die Aufspaltung in die heute beobachtete Hierarchie der elektromagnetischen, schwachen, starken und gravitativen Wechselwirkung erfolgt, lassen sich verstehen als Übergang von einem falschen Vakuum zum richtigen Grundzustand der Welt. Die Energie, die bei diesem Übergang verfügbar ist, kann die Expansion des Universums dramatisch beeinflussen. Für kurze Zeit erfolgt die Ausdehnung des Weltalls explosionsartig, exponentiell beschleunigt, dann wird die Vakuumenergie in Strahlung verwandelt und die normale, zum Standardmodell führende Entwicklung beginnt.

Dieses "inflationäre Modell" des Universums bietet Erklärungen für einige Aspekte des Standardmodells, die ansonsten als Anfangsbedingungen hingenommen werden müssen. Das hohe Alter der Welt von 15 Milliarden Jahren, die Nähe des Modells zu dem kritischen Fall unendlicher, aber langsam abklingender Expansion, der einem flachen dreidimensionalen Raum entspricht – dies ist eine Folge der enormen inflationären Aufblähung, die den Kosmos automatisch in die Nähe dieses flachen Modells bringt. Eine weitere Konsequenz der Inflation ist, daß der von uns beobachtete Teil des Kosmos aus einem winzigen Anfangskeim erwachsen konnte, in dem alle Ereignisse kausal verknüpft waren.

Der russische Physiker Andrei Linde hat dieses Bild phantasievoll ausgestaltet und ein Gesamtuniversum aus voneinander getrennten, ständig entstehenden und vergehenden kosmischen Blasen entworfen. In einer dieser Blasen befinden wir uns, ausgezeichnet dadurch, daß darin akzeptable Lebensbedingungen zu finden sind. So findet das anthropische Prinzip eine Erklärung: Unter der Vielzahl kosmischer Blasen findet sich eben zufällig eine, die geeignete Bedingungen für die Entstehung von Leben bietet. Falls man mit dieser Erklärung nicht zufrieden ist, muß man die Anfangsbedingungen für das Universum genauer untersuchen und Fragen beantworten, wie: "Was war vor dem Urknall?" Diese metaphysische Frage können die Physiker jetzt noch nicht mit ihren Methoden bearbeiten. Hierzu bedarf es wohl einer Theorie, die Quantenphänomene und die Graviation in fundamentaler Weise umfaßt. Eine Theorie dieser Art ist noch nicht in Sicht, obwohl sie schon einen Namen hat: "Quantengravitation".