

Der 72-jährige Nobelpreisträger David Gross im Interview mit P.M.-Mitarbeiterin Monika Weiner (kl. Foto)

Der Physiker und Nobelpreisträger David Gross sagt:

„Multiversen sind wie Seifenblasen in einem Schaumbad“

Der US-amerikanische Experte für Teilchenphysik gilt als einer der führenden Köpfe der String-Theorie. Im kalifornischen Santa Barbara sprach P.M.-Autorin Monika Weiner mit ihm über Dunkle Materie, den Urknall und die nächsten großen Herausforderungen in der Astrophysik

P.M.: Herr Professor Gross, Sie haben den Nobelpreis bekommen für die Erklärung der starken Wechselwirkung, die Atomkerne zusammenhält. Damit haben Sie einen wichtigen Baustein geliefert für das bis heute gültige Standardmodell der Physik. Nach diesem Standardmodell wird das Zusammenspiel der Elementarteilchen durch drei fundamentale Kräfte gesteuert – die starke, die schwache und die elektromagnetische Wechselwirkung.

Warum haben Sie diese schöne Ordnung aufgegeben und sich einer Theorie zugewandt, die all unserer Alltagserfahrung zu widersprechen scheint? Wenn man der String-Theorie glaubt, besteht die Welt aus schwingenden Saiten. Für einen Laien klingt das recht abgedreht. Was ist für Sie als Physiker daran reizvoll?

David Gross: Als theoretischer Physiker ist es mein Ziel, die Welt als Ganzes zu beschreiben. Ich bin wie ein Mann in der Wüste, der nach Wasser und Gold sucht. Wenn ich eine Oase mit einer Goldmine entdecke, bleibe ich natürlich. Doch

wenn es dort nichts mehr zu entdecken gibt, nutze ich mein Wissen und gehe wieder auf die Suche. Das Standardmodell, lange eine Oase für Physiker, ist mittlerweile allgemein akzeptiert: Es beschreibt die Dynamik aller bekannten Elementarteilchen, erklärt, warum die Teilchen zusammenhalten und wie sie miteinander interagieren. Auf diese Weise lässt sich die Welt, in der wir leben, ganz gut beschreiben.

Es gibt jedoch Phänomene, die das Standardmodell bis heute nicht erklären kann. Zum Beispiel den Beginn von Raum, Zeit und Materie. Wir können die Geschichte rechnerisch zwar bis auf einige Pikosekunden nach dem Urknall zurückverfolgen, aber dann stoßen wir an eine Grenze. Der erste Moment unseres Universums ist ungeklärt. Unklar ist auch, wie die Gravitationskraft, die Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt, mit den Kräften zusammenhängt, die zwischen Elementarteilchen wirken. Ein weiteres

ungelöstes Rätsel ist die sogenannte Dunkle Materie: Die Messungen der Astrophysiker zeigen, dass es im Universum riesige Mengen von Materie geben muss, die die Bewegung der Sterne und Galaxien beeinflusst. Diese Materie entzieht sich jedoch unserer Beobachtung. 97 Prozent aller Materie sind unsichtbar! Das Standardmodell liefert dafür keine Erklärung.

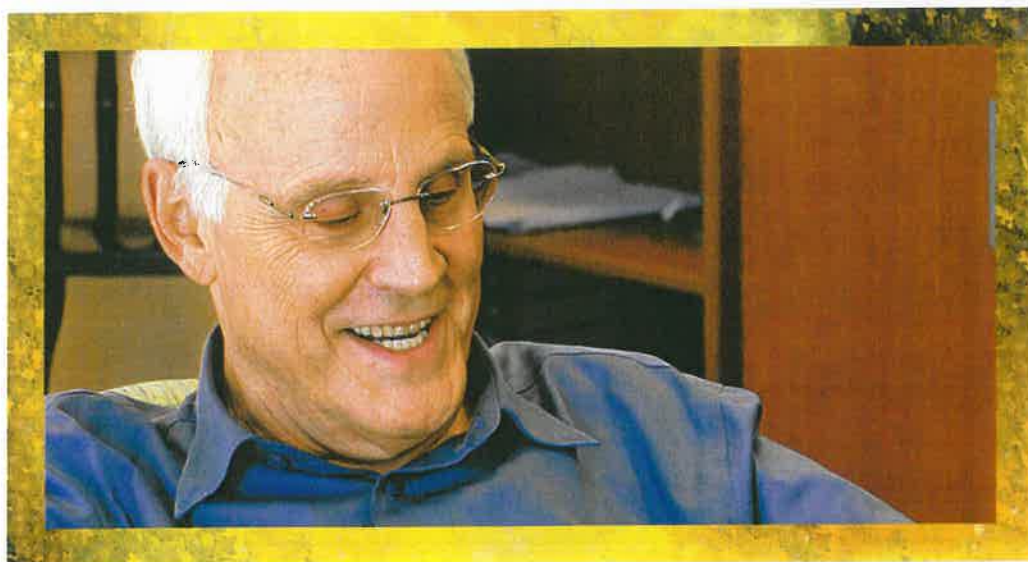
Und die String-Theorie kann diese letzten Geheimnisse lüften?

Ich war da eine Zeitlang sehr optimistisch. Wenn wir Materie nicht als Teilchen betrachten, sondern als winzige Fäden, die schwingen wie die Saiten einer Gitarre, dann eröffnen sich enorme Möglichkeiten: Die Strings können sich nämlich nicht nur in drei Dimensionen bewegen, sondern in mehr als zehn. Es ist, wie wenn wir im Dunklen in etwas hineingestolpert wären, das wir für eine Zwei-Zimmer-Wohnung gehalten haben, und jetzt feststellen, dass wir uns in einem Gebäude mit mehr

als einem Dutzend Räumen befinden. Gut möglich, dass es sogar noch mehr gibt.

Haben Sie da keine Angst, sich zu verlaufen? Im Ernst: Ich habe schon Schwierigkeiten, mir vier Dimensio-

„Die Idee eines Multiversums mit seinen vielen Parallelwelten ist über hundert Jahre alt“



nen vorzustellen, bei zehn bin ich hoffnungslos überfordert. Was finden Physiker an so einem unübersichtlichen Konstrukt attraktiv?

Ich persönlich hatte, als ich angefangen habe, an der String-Theorie zu arbeiten, vor allem ein Ziel: Ich wollte einen Weg finden, das Standardmodell mit Einsteins Gravitation zu verbinden. Eine solche vereinheitlichte Theorie sollte alle Phänomene beinhalten – vom mikroskopisch Kleinen bis zum astronomisch Großen. Tatsächlich eröffnet die String-Theorie hier spannende Möglichkeiten: Unsere Berechnungen haben das Standardmodell bestätigt. Unsere Voraussagen bezüglich der Eigenschaften des Higgs-Teilchens, das kürzlich am CERN in Genf entdeckt wurde, waren ebenfalls richtig. Und dann konnten wir auch noch das Black-Hole-Paradox erklären, das die Physiker schon lange beschäftigt: Schwarze Löcher sind Objekte im Universum, die

ein extrem starkes Gravitationsfeld haben. Sie verschlucken daher alles, was in ihre Nähe kommt. Damit scheinen auch alle Informationen über die Materie, die im Inneren des Schwarzen Lochs verschwindet, unwiederbringlich verloren. Dies freilich widerspricht den fundamentalen Gesetzen der Physik. Wir konnten zeigen, dass die Informationen nicht verloren sind – Strings haben die Situation gerettet.

Das klingt nach einer Erfolgsstory. Trotzdem hatte ich vorhin den Eindruck, dass Sie skeptisch sind, was den Erfolg der Strings betrifft. Sie sagten, Sie seien eine Zeitlang optimistisch gewesen. Was hat Ihren Optimismus getrübt?

Es fehlt immer noch etwas. Es gibt zu viele mathematische Lösungen. Das ist auch der Grund, warum es mittlerweile eine ganze Reihe unterschiedlicher String-Theorien gibt. Ich bin mir nicht

Ganz entspannt: David Gross, während er die String-Theorie erläutert

einmal sicher, ob die alle noch den Namen Theorie verdienen. Eine Theorie ist etwas, das auf einer Gleichung basiert, so wie Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie oder Maxwells Elektrodynamik. Das sind Gleichungen, deren Ergebnisse die Realität beschreiben. Die String-Theorie hat nicht eine solche Gleichung, stattdessen gibt es ganz viele.

Kommen daher die vielen Universen, die von einigen String-Theoretikern postuliert werden?

Die Idee, dass es ein Multiversum mit vielen Parallelwelten gibt, ist über hundert Jahre alt und stammt ursprünglich aus der Philosophie. Dann haben Science-Fiction-Autoren das Thema aufgegriffen. In der String-Theorie ist das Multiversum aufgetaucht, weil einige Leute meinen, man könnte die fundamentalen Kräfte und Elementarteilchen beliebig kombinieren, so, wie man Spielkarten mischt. Auf diese Weise lässt sich eine schier unendliche Zahl von Universen generieren, in denen unterschiedliche physikalische Gesetze herrschen.

Und unseres besteht zufälligerweise aus den bekannten Elementarteilchen, die ebenso zufälligerweise den bekannten Naturgesetzen folgen?

Darüber wird tatsächlich diskutiert. Es gibt einige Theoretiker, die argumentieren, das von uns beobachtete Universum müsse zwangsläufig für die Entwicklung intelligenten Lebens geeignet sein, sonst könnten wir es nicht beobachten. Das ist das anthropische Prinzip. Ich persönlich halte das nicht für wissenschaftlich.

Kann man die Idee nicht überprüfen?

Nicht wirklich. Multiversen sind wie Seifenblasen in einem Schaumbad. Theoretisch können sie überall und dauernd auftauchen. Zum Beispiel hier in diesem Zimmer. Wir sitzen da, reden, den-

ken nichts Böses, und puff – da ist wieder eines. Es würde mikroskopisch klein beginnen und dann schnell expandieren. Zwischen unserem Universum und dem neuen würde es jedoch nie eine Verbindung geben.

Ist das der Grund, warum noch niemand die Geburt eines Universums gesehen hat?

Selbst wenn Multiversen theoretisch möglich wären, wird man nie beweisen können, dass es sie gibt. Unser Universum ist schon von der Definition her das einzige, das wir sehen können. Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie lehrt uns zudem, dass ein Beobachter in unserem Universum niemals mit einem Kollegen in einem anderen Universum kommunizieren kann, sobald sich die Raumzeit-Linien aufgespalten haben. Und genau das würde passieren, wenn hier in diesem Raum ein Universum entstünde.

Dann können wir also niemals herausfinden, ob dieses Interview auch in einem Parallel-Universum stattfindet. In dem zufälligerweise die Teilchen und Kräfte dieselben sind wie hier bei uns?

Ich halte das mit dem Parallel-Universum für eine philosophisch interessante Idee, aber als Physiker möchte ich dazu lieber keine Aussagen machen. Ich bevorzuge, nach Erklärungen für das Universum zu suchen, von dem wir wissen, dass es existiert ...

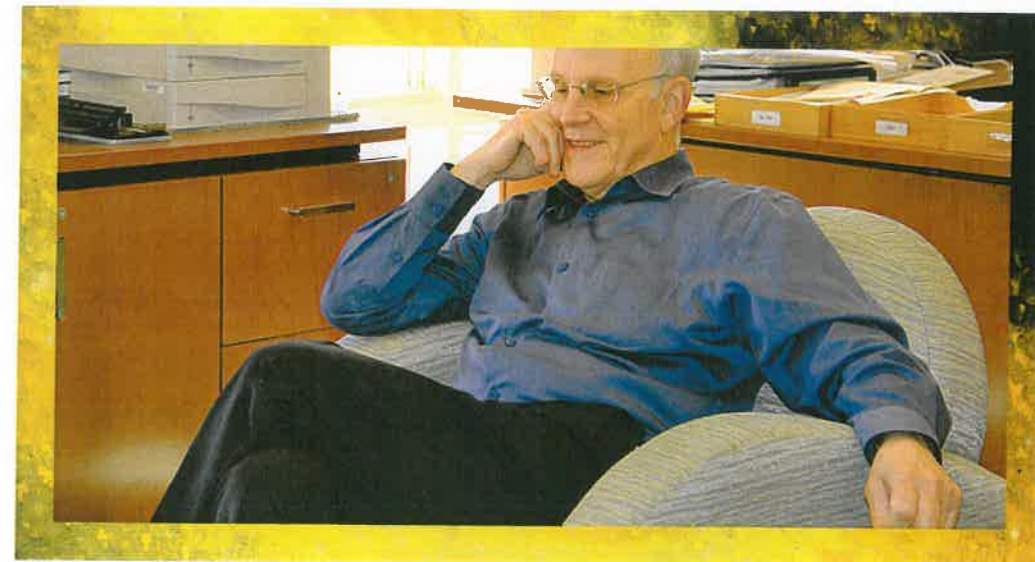
... und dessen Anfang immer noch ein Geheimnis ist.

Genau. Die Frage nach dem Anfang aller Dinge ist sehr schwer zu beantworten, weil wir die physikalischen Gesetze nicht kennen, die damals herrschten. Wir wissen bis heute nicht, was dieser Big Bang eigentlich war, mit dem vermutlich alles begann. Wir können nicht überprüfen, ob unsere Vorstellungen stimmen, denn wir kön-

nen die Geburt unseres Universums nicht im Labor wiederholen. In den ersten Sekundenbruchteilen herrschten so extreme Bedingungen, dass alle Kräfte, die wir kennen – alle Teilchen, Raum und Zeit – zusammenbrechen und ver-

schmelzen zu einem Zustand, den wir Singularität nennen.

Es gibt viele Wissenschaftler, die daran arbeiten, diesen ersten Moment zu verstehen. Aber meine Intuition sagt mir, dass wir nicht ans Ziel kommen, wenn die Physik



nicht einen großen Sprung nach vorn macht.

Die String-Theorie ist nicht dieser große Sprung?

Ich kann es mir nicht vorstellen. Übrigens liefert auch die Multiversums-Idee, über die wir gerade gesprochen haben, auf die Frage nach dem Beginn der Zeit keine neuen Antworten: Am Anfang der Schaumbad-Universen steht immer noch die Singularität.

Und was ist mit dem Ende der Zeit?

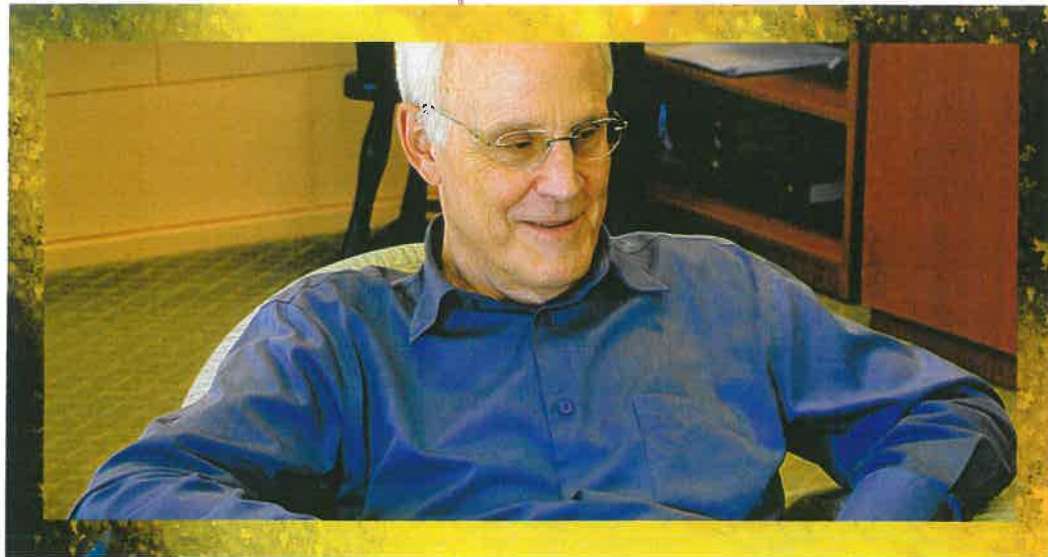
Der Stand der Forschung ist, auch was das Ende betrifft, nicht befriedigend. Eigentlich gibt es gar kein Ende: Die Expansion des Universums scheint zuzunehmen, alles fliegt immer weiter auseinander. Irgendwann ist dann jedes Atom allein, unfähig, mit anderen zu kommunizieren, die sich mit Lichtgeschwindigkeit von ihm entfernen. Das klingt genauso verrückt wie der Big Bang am Anfang.

„Wir wissen bis heute nicht, was der Big Bang eigentlich war. Meine Intuition sagt mir, dass wir nur ans Ziel kommen, wenn die Physik einen großen Sprung nach vorn macht“

Ich glaube daher, wir brauchen einen komplett neuen Ansatz, um Anfang und Ende erklären zu können. Wir haben gerade erst angefangen, diese Mysterien zu erforschen. Eine Lösung ist noch nicht zu sehen.

Der Herr der Teilchen

Die Geheimnisse des Universums begeisterten den 1941 in Washington D.C. geborenen David Gross schon als Schüler. Als er in Jerusalem, wo sein Vater als Dozent arbeitete, die High School besuchte, stapelten sich in seinen Regalen Bücher über Kernphysik,



Hört sich an, als würden Sie mal wieder nach einer neuen Oase suchen. Wo könnte die zündende Idee denn zu finden sein?

Physiker auf der ganzen Welt arbeiten daran, die Theorien jenseits des Standardmodells zu vereinheitlichen – die String-Theorie ist nur eine davon. Bereits jetzt können wir erstaunliche Vorhersagen machen, die dann selbstverständlich durch Experimente bestätigt werden müssen. Im Fall des Higgs-Teilchens ist dieser Nachweis schon gelungen. Der nächste Kandidat ist die Dunkle Materie.

Diese ominöse Masse im Universum, von der man annimmt, dass es sie gibt, weil die Bewegung der Sterne und Galaxien darauf schließen lässt, dass mehr Materie im Universum vorhanden ist, als wir sehen. Haben die Theoretiker dafür denn mittlerweile eine plausible Erklärung?

Möglicherweise ist die Dunkle Materie ein Indiz dafür, dass es in

Quantenmechanik und Astrophysik. Die Entscheidung, Physik zu studieren, fiel Gross nicht schwer.

Sein Spezialgebiet wurden die Kräfte, die die Welt im Innersten zusammenhalten. Um sie zu erforschen, ging er an die University of California in Berkeley, dort befand sich in den 1960er Jahren einer der leistungsfähigsten Teilchenbeschleuniger. Für Gross ein ideales Umfeld, um neue Theorien zu entwickeln.

Die nächsten Stationen seines Forscherlebens waren die amerikanischen Elite-Universitäten Harvard und Princeton. 1973 entdeckte er zusammen mit seinem ersten Doktoranden Frank Wilczek die Ursache der starken Wechselwirkung, die Elementarteilchen im Atomkern zusammenhält. Für seine Arbeit erhielt er 2004 zusammen mit Frank Wilczek und H. David Politzer den Nobelpreis für Physik.

David Gross gehört zu den führenden Köpfen der String-Theorie. Deren Verfechter gehen davon aus, dass sich das Universum besser verstehen lässt, wenn man Materie nicht als Teilchen, sondern als schwingende Saiten, englisch „strings“, betrachtet.

Während der letzten 16 Jahre war Gross Direktor des Kavli Institute for Theoretical Physics, kurz KITP, an der University of California in Santa Barbara. Seit Juli 2012 ist er im Ruhestand. Er ist verheiratet, hat zwei Kinder und vier Enkel.

der Natur eine Symmetrie gibt. Viele Theoretiker sind davon überzeugt. Eine solche Supersymmetrie, kurz SUSY, hätte zur Folge, dass es zu jedem Teilchen des Standardmodells ein Partnerteilchen gibt.

Und das sind die Bausteine der Dunklen Materie? Hat denn schon mal irgendwer so eine SUSY-Teilchen gesehen?

Nein. Und das liegt wahrscheinlich daran, dass die Superpartner sehr schwer sind. Um sie zu finden, braucht man enorm leistungsfähige Teilchenbeschleuniger. Wir hoffen, dass es am CERN in Genf eines Tages gelingt, das leichteste unter den SUSY-Teilchen aufzuspüren. Es hat bereits einen Namen: WIMP, die Abkürzung für Weakly Interacting Massive Particle. Die WIMPs gelten derzeit als aussichtsreichste Kandidaten für die Erklärung der Dunklen Materie.

Nehmen wir mal an, die Experimente würden die Existenz eines SUSY-Teilchens bewiesen. Würde das den großen Sprung in der Physik auslösen?

Zumindest würde ich jede Menge Wetten gewinnen! Aber im Ernst, es wäre ein enorm wichtiges Ergebnis: Supersymmetrie ist ein ganz wichtiger Bestandteil der String-Theorie. Der Nachweis eines SUSY-Teilchens wäre damit der Beweis, dass unsere Vorhersagen richtig sind. Außerdem würde uns der Nachweis der Supersymmetrie bei der Vereinheitlichung der Kräfte enorm weiterbringen.

Wann rechnen Sie damit, dass es so weit ist?

Es wird noch ein wenig dauern. Ich bin aber optimistisch, dass ich es noch erlebe. ☛



wunderwelt WISSEN

ENTERTAIN YOUR BRAIN

JETZT MONATLICH!

wunderwelt WISSEN

GLENN MILLER

BERÜHMTE OPFER

HAROLD HOLT

AMELIA EARHART

VERMISST!
Die spektakulärsten Fälle der Weltgeschichte

+ Aus den Geheimakten der Polizei +

RAOUL WALLENBERG

DAN COOPER

PERCY FAWCETT

Neu
jetzt auch für
iPad und
Android-Tablets

pubbles.de

GROSSER SONDERTEIL

Galileo

Außerdem im Heft:

- Achtung, Atom-Müll! Wie können wir kommende Generationen warnen?
- Mars-Mission: Werden die Astronauten im Fernsehen gecastet?
- Die Karate-Tricks der Killerwale