STRINGTHEORIE
Auf der Suche nach den verborgenen Universen
Von Cliff Burgess und Fernando Quevedo

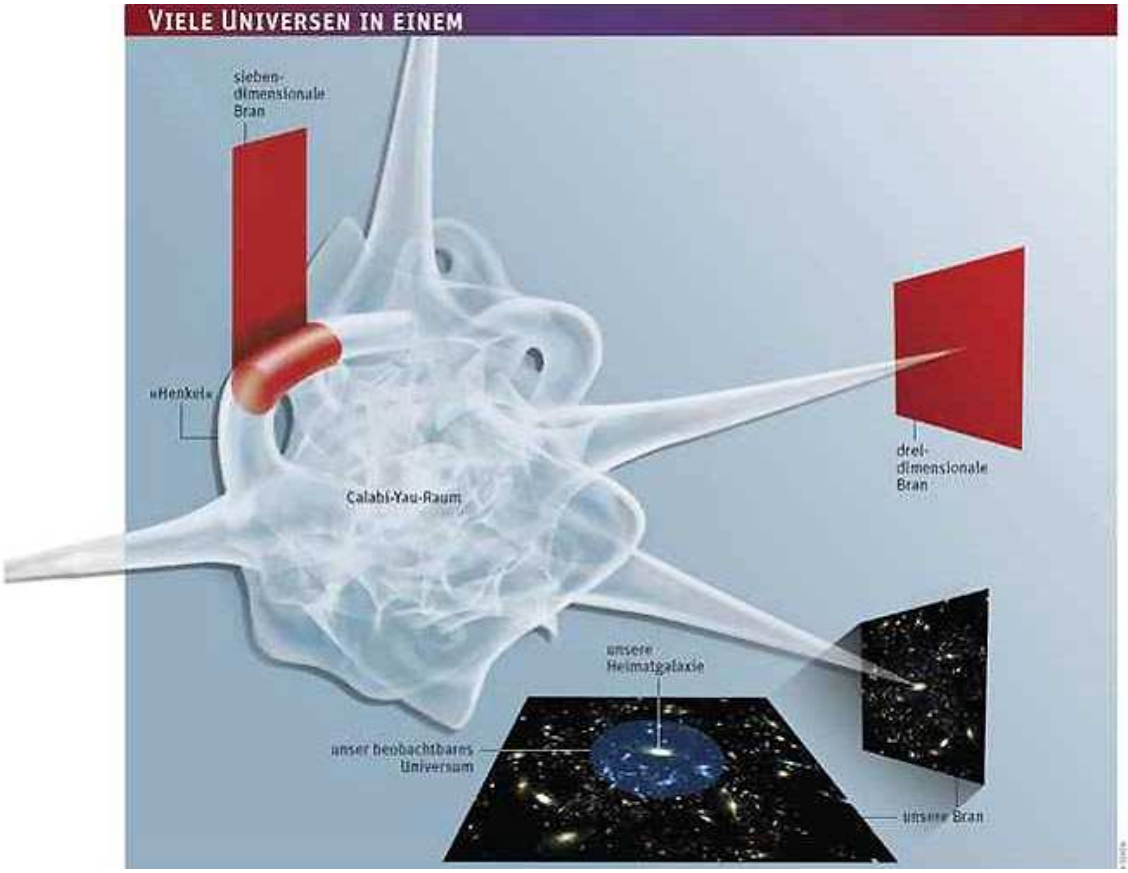
Kosmologische Theorien werfen oft als Nebenprodukt die Idee der Paralleluniversen ab. Daraus folgt die unbequeme Frage: Ist unser Universum etwa nur eines von vielen? Und: Wie soll man je ein anderes Universum finden? Astronomen glauben, dass die Stringtheorie Antworten liefern kann.

Eigentlich könnten Kosmologen ganz zufrieden mit "ihrem" Universum sein. Es besitzt einen Radius von beachtlichen 46 Milliarden Lichtjahren, und Trilliarden von Sternen bevölkern ihn. Offensichtlich aber genügt ihnen nicht einmal das. Denn in der Kosmologie des 21. Jahrhunderts dürfte folgende Vorstellung eine wichtige Rolle spielen: die nämlich, dass unser bekanntes Universum - die Summe all dessen, was wir beobachten (könnten) - möglicherweise nur eine winzige Region in einem ungleich größeren Raum ist.

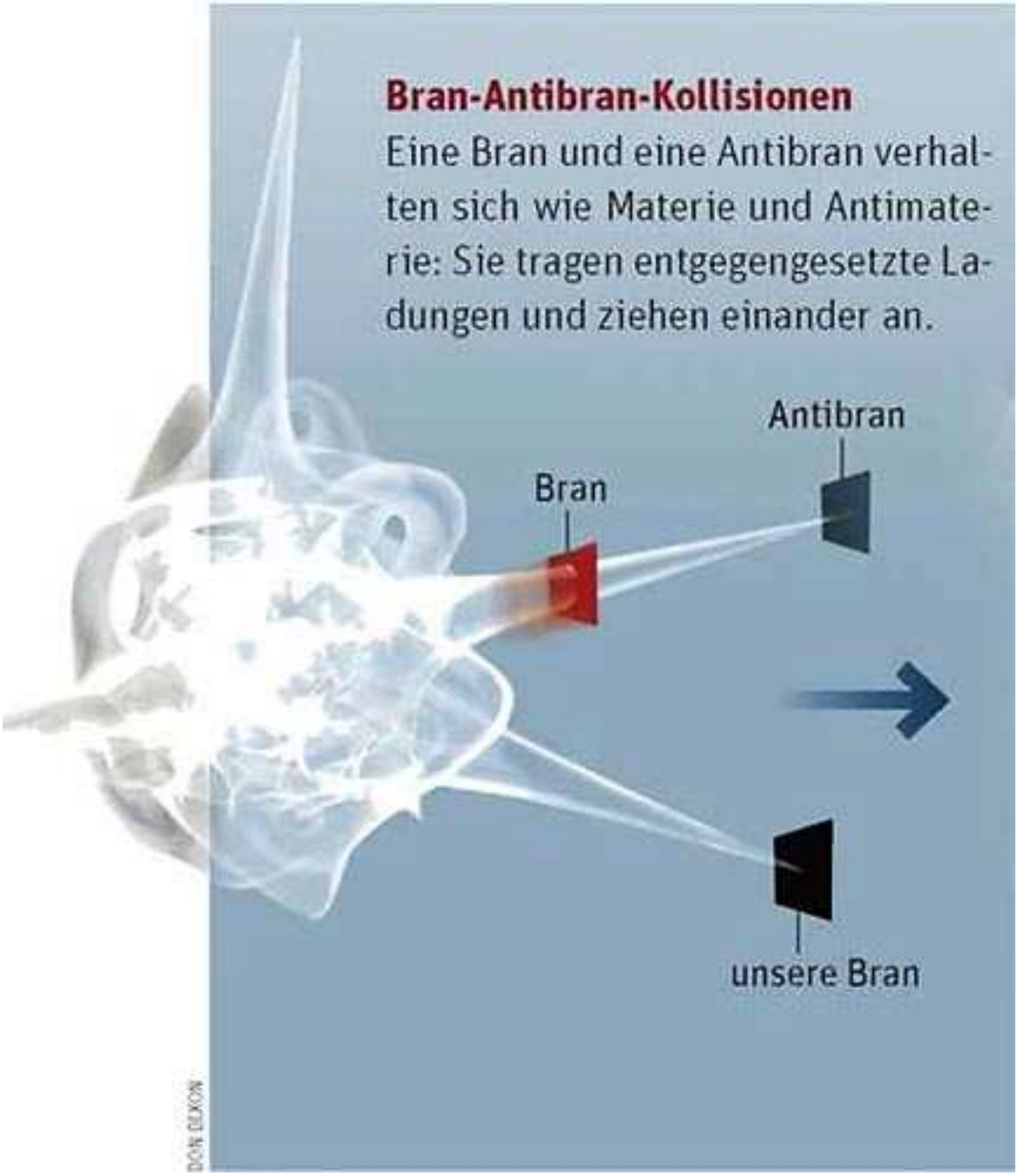
Denn als Nebeneffekt bringen kosmologische Theorien häufig verschiedene Arten von Paralleluniversen hervor, die zusammen mit dem unseren ein großes "Multiversum" bilden (siehe "Parallel-Universen " von Max Tegmark, "Spektrum der Wissenschaft" 8/2003, S. 34). Freilich besteht kaum Hoffnung, solche anderen Universen jemals direkt beobachten zu können - sei es, weil sie zu weit entfernt sind oder auf andere Weise von unserem Kosmos isoliert sind. Obwohl sie jenseits unseres Universums existieren, könnten einige der Paralleluniversen aber dennoch mit ihm in Wechselwirkung treten. Dann könnten wir die entsprechenden Effekte direkt nachweisen. Dies folgern Kosmologen aus der Stringtheorie, die als führende Kandidatin einer vereinheitlichten Beschreibung der grundlegenden Kräfte in der Natur gilt.

Die fundamentalen "Strings" oder Fäden, die ihr den Namen gaben, sind extrem klein. Doch aus den Gesetzen, denen ihr Verhalten folgt, sagen Stringtheoretiker auch die Existenz membranartiger Objekte voraus, die sehr große Ausdehnungen erreichen können. Solche "Branen" sind in der Lage, vielfältige Formen anzunehmen. Insbesondere könnte unser Universum als Ganzes eine dreidimensionale Bran sein, die in einen neundimensionalen Raum eingebettet ist. Verformungen dieses höherdimensionalen Raums und Zusammenstöße zwischen verschiedenen Universen wiederum könnten einige der von Astronomen beobachteten Eigenschaften unseres Kosmos erklären.

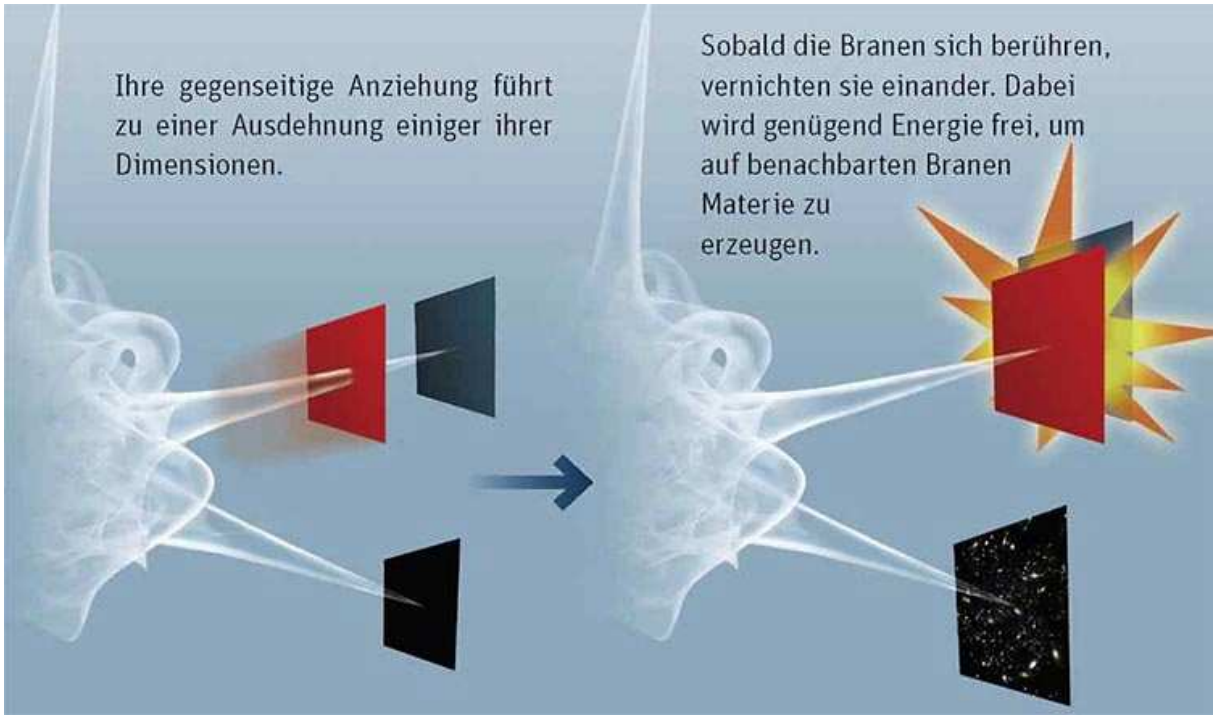
/2


VIELE UNIVERSEN IN EINEM
sieben-
dimensionale
Bran
«Henkel»
Calabi-Yau-Raum
drei-
dimensionale
Bran
unsere
Heimatgalaxie
unser beobachtbares
Universum
unsere Bran

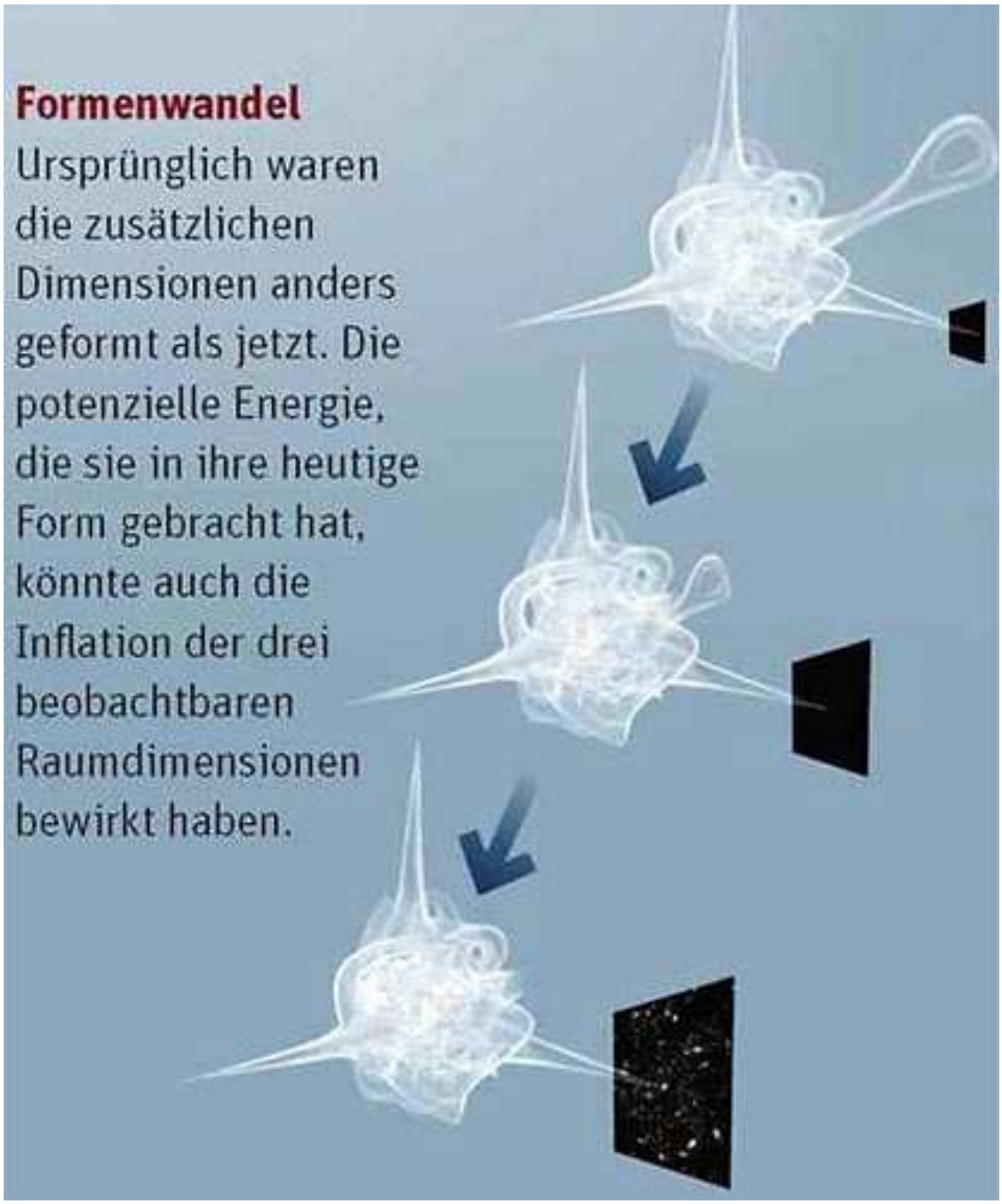
/3


Bran-Antibran-Kollisionen
Eine Bran und eine Antibran verhalten sich wie Materie und Antimaterie: Sie tragen entgegengesetzte Ladungen und ziehen einander an.
Antibran
Bran
unsere Bran
DON DIXON

/4


Ihre gegenseitige Anziehung führt zu einer Ausdehnung einiger ihrer Dimensionen.
Sobald die Branen sich berühren, vernichten sie einander. Dabei wird genügend Energie frei, um auf benachbarten Branen Materie zu erzeugen.

/5


Formenwandel
Ursprünglich waren die zusätzlichen Dimensionen anders geformt als jetzt. Die potenzielle Energie, die sie in ihre heutige Form gebracht hat, könnte auch die Inflation der drei beobachtbaren Raumdimensionen bewirkt haben.

In letzter Zeit jedoch hat die Stringtheorie, so könnte man sagen, eine schlechte Presse. Eine ganze Reihe von konkreten Einwänden wäre zu nennen, auf die wir hier aber nicht eingehen können. Der wichtigste von ihnen und legitimer Grund zur Sorge ist, dass wir sie bislang keinen experimentellen Tests unterziehen können. Mit diesem Problem steht sie indessen nicht allein da. Es ist Ausdruck der nicht nur die Stringtheorie betreffenden Schwierigkeit, physikalische Modelle auf extrem kleinen Größenskalen zu testen. Damit kämpft zum Beispiel auch die Schleifen-Quantengravitation (siehe "Quanten der Raumzeit" von Lee Smolin, "Spektrum der Wissenschaft" 3/2004, S. 54). Stringtheoretiker suchen aber weiter nach Wegen, wie sich ihre Theorie doch noch überprüfen lässt. Viel versprechend ist der Ansatz, mit ihrer Hilfe einige der noch rätselhaften Eigenschaften des Kosmos zu erklären. Die wichtigste davon betrifft die Frage, wie sich das Tempo der kosmischen Expansion im Lauf der Zeit verändert.

Die Erkenntnis, dass dieses Tempo fortwährend zunimmt, wird in diesem Jahr genau zehn Jahre alt. Verantwortlich für die Beschleunigung ist ein noch unbekannter kosmischer Mechanismus, der als Dunkle Energie bezeichnet wird. Aber auch zu einer Zeit, lange bevor Atome (oder gar Galaxien) entstanden waren, hatte es bereits eine Phase gegeben, in der das Universum binnen kürzester Zeit extrem stark expandierte. Kurz nach dieser frühen Inflationsphase war die Temperatur des Universums milliardenfach höher als jede jemals auf der Erde gemessene Temperatur. Und so finden sich Kosmologen und Elementarteilchenphysiker nun im gleichen Boot wieder und versuchen gemeinsam, die fundamentalen Gesetze der Physik unter diesen Bedingungen zu ermitteln und unser Verständnis des frühen Universums noch einmal gründlich auf Basis der Stringtheorie zu überdenken.

Winzige Schwankungen, zu astronomischer Größe aufgebläht

Die Idee der kosmischen Inflation war entwickelt worden, um eine Reihe einfacher, aber doch verwirrender Eigenschaften unseres Kosmos zu erklären. Viele davon betreffen die kosmische Hintergrundstrahlung, ein Überbleibsel aus der heißen Frühzeit unseres Universums. Diese Strahlung verrät uns unter anderem, dass das frühe Universum überraschenderweise überall die gleichen Eigenschaften besaß. Zwar existieren durchaus Mechanismen, die zum Ausgleich aller Unregelmäßigkeiten hätten führen können (beispielsweise könnte Materie von einem Ort zum anderen strömen), doch keiner von ihnen hätte genügend Zeit zur Verfügung gehabt, um ausreichend wirksam zu werden. Die Homogenität musste also anders erklärt werden.

Dies gelang Alan H. Guth, derzeit am Massachusetts Institute of Technology, in den frühen 1980er Jahren. Er erkannte, dass eine Phase äußerst schneller kosmischer Expansion zu einem homogenen Universum führte. Diese beschleunigte Expansion verdünnte alle vorhandene Materie und glättete etwaige Dichteschwankungen (siehe "Das inflationäre Universum " von Alan H. Guth und Paul J. Steinhardt, "Spektrum der Wissenschaft" 7/1984, S. 80 sowie "Das selbstreproduzierende inflationäre Universum" von Andrej Linde, 1/1995, S. 32).

Sie führte zwar nicht zu einer perfekten Homogenität. Doch auch dies ist eine wichtige Vorhersage der Theorie. Denn die Energiedichte des Raums unterlag während der Inflationsphase so genannten Quantenfluktuationen. Durch die Inflation wurden solche winzigen Schwankungen zu astronomischer Größe aufgebläht und spiegelten sich schließlich auch in der Verteilung der Energiedichte im späteren Universum. Und tatsächlich: Bei der Vermessung der kosmischen Hintergrundstrahlung traten die von der Inflationstheorie vorhergesagten Schwankungen zu Tage. Vorhersage und Beobachtung stimmen sogar mit geradezu spektakulärer Genauigkeit überein. Dieser Erfolg machte das Inflationsmodell zum vielversprechendsten Kandidaten für die Beschreibung der frühesten Geschichte unseres Kosmos. Satellitenmissionen wie das Planck-Observatorium, das die Europäische Weltraumbehörde Esa noch in diesem Jahr ins All befördern will, werden zeigen, ob sich auch weitere Vorhersagen der Inflationstheorie bestätigen lassen.

Ziemlich undurchsichtig ist bislang allerdings die Frage, warum ein mit herkömmlicher Materie gefülltes Universum überhaupt in eine inflationäre Phase übergehen soll. Die fundamentalen Gesetze der Physik legen eine plötzlich beschleunigte Expansion jedenfalls nicht nahe. Diese ließe sich nur durch eine Energie mit sehr ungewöhnlichen Eigenschaften antreiben. Ihre Dichte muss positiv sein und sogar während der stürmischen Expansion des Universums mehr oder weniger konstant bleiben; andererseits aber muss die Energiedichte dann schlagartig abnehmen, damit die Inflationsphase auch wieder ein Ende findet.

Doch wie kann die Energiedichte - von welchem physikalischen Objekt auch immer - während der Expansion konstant bleiben, wenn die Expansion doch zwangsläufig mit einer Verdünnung einhergeht? Auch dafür haben Stringtheoretiker eine Lösung. Ein den gesamten Raum erfüllendes Skalarfeld könnte als Energiequelle dienen.

/8

Ein Skalarfeld wird an jedem Ort im Raum durch eine einzige Zahl beschrieben, nämlich durch seine Stärke an genau diesem Ort. (Etwas komplizierter sind Vektorfelder wie etwa Magnetfelder. Sie besitzen an jedem Ort im Raum sowohl eine Feldstärke als auch eine Richtung. Weitere Beispiele finden Sie in jedem Wetterbericht: Temperatur und Druck sind Skalarfelder, während die Windgeschwindigkeit ein Vektorfeld ist.)

Das Skalarfeld, das die Inflation antrieb, bezeichnet man auch als Inflatonfeld oder schlicht Inflaton. Offensichtlich hat es die kosmische Expansion über einen langen Zeitraum hinweg beschleunigt, bevor die Beschleunigung abrupt endete. Diese Dynamik entspricht der einer Achterbahnfahrt: Zunächst erklimmt die Achterbahn langsam eine sanfte Steigung ("langsam" ist dabei relativ - dieser Teil der Entwicklung verlief für menschliche Verhältnisse sehr schnell). Ist der Gipfel erreicht, endet die Inflation: Die Bahn saust mit atemberaubender Geschwindigkeit abwärts, wobei potenzielle Energie in Bewegungsenergie und letztendlich in Wärme umgewandelt wird.

Die theoretische Beschreibung einer solchen kosmischen Achterbahnfahrt ist allerdings nicht einfach. Während der vergangenen 25 Jahre gab es eine ganze Reihe von Vorschlägen, doch keiner davon ist aus heutiger Sicht wirklich überzeugend. Eine wesentliche Schwierigkeit besteht darin, dass wir schlicht nicht wissen, welche Prozesse bei den enorm hohen Energien vor sich gehen, die bei der Inflation wahrscheinlich mit im Spiel sind.

Als sich die Idee der Inflation in den 1980er Jahren allmählich durchzusetzen begann, lotete aber auch ein ganz anderes Forschungsgebiet diesen Energiebereich aus. Laut der Stringtheorie sind alle Elementarteilchen in Wirklichkeit winzige eindimensionale Objekte, ähnlich extrem kleinen Gummibändern. Sie führt alle bekannten (und eine ganze Reihe noch nicht nachgewiesener) Elementarteilchen auf unterschiedliche Arten von Schwingungen solcher Strings zurück. Zwei Arten von Strings werden dabei unterschieden: Einige laufen in sich selbst zurück, bilden also winzige Schlaufen. Offene Strings hingegen haben zwei freie Enden. Das Schönste an der Theorie der schwingenden Strings: Aus ihr ergibt sich als ganz natürliche Konsequenz auch die Existenz der Gravitation. Anders als in anderen Elementarteilchentheorien muss man hierzu keinerlei weitere Annahmen treffen.

Trifft das Bild zu, das die Stringtheorie von der Wirklichkeit zeichnet, ist der Raum allerdings nicht mehr, was wir uns gemeinhin darunter vorstellen.

Ihr zufolge besitzt er genau neun Dimensionen - gegenüber den drei üblichen Dimensionen Länge, Breite und Höhe. Nimmt man die Zeit hinzu, gelangt man zu einer Raumzeit mit zehn Dimensionen. Für uns sind die Extradimensionen des Raums unsichtbar, was daran liegen könnte, dass sie sehr klein sind. Das ist ähnlich einem winzigen Riss im Asphalt eines Parkplatzes. Durch ihn gewinnt dessen zweidimensionale Fläche zwar eine dritte Dimension. Doch wenn der Riss klein genug ist, wird uns die entstandene "Tiefe" des Parkplatzes gar nicht auffallen. Natürlich wissen auch Stringtheoretiker nicht, wie man sich neun Dimensionen bildlich vorstellen soll. Doch wenn uns die Geschichte der Physik eines lehrt, ist es dies: Die Wirklichkeit nimmt keine Rücksicht darauf, ob wir uns von ihr ein Bild machen können.

Neben Strings beschreibt die Stringtheorie auch Dirichlet-Branen. Solche D-Branen ähneln soliden, ausgedehnten Flächen, die durch den Raum treiben. Sie sind zugleich klebrig und rutschig: Die Enden offener Strings bleiben auf einer D-Bran haften, können sich aber immerhin frei auf ihr herumbewegen. Elementarteilchen wie beispielsweise Elektronen sind offene Strings und haften folglich an einer Bran. Nur einige wenige und bislang hypothetische Teilchen wie das Graviton (das die Gravitationskraft überträgt) sind geschlossene Strings oder Schlaufen. Weil sie keine freien Enden besitzen, kleben sie auch nicht fest und können sich daher frei durch die Extradimensionen bewegen. Die Unterscheidung der zwei String-Arten liefert eine zweite Erklärung dafür, dass uns die zusätzlichen Dimensionen verborgen bleiben: Unsere Messinstrumente bestehen vielleicht vollständig aus Elementarteilchen, die auf einer Bran gefangen sind. Stimmt dies, könnten wir eines Tages aber trotzdem ein Tor in die Extradimensionen aufstoßen: indem wir mit Hilfe künftiger Instrumente auch Gravitonen vermessen, die nicht an die Bran gebunden sind.

Leben wir auf einer Branwelt?

D-Branen können mehrere Dimensionen besitzen bis hin zur Höchstzahl von neun. Eine nulldimensionale D-Bran oder D0-Bran ist eine bestimmte Art von Teilchen, eine D1-Bran ist eine bestimmte Art von Faden (auch diese werden als Strings bezeichnet, damit sind aber nicht die fundamentalen Strings der Theorie gemeint), eine D2-Bran ist eine Art Membran oder Wand, eine D3-Bran ist ein Volumen mit Höhe, Tiefe und Breite, und so weiter. Auf einer D3-Bran könnte sogar das gesamte beobachtbare Universum kleben, Physiker sprechen dann von einer Branwelt.

/10

Branen bewegen sich mühelos durch die zusätzlichen Dimensionen. Irgendwo dort draußen im höherdimensionalen Raum könnten daher weitere Branwelten umhertreiben. Jede von ihnen würde für die auf ihnen gefangenen Beobachter jeweils ein ganzes Universum darstellen. In einiger Hinsicht verhalten sie sich zudem wie Teilchen: Sie können zusammenstoßen, sich gegenseitig vernichten und sogar Systeme bilden, in denen sich Branen gegenseitig umkreisen.

Doch so reizvoll diese Vorstellungen auch sein mögen, der Prüfstein jeder Theorie bleibt das Experiment. Nach einem Schlüsselexperiment, das beweist, ob die Welt aus Strings besteht oder nicht, suchen die Forscher jedoch seit mittlerweile zwanzig Jahren. Zwar wird in diesen Monaten am Forschungszentrum Cern nahe Genf der weltweit größte Beschleuniger LHC in Betrieb genommen. Doch möglicherweise sind auch die Teilchenenergien, die der Large Hadron Collider erzielt, noch zu gering, um in die winzigen Stringwelten vorzustoßen.

Vielleicht aber stellt die Inflation das lang erhoffte Schlüsselexperiment dar. Sie könnte nämlich bei so hohen Energien stattgefunden haben, dass die String-Natur der Elementarteilchen eine wichtige Rolle spielte. In den letzten Jahren hat sich darum eine Reihe von Physikern daran gemacht, die Inflation mit Hilfe der Stringtheorie zu erklären. Aber das ist leider viel leichter gesagt als getan. Sie überprüften, ob die Stringtheorie die Existenz eines Skalarfelds mit folgenden Eigenschaften vorhersagt: Zum einen sollte die potenzielle Energie des Felds groß, positiv und weit gehend konstant sein, um als mächtige Triebfeder der Inflation zu dienen. Zum anderen muss es möglich sein, dass diese potenzielle Energie abrupt in kinetische Energie umgewandelt wird - dann, wenn die Achterbahn am Ende der Inflationsphase nach unten stürzt.

Die gute Nachricht ist, dass in der Stringtheorie kein Mangel an Skalarfeldern herrscht. Hineinschauen in die Extradimensionen können wir zwar trotzdem nicht, aber solche Skalarfelder geben uns zumindest Hinweise auf ihre Existenz. Stellen Sie sich zum Beispiel eine Reise in einem Flugzeug vor, bei der Sie die Sichtblenden aller Fenster hinuntergezogen haben. Die dritte Dimension, die Flughöhe, können Sie dann zwar nicht sehen, aber Sie fühlen die Höhenänderungen, weil der Luftdruck Ihre Ohren zufallen lässt. Auch hier zeigt die Änderung eines Skalarfelds, in diesem Fall des Drucks, das Vorhandensein einer zusätzlichen Dimension an.

/11

Doch welche physikalische Bedeutung haben die Skalarfelder der Stringtheorie? Einige davon beschreiben Größe oder Form der unsichtbaren Raumdimensionen. In der Sprache der Mathematik sind dies geometrische Moduli. Andere Skalarfelder beschreiben den Abstand zwischen verschiedenen Branwelten. Ein Beispiel: Nähert sich unsere D3-Bran einer anderen D3-Bran und sind beide ein wenig gewellt, dann variiert der Abstand zwischen ihnen von Ort zu Ort. Physiker in Toronto könnten für das entsprechende Skalarfeld beispielsweise einen Wert von 1 messen, Physiker in München dagegen den Wert 2; das würde bedeuten, dass die Nachbarbran doppelt so weit von München entfernt ist wie von Toronto.

Auch die nötige Energie, um den Abstand zweier Branen zu verkleinern oder um die Extradimensionen des Raums zu verformen, lässt sich durch ein Skalarfeld beschreiben. Diese Energie könnte Branen auch inflationär expandieren lassen, wie Georgi Dvali von der Universität New York und Henry S.H. Tye von der Cornell-Universität bereits 1998 vorschlugen. Die ersten Rechnungen für verschiedene Skalarfelder waren allerdings recht entmutigend. Ihre Energiedichten waren zu gering, als dass sie eine Inflationsphase antreiben könnten. Wir haben es eher mit einer Eisenbahn auf ebener Strecke zu tun als mit einer Achterbahn, die eine Steigung erklimmt.

Dies war zumindest die Ausgangssituation, die wir im Jahr 2001 vorfanden. Damals begannen auch wir beide, über dieses Problem nachzudenken - gemeinsam mit Mahbub Majumdar, damals an der Universität Cambridge, sowie mit Govindan Rajesh, Ren-Jie Zhang und dem mittlerweile verstorbenen Detlef Nolte. Letztere arbeiteten zu jener Zeit am Institute for Advanced Study in Princeton im US-Bundesstaat New Jersey. Zur selben Zeit entwickelte auch Georgi Dvali und Sviatoslav Solganik von der Universität New York gemeinsam mit Qaisar Shafi von der Universität Delaware einen ähnlichen Ansatz.

Unsere Neuerung bestand darin, dass wir sowohl Branen als auch Antibranen in Betracht zogen. Branen verhalten sich zu Antibranen wie Materie zu Antimaterie: Sie ziehen einander an, ähnlich wie Elektronen ihre entgegengesetzt geladenen Antiteilchen, die Positronen, anziehen. Kommen sich eine Bran und eine Antibran nahe, bewegen sie sich daher immer weiter aufeinander zu.

/12

Die Energie der Branen könnte dabei gerade jene positive Energie sein, die die Inflation in Gang setzt. Ihre anziehende Wirkung führt jedoch auch dazu, dass die Inflation ein natürliches Ende findet - dann nämlich, wenn Bran und Antibran schließlich zusammenstoßen und sich in einer gewaltigen Explosion vernichten. Dies wiederum hat Konsequenzen für benachbarte Branen, zu denen auch unser Universum gehören könnte; in diesem bewirkt die frei gewordene Energie möglicherweise die Entstehung von Materie.

Auch der Raum entwickelt sich dynamisch

Unsere Rechnungen im Rahmen dieses Modells zeigten allerdings, dass die Anziehungskraft zwischen Branen und Antibranen viel zu stark wäre, um die Inflationsphase unseres Universums zu erklären. Sie zeigten aber auch, wie ein stetiger Prozess zu einem abrupten Ende kommen kann, das unser Universum mit Teilchen füllt. Unsere Antibran-Hypothese regte auch weitere Überlegungen zu einer Frage an, der Physiker bereits seit geraumer Zeit nachgehen, nämlich, warum unser Universum dreidimensional ist.

Nun machten wir uns an die Verfeinerung unseres Modells. Was würde passieren, wenn nicht nur die im Raum enthaltenen Branen einer dynamischen Entwicklung unterlägen, sondern auch der Raum selbst? Ursprünglich hatten wir angenommen, dass Größe und Form der zusätzlichen Raumdimensionen unverändert bleiben, wenn sich die Branen bewegen. Diese Vereinfachung war natürlich zu rigoros, denn der Raum krümmt sich nun einmal, wenn er Materie enthält. Andererseits aber war sie durchaus nachvollziehbar: Im Jahr 2001 wusste einfach noch niemand, wie sich Verformungen der Extradimensionen im Rahmen der Stringtheorie ausrechnen lassen.

Binnen nur zweier Jahre änderte sich diese Situation aber ganz erheblich. 2003 entwickelten Shamit Kachru, Renata Kallosh und Andrej Linde von der Stanford-Universität und Sandip Trivedi vom Tata-Institut für Grundlagenforschung im indischen Mumbai einen neuen Formalismus. Dieses nach den Anfangsbuchstaben ihrer Nachnamen als KKLT-Formalismus bezeichnete Modell beschreibt Umstände, unter denen die Geometrie der Extradimensionen vergleichsweise starr und unflexibel ist, sich also nur wenig verändert, wenn sich Objekte darin umherbewegen. Es sagt eine riesige Anzahl möglicher Konfigurationen der Extradimensionen voraus, die Extradimensionen könnten also in je unterschiedlicher Art und Weise aufgerollt sein. Und jede dieser Konfigurationen entspricht einem möglichen Universum.

Vielleicht haben wir es bei dieser StringtheorieLandschaft, wie die Theoretiker sagen, sogar mit einer Unzahl tatsächlicher Universen zu tun, von denen jedes eine kleine Fassette des Multiversums darstellt.

Im Rahmen des KKLT-Szenarios kann Inflation auf mindestens zwei verschiedene Arten stattfinden. Zum einen lässt sie sich als - durch die Gravitation vermittelte - Reaktion der Extradimensionen auf die Bewegung eines Bran-Antibran-Paars beschreiben. Die Geometrie der Extradimensionen kann recht ungewöhnliche Formen annehmen, ähnlich einem Kraken mit vielen röhrenartigen Armen. Die Bewegung einer Bran durch einen solchen Arm schwächt die Anziehung zwischen Bran und Antibran ab. Diese Abschwächung löst möglicherweise das Hauptproblem unseres ursprünglichen Ansatzes. Die geringere Anziehungskraft erlaubt nun langsamere Veränderungen ? langsam genug, um tatsächlich eine Inflationsphase auslösen zu können.

Zum anderen könnte die Inflation direkt durch Veränderungen in der Geometrie der Extradimensionen angetrieben werden. An diesem Prozess müssten nicht einmal bewegte Branen beteiligt sein. Ein erstes String-Inflationsszenario, das auf diese Weise funktioniert, stellten wir gemeinsam mit unseren Kollegen vor zwei Jahren vor. Bei Szenarien dieser Art spricht man auch von ModuliInflation, da die Inflatonen in diesem Fall die Moduli-Felder sind, die die Geometrie der Extradimensionen beschreiben. Während die zusätzlichen Dimensionen ihre derzeitige Konfiguration einnehmen, erfahren die üblichen drei Dimensionen eine beschleunigte Expansion; das Universum formt sich sozusagen selbst. Der Moduli-Inflation gelingt es also auch, eine Verbindung zwischen der Größe der sichtbaren Dimensionen und der Größe und Form der zusätzlichen unsichtbaren Dimensionen herzustellen.

Das Schöne an solchen Theorien ist, dass String-Inflationsmodelle, anders als viele andere stringtheoretische Ansätze, möglicherweise schon in naher Zukunft anhand von Beobachtungen überprüft werden können. Bereits seit Längerem nehmen Kosmologen an, dass während der Inflationsphase Gravitationswellen entstanden, also wellenartige Verzerrungen von Raum und Zeit. Aktuelle String-Inflationsmodelle sagen aber so schwache Gravitationswellen voraus, dass selbst die heute in Planung befindlichen Detektoren sie nicht werden messen können. Darum ist die Planck-Mission für die Zukunft dieser Modelle entscheidend. Der Satellit besitzt die bislang empfindlichsten Detektoren für Gravitationswellen aus der Frühzeit des Universums.

/14

Solche Gravitationswellen nämlich prägen der kosmischen Hintergrund-strahlung, für deren hochpräzise Untersuchung Planck entworfen wurde, ein schwaches Muster auf. Weist Planck das Phänomen tatsächlich nach, wirft dies alle bisher vorgeschlagenen String-Inflationsmodelle aus dem Rennen.

String von gigantischer Länge

Eine weitere Vorhersage einiger Bran-Inflationsmodelle sind kosmische Strings. Solche großen lang gestreckten Strukturen treten als typische Nebenprodukte der gegenseitigen Vernichtung von Branen und Antibranen auf. Es könnte sich dabei um D1-Branen handeln oder auch um fundamentale Strings, die zu gigantischer Länge gedehnt wurden - oder um eine Kombination von beiden. Existieren sie tatsächlich, verzerren sie das Licht ferner Galaxien, bevor es auf der Erde eintrifft. Astronomen könnten diesen Effekt nachweisen.

Trotz solcher Fortschritte der Theorie bleibt eine Reihe von Fragen unbeantwortet. Noch ist zum Beispiel nicht abschließend geklärt, ob es tatsächlich eine Inflationsphase gab. Sollten genauere Beobachtungen eines Tages Zweifel daran wecken, werden sich die Kosmologen alternativen Szenarien für das frühe Universum zuwenden müssen. Vor dem Hintergrund der Stringtheorie wurden darum bereits einige Alternativen entwickelt, denen zufolge unser Universum bereits vor dem Urknall existierte ? vielleicht als Teil eines ewigen Zyklus von Erschaffung und Vernichtung (siehe "Die Zeit vor dem Urknall" von Gabriele Veneziano, "Spektrum der Wissenschaft" 8/2004, S. 30). Die Herausforderung solcher Modelle wäre insbesondere, den Moment des Übergangs zwischen einem sterbenden und einem entstehenden Universum zu beschreiben, der an die Stelle des Urknalls träte.

Doch derzeit erzielt die Stringtheorie äußerst ermutigende Fortschritte. Als erste Theorie erlaubt sie Physikern, konkrete Modelle für die kosmische Inflation zu entwickeln, ohne dass sie willkürliche Annahmen treffen müssen - gleich, ob sie von zusammenstoßenden Branen oder sich verformenden Extradimensionen ausgehen. Ursprünglich war sie unseren Versuchen zu verdanken, die Welt auf winzigsten Größenskalen zu verstehen - nun aber erheben wir unsere Blicke und fahnden am Nachthimmel nach ihren verräterischen Spuren.

Nächste Folge: - Kolbatz Physik - "Woher kommt die Anziehungskraft der Erde? -
Mit der Kolbatz Theorie kann erstmals erklärt werden wieso bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von rund 1.700 km/h. nicht Menschen und Gegenstände durch die Zentrifugalkraft weggeschleudert werden und alle Planeten in ihrer Umlaufbahn bleiben.
Quelle: Spiegel