

# US-Forscher: Beleg für Einsteins Theorie

Astronomen wollen von dem Nobelpreisträger vorhergesagte **Gravitationswellen** kurz nach dem Urknall nachgewiesen haben

MARC HASSE  
TILL MUNDZECK

CAMBRIDGE :: Es könnte ein Durchbruch für die Kosmologie sein: In Strahlung aus dem frühen Universum, die heute noch die Erde erreicht, haben US-Physiker womöglich Hinweise auf Gravitationswellen entdeckt, die unmittelbar nach dem Urknall vor fast 14 Milliarden Jahren entstanden.

Es wäre das erste Mal, dass sich ein Fenster mit Blick auf bisher unerreichbar frühe Prozesse öffnen würde, nämlich auf die sogenannte Inflation – jene Phase, in der sich das Universum der Theorie nach von einem winzigen Etwas in Sekundenbruchteilen exponentiell beschleunigt ausdehnte. Die nun präsentierten Daten könnten beweisen, dass diese Phase tatsächlich stattgefunden hat.

„Die Entdeckung dieses Signals ist eines der wichtigsten Ziele der heutigen Kosmologie“, sagte der Leiter des Forschungsteams, John Kovac, Astronomieprofessor von der Universität Harvard. „Viel Arbeit von vielen Menschen hat uns zu diesem Punkt gebracht.“

Die Inflation ist deshalb so wichtig, weil sie etwa erklärt, warum das Universum heute so gleichmäßig aussieht. Egal in welche Himmelsrichtung man schaut: Überall sind Galaxien zu sehen. Es gibt nicht einen Teil des Kosmos mit Sternen und Planeten und einen anderen, in dem gar nichts existiert. Dass ist nur plausibel, wenn die Materie anfangs ganz dicht zusammen war und sich vermischte, sodass bereits ein homogener Zustand existierte. Dass dieses Gemisch dann schlagartig enorm schnell aus-

einanderkatapultiert wurde, würde erklären, warum heute selbst Regionen, die Millionen Lichtjahre voneinander entfernt sind, einander ähneln: Die aktuelle Geschwindigkeit, mit der sich das Universum ausdehnt, ist dafür zu gering – es muss anfangs erheblich schneller gegangen sein.

*Die Entdeckung dieses Signals ist eines der wichtigsten Ziele der heutigen Kosmologie.*

**John Kovac, Astronom**

Signale aus dem Kosmos lassen sich unter anderem im Spektrum elektromagnetischer Strahlung empfangen (sichtbares Licht, Infrarotlicht, Mikrowellen oder Radiowellen). Für diese Strahlung war das Universum aber erst 380.000 Jahre nach dem Urknall durchlässig. Was davor geschah, können Forscher bisher nur vermuten. Daneben können sie allerdings jenes Restglimmen des Urknalls analysieren, das eben 380.000 Jahre nach dem „Big Bang“ frei wurde. Diese Strahlung kühlte sich mit der zunehmenden Ausdehnung des Kosmos immer weiter ab, sodass sie nunmehr eine Temperatur von etwa minus 270 Grad hat. Registrieren lässt sie sich mit extrem heruntergekühlten Instrumenten wie dem Teleskop BICEP 2 am Südpol.

Mit eben dieser Anlage sammelte das US-Team um John Kovac seine Daten. Demnach stießen sie auf eine Rich-

tungsänderung der frühen Strahlung (Polarisation), die wohl nur durch Gravitationswellen verursacht worden sein kann, die unmittelbar nach dem Urknall während der Inflationsphase entstanden.

Gravitations- oder Schwerewellen sind die letzte unbestätigte Vorhersage von Albert Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Dem genialen Physiker zufolge breiten sich diese Wellen mit Lichtgeschwindigkeit aus und krümmen dabei Raum und Zeit. Die Krümmung des Raumes ist leicht zu veranschaulichen: Nimmt man etwa eine Gummimembran und legt einen Ball in deren Mitte, so wird dadurch die zweidimensionale Fläche in eine dritte Dimension gekrümmt. Kaum zu begreifen ist hingegen, dass laut Einstein durch eine Masse mit dem Raum auch die Zeit gekrümmt werden kann und dass die dabei erzeugten Verzerrungen – Gravitationswellen – messbar sind.

Einsteins Theorie sieht vor, dass jeder beschleunigte Körper Gravitationswellen aussendet, die umso stärker sind, je mehr Masse der Körper hat und je schneller er sich bewegt. Da die Gravitation die schwächste der vier Na-

turkräfte ist, sind Gravitationswellen allerdings in der Regel winzig und daher äußerst schwer zu messen. Bisher ließen sie sich nicht direkt nachweisen. Indirekt sind die Wellen etwa bei zwei einander umkreisenden Neutronensternen, dem Doppelpulsar PSR 1913+16, beobachtet worden: Die beiden Sterne verlieren Energie und nähern sich langsam an, was sich in einer kürzeren Umlaufzeit äußert. Dieser von den US-Astronomen Russell Hulse und Joseph Taylor beobachtete Energieverlust entspricht genau dem, was der Theorie zufolge aufgrund der Abstrahlung von Gravitationswellen zu erwarten ist. Für ihre Entdeckung bekamen Hulse und Taylor 1993 den Nobelpreis für Physik.

Auch die nun von John Kovac vorgestellten Daten könnten ein indirekter Nachweis sein – allerdings der erste für Gravitationswellen, die aus der Inflation stammen.

Andere Forscher äußern sich mit einer Mischung aus Freude und Zurückhaltung. „Glückwünsche an BICEP“, schreibt etwa das Team des renommierten Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) in Hannover. Vorausgesetzt, die Ergebnisse würden durch Experimente von anderen Forschern bestätigt, wären dies „aufregende Neuigkeiten“.

Möglich wäre eine solche Bestätigung etwa durch weitere Daten, die das Weltraumteleskop Planck sammelt. Einen direkten Nachweis könnten aber wohl erst Anlagen wie das Einstein-Teleskop liefern, eine Art riesiges Mikrofon, das 100 bis 200 Meter unter der Erde Gravitationswellen aufnehmen soll. Wann es gebaut wird, ist bisher offen.

**Am Anfang der**

**Der Urknalltheorie**  
gesamte Energie  
kannten Universu  
einen winzigen P  
gepresst. Ob diese  
deren Universum  
in einem Vakuum  
Nichts, befand, w  
genau so wenig  
10<sup>-43</sup> Sekunden na  
geschah. Dann, et  
Sekunden, folgte  
genannte Inflatio  
Blitzartig dehnte  
Universum expon  
beschleunigt aus  
mindestens das Z  
Billionenfache.

**380.000 Jahre la**  
mos mit einem ex  
aus geladenen Te  
damit undurchsie  
Urknall übrig geb  
teilchen (Photon  
mer wieder abge  
mit der zunehmen  
nung die Temper  
Grad abgekühlt v  
Protonen und El  
serstoffatomen z  
Universum wurd  
und die Ur-Phot  
ungestört reisen.  
wahrscheinlich 2  
lionen Jahre nach  
entstanden erste  
erste Planeten.



**Ein Forscher testet die Elektronik des BICEP-2-Teleskops** Foto: Steffen Richter



## Am Anfang der Zeit

---

**Der Urknalltheorie** zufolge war die gesamte Energie des heute bekannten Universums anfangs auf einen winzigen Punkt zusammengepresst. Ob dieser Teil eines anderen Universums war oder sich in einem Vakuum, also quasi im Nichts, befand, wissen Kosmologen genauso wenig wie, was etwa  $10^{-43}$  Sekunden nach dem Urknall geschah. Dann, etwa nach  $10^{-32}$  Sekunden, folgte wohl eine sogenannte Inflationsphase: Blitzartig dehnte sich das Universum exponentiell beschleunigt aus – und zwar um mindestens das Zehn-Billionen-Billionenfache.

**380.000 Jahre lang** war der Kosmos mit einem extrem heißen Gas aus geladenen Teilchen gefüllt und damit undurchsichtig; die vom Urknall übrig gebliebenen Lichtteilchen (Photonen) wurden immer wieder abgelenkt. Dann, als mit der zunehmenden Ausdehnung die Temperatur auf 2700 Grad abgekühlt war, fanden sich Protonen und Elektronen zu Wasserstoffatomen zusammen. Das Universum wurde durchsichtig – und die Ur-Photonen konnten ungestört reisen. Anschließend, wahrscheinlich 200 bis 400 Millionen Jahre nach dem Urknall, entstanden erste Sterne, später erste Planeten. (mha/dpa)



