

Die Entstehung des Universums: Urprall statt Urknall

Die Geschichte des Universums begann anders, als es in den Lehrbüchern steht, behauptet Anna Ijas. Es dehnt sich aus, zieht sich wieder zusammen – und das geht immer so weiter. Hat die junge Kosmologin recht?

Ralf Nestler

11.01.2020, 21.45 Uhr



«Sie schauen so skeptisch»: Die theoretische Physikerin Anna Ijjas vom Albert-Einstein-Institut in Hannover.

Richard W Soden

Es klingt verwegen: Unser Universum begann nicht mit dem Urknall, es ist lediglich ein zweiter Aufguss eines älteren Kosmos. Oder der dritte oder der vierte oder der xte. So genau kann sie es auch nicht sagen, aber sie ist sich ziemlich sicher, dass die Geschichte nicht erst vor 13,8 Milliarden Jahren begann, wie in Lehrbüchern zu lesen ist.

«Das Modell, nach dem der Urknall der Anfang von allem sei, wirft einige Probleme auf», erklärt Anna Iijas vom Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut/AEI) in Hannover. «Ich arbeite deshalb an einer besseren Erklärung.» Urprall statt Urknall: ein zyklisches Universum, das sich ausdehnt und irgendwann wieder zusammenzieht, dann wieder ausdehnt und so weiter.

«Nehmen wir das heutige Universum, das ist 10^{28} Zentimeter gross, also eine Zahl mit 29 Stellen», sagt die Forscherin. Es dehne sich noch etwa 100 Milliarden Jahre lang aus, dann schrumpfe es wieder. Zuerst auf die Grösse der Milchstrasse, dann auf diejenige unseres Sonnensystems, unserer Erde, eines Fussballs, einer Perle, eines Influenza-Virus. Bis es ungefähr 10^{-25} Zentimeter klein ist, eine Zahl, bei der sich erst 25 Stellen nach dem Komma etwas tut. Und dann geht es wieder los. «Sie schauen so skeptisch», sagt Iijas, «Ja, das hört sich winzig an, aber das zyklische Universum zur Zeit des Urpralls ist immer noch viel grösser als ein Urknall-Universum ganz am Anfang ist.»

Von der Philosophie in die Physik

Die Situation ist skurril. Das Büro auf dem Hannoveraner Uni-Campus, das die Forscherin erst vor wenigen Wochen bezogen hat, nachdem sie von Harvard ans AEI gewechselt ist, ist bisher nur mit dem Nötigsten eingerichtet. Schrank, Schreibtisch, Stühle. An der Wand eine Tafel, vollgeschrieben mit Formeln und Graphen, draussen vor dem Fenster ein trüber Tag.

Und drinnen skizziert Anna Ijjas in wenigen Sätzen Szenarien, in denen Hannover, die Jahreszeit und buchstäblich alles andere, was zum Kosmos gehört, wahlweise in die Unendlichkeit zerstrahlt oder zur Winzigkeit zusammenschnurrt, um sofort erneut aufzupoppen.

Für eine Kosmologin sind diese Extreme nichts Ungewöhnliches. Ijjas, 1985 geboren in Ungarn und als Jugendliche nach Deutschland gekommen, widmete sich zunächst der Philosophie der Physik und schrieb darüber 2010 eine Dissertation in München. Ihre nächste Promotion in Theoretischer Physik schloss sie 2014 an der Berliner Humboldt-Universität ab.

Es folgten Aufenthalte in Princeton, an der Columbia University und Harvard. Bereits während der zweiten Promotion befasste sich Ijjas mit dem Urknall. Und sie begann daran zu zweifeln, dass sich die Geschichte des Universums tatsächlich so abgespielt hat, wie in Standardwerken formuliert. Vor allem das Konzept der kosmischen Inflation erscheint ihr problematisch.

Der Begriff bezeichnet eine überlichtschnelle Ausdehnung des Alls unmittelbar nach dem Urknall, die für wenige Sekundenbruchteile anhielt. «Die Idee wurde in den 1980er Jahren entwickelt, um zu erklären, warum das Universum als Ganzes so gleichförmig und simpel, geradezu langweilig ist», sagt Ijjas.

**«In einem zyklischen
Universum passiert immer
etwas.
Beim Urknall-Modell ist nur
für ein paar Milliarden Jahre
was los.»**

Würde das Universum sich nämlich immer nur langsam ausdehnen, sollten die zufälligen Quantenschwankungen des Urknalls Gebiete unterschiedlicher Energiedichte bilden, die bis heute als Gebirgszüge und weite Täler in der Raumzeit sowie in der Verteilung der Materie erkennbar wären. Doch davon sehen die Astrophysiker nichts.

«Um das zu erklären, hat man die Inflationstheorie ersonnen», sagt Ijjas. «Die rasche Ausdehnung in der Frühphase soll die groben Unebenheiten des Urknalls wegbügeln, so dass das Universum die simple Gestalt annimmt, wie wir sie kennen.»

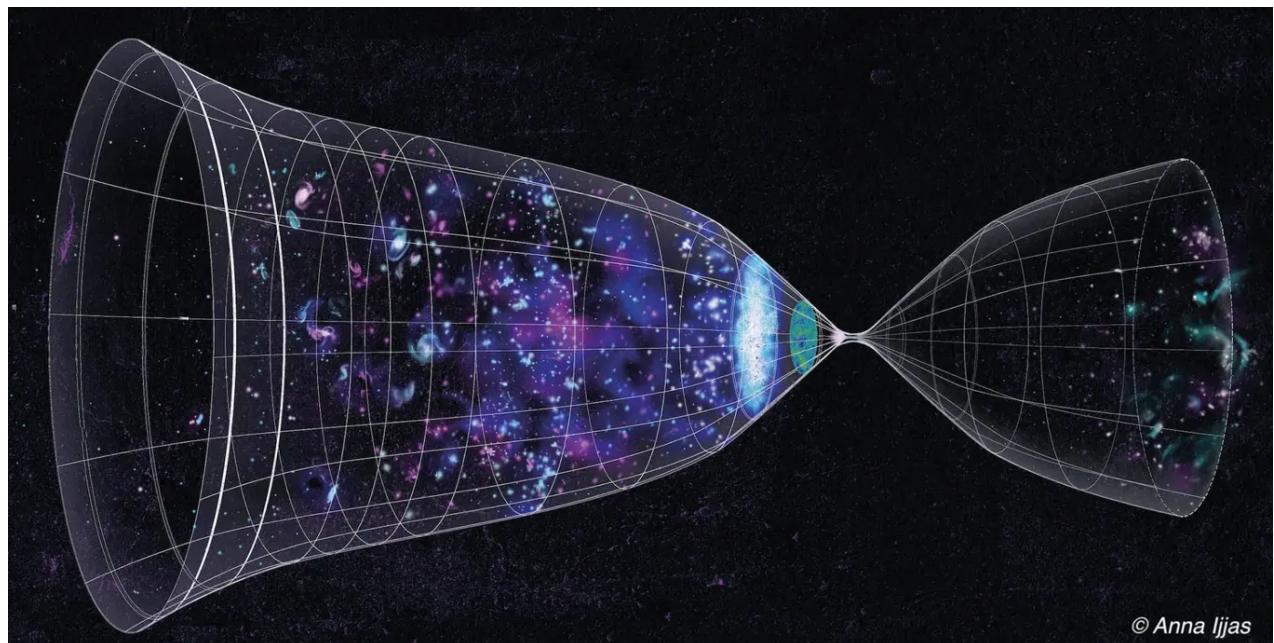
Der Trick der Theoretiker hat aber Tücken. Für Ijjas, ursprünglich angetreten, um Ungereimtheiten der Inflationstheorie zu bereinigen, waren sie nicht mehr hinnehmbar, als im Frühjahr 2013 die Daten des «Planck»-Satelliten veröffentlicht wurden.

Das Experiment hatte die kosmische Hintergrundstrahlung mit zuvor nie dagewesener Genauigkeit vermessen und ein Bild vom jungen Universum geliefert, das für viele Varianten der Inflationstheorie zu simpel ist. Es wurde nämlich keine Spur von primordialen Gravitationswellen gefunden. Diese winzigen und gleichförmigen Schwankungen in der Raumzeit sollen ein eindeutiger Hinweis auf die inflationäre Ausdehnung sein.

«Die einfachsten Modelle, die man in den Lehrbüchern findet, schieden auf einen Schlag aus», sagt die Forscherin. «Wir wissen inzwischen auch, dass die Inflation nicht unter beliebigen Anfangsbedingungen starten kann, diese müssen sehr speziell sein, was das Ganze unwahrscheinlicher macht.»

Als Postdoc, kurz nach dem «Planck-Schock», ist Anna Ijjas in Princeton bei Paul Steinhardt, einer Instanz der Kosmologie. Er hat die Inflationstheorie mitentwickelt, sich in den frühen 2000ern aber davon abgewendet und ist zum Verfechter des Urprall-Modells geworden. «Er hat mich ermutigt, vor angeblichen Lösungen nicht zu viel Respekt zu haben und offen für alternative Ideen zu sein.» Woraufhin auch sie beim Urprall landete und versucht, das Konzept mit Formeln zu beschreiben.

Um das leidige Problem der Singularität - vereinfacht: jenes Teils, wo die klassische Physik versagt, im Inneren von Schwarzen Löchern oder beim Urknall - könnte man herumkommen, meint sie, und setzt auf eine Modifikation der Einsteinschen Feldgleichungen. Demnach würde ein sich zusammenziehendes Universum gerade rechtzeitig wieder auf Expansionskurs gehen, bevor es das Gebiet der beschreibbaren Physik verliesse. Um diesen Urprall zu erklären, muss man früher ansetzen und zunächst überlegen, wie ein expandierendes Universum eines Tages zu schrumpfen beginnt.



Kosmische Entwicklung in einem zyklischen Universum: Der Urknall wird durch einen Rückprall ersetzt. Aus diesem Urprall entstand unser Universum – als Ergebnis eines gleichmässigen Übergangs von einer frühen Epoche des Zusammenziehens (links) zur gegenwärtigen Expansion.

Gemäss Iijas gibt es verschiedene Möglichkeiten, beispielsweise könnte das durch den Zerfall Dunkler Energie ausgelöst werden. Je mehr sich das Universum zusammenzieht, umso grösser wird der «Druck» darinnen. Dieser verhindert einerseits, dass das Universum bis auf die Grösse eines Urknall-Kosmos zusammenschrumpft, zum anderen sorgt er dafür, dass «Klumpen» in der Energieverteilung und in der Raumzeit weggebügelt werden. Auf diese Weise startet das nächste Universum von Beginn an relativ gleichförmig, eine Inflation ist nicht mehr nötig.

Die Reaktionen der Fachgemeinde waren vorhersehbar. «Es gab viel Kritik, bis hin zu persönlichen Angriffen, ich würde der Community schaden. Aber das ist normal, wenn man neue Wege geht. Das muss man aushalten», sagt Iijas. Einen Zusammenhang damit, dass sie eine Frau ist, sieht sie kaum. «Das hat jedenfalls nicht die Hauptrolle gespielt, es hing eher mit meiner Jugend zusammen.» Manche scharfe Gegenrede von früher würde sie heute nicht mehr führen und stattdessen auf fachlichen Austausch setzen.

«In wilde Bereiche des Kosmos»

Ungewöhnliche Thesen fordern starke Belege. Iijas hat bereits Fortschritte in der mathematischen Beschreibung des Urpralls erzielt, in ein bis zwei Jahren möchte sie eine Computersimulation desselben präsentieren. «Wenn sie damit erfolgreich ist, wird ihr Modell auch ernster genommen», sagt Torsten Ensslin vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching, führender Forscher der

«Viele Kosmologen sind inzwischen offener für Alternativen zur Inflationstheorie», sagt er. «Beide Theorien, Urknall und Urprall, machen gewagte Annahmen zu Energieformen, die wir noch gar nicht kennen, und extrapolieren von heutigen Bedingungen in wirklich wilde Bereiche des Kosmos. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dabei etwas schiefgeht.»

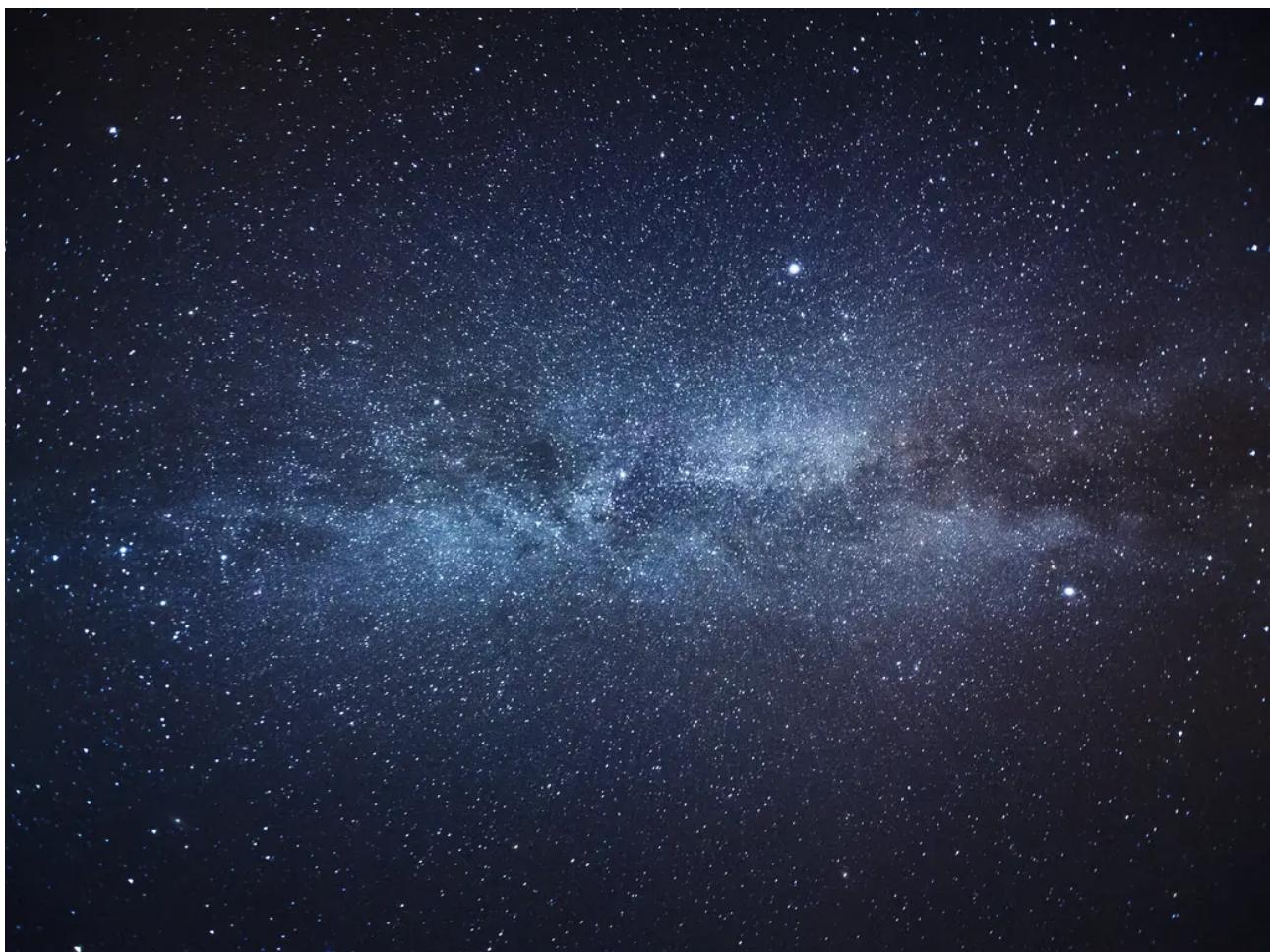
Entscheidend wird sein, inwiefern astrophysikalische Messungen Annahmen bestätigen oder widerlegen. Obwohl sie Theoretikerin ist, ist Iijas ein enger Austausch mit Experimentatoren wichtig. Deshalb ging sie ans AEI in Hannover, wo das satellitengestützte Gravitationswellenobservatorium «Lisa» geplant wird. «Vielleicht das wichtigste Experiment des Jahrhunderts!»

Das Grübeln in der Abgeschiedenheit sei nicht ihre Sache. Die Nähe zur Uni, zu den jungen Menschen, das Team am AEI und die Betreuung von Forscherinnen und Forschern hätten sie überzeugt, hierher zu kommen.

Was würde es für sie bedeuten, wenn Messdaten die Idee des Urpralls widerlegten? Etwa wenn die Analyse der kosmischen Hintergrundstrahlung Hinweise auf primordiale Gravitationswellen lieferte? Diese sollen während der Inflation eines Urknall-Universums entstanden sein und sind in Iijas' Überlegungen nicht enthalten.

«Selbstverständlich würde ich das zunächst bedauern. Allerdings sind es immer unsere Fehler, die uns neue Erkenntnisse liefern und so den Weg zur besseren Erklärung weisen.» Aber schade wäre es schon, fügt sie hinzu. «In einem zyklischen Universum passiert immer etwas, durch den Urprall rezykliert der Kosmos sich selbst. Beim Urknall-Modell hingegen ist nur für ein paar Milliarden Jahre was los, dann zerfällt alles und es geschieht für alle Ewigkeit gar nichts mehr. Wie langweilig.»

Mehr zum Thema



Zwei Weltraumteleskope suchen nach dem Gottesbeweis

Äthiopien hat ein leistungsstarkes Weltraumteleskop in Betrieb genommen. Damit soll



Da wussten die Forscher, dass sie einer astronomischen Ungeheuerlichkeit auf der Spur waren

Als Michel Mayor und Didier Queloz den ersten Planeten ausserhalb des Sonnensystems fanden, mussten sie seine Existenz um jeden Preis geheim halten. Die Geschichte um Geheimsache 51 Pegasi.

Reto U. Schneider

Nur für Sie

Chinas
Überwachungskameras
sind schon installiert
Adelheid Wölfli, Sarajewo

Vielleicht ist Nacktheit Virginia Giuff
bald das letzte Mittel, um die den britisc
Offenheit und Toleranz Andrew wege
zeigen

Pauline Krätzig

Nötigung ank

Linus Walpen

NZZaS abonnieren →

[Kontakt](#) [AGB und Datenschutz](#) [Impressum](#)

Copyright © Neue Zürcher Zeitung AG. Alle Rechte vorbehalten. Eine
Weiterverarbeitung, Wiederveröffentlichung oder dauerhafte Speicherung zu
gewerblichen oder anderen Zwecken ohne vorherige ausdrückliche
Erlaubnis von Neue Zürcher Zeitung ist nicht gestattet.