

SPIEGEL-GESPRÄCH

„Neue Ära der Physik“

Die US-Physikerin Lisa Randall über Sternenexplosionen in verborgenen Welten, die Suche nach neuartigen Teilchen und die vergebliche Jagd nach einer Weltformel

der achtziger Jahre hatten sie entdeckt, dass sich eine Vielzahl bisher rätselhafter Phänomene erklären ließ, wenn man annimmt, dass die Welt in Wirklichkeit nicht aus Teilchen, sondern aus aberwitzig winzigen Fädchen besteht.

Viel zu kurz sind diese „Strings“, als dass sie mit Mikroskopen welcher Art auch immer sichtbar gemacht werden könnten. Wahrnehmbar sind nur ihre Vibrationen – sie äußern sich in Gestalt von Teilchen. Elektronen, Lichtquanten und Quarks sind demnach also nichts anderes als die Schwingungen der eigentlich elementaren Strings.

Rasch allerdings mussten die Physiker einsehen, dass Strings, die im gewöhnlichen dreidimensionalen Raum schwingen, mathematischen Unfug produzieren. Gutmütig verhalten sie sich nur in neun räumlichen Dimensionen. Das, so hätte man meinen mögen, sollte reichen, einer Idee den Garaus zu machen. Doch die Physiker waren zu sehr verliebt in die phantastischen Eigenschaften ihrer Strings, um sich von den sechs zusätzlich erforderlichen Dimensionen schrecken zu lassen. Da sie nicht sichtbar seien, so argumentierten sie forsch, müssten sie eben unsichtbar sein. Aufgerollt zu Knäueln, abermilliardenfach kleiner als Atomkerne, seien sie den Physikern bisher verborgen geblieben.

Lange fand Randall all diese Hypothesen äußerst unbefriedigend. Denn um nachzuweisen, ob es die Strings wirklich gibt, bedürfte es Teilchenbeschleunigern von den Ausmaßen ganzer Galaxien.

Irgendwann jedoch begann sie dann doch, sich für die Theorien der Stringphysiker zu interessieren. Denn in deren Gleichungen waren merkwürdige membranartige Gebilde aufgetaucht, die ihre Neugier weckten. Was, wenn das gesamte beobachtbare Universum eine solche Membran wäre, an die alle Teilchen und Kräfte gefesselt sind? Wenn also die Welt nur eine von vielen dreidimensionalen Inseln in einem viel gewaltigeren Universum wäre?

Randall rechnete und kam zu dem Schluss, dass eine dreidimensionale Membran tatsächlich den sie umgebenden Raum so gründlich verbiegen kann, dass sie von der Außenwelt vollständig isoliert wäre – fast vollständig jedenfalls, und genau dieses „fast“ faszinierte sie besonders.

Anders als bei den meisten Stringtheorien nämlich scheinen ihre Ideen überprüfbar zu sein. Schon wenn im nächsten Jahr der gewaltige Teilchenbeschleuniger LHC am Cern nahe Genf in Betrieb geht, dürfte sich zeigen, wie viel Randalls Spekulationen mit der Wirklichkeit zu tun haben.

Auf einem 27 Kilometer langen Tunnelparcours werden dort Teilchen beschleunigt, um am Ende mit nie zuvor erreichter Wucht aufeinanderzuknallen. Im Schauer der Splitter, die bei diesen Crashes entstehen, hofft Randall Spuren jener Dimensionen zu finden, die es bisher nur in ihren Gleichungen gibt.

JOHANN GROLLE

SPIEGEL: Frau Professor Randall, in Ihrem Buch lernen wir, dass eine bloße Atomlänge von hier entfernt eine andere Welt existieren könnte. Helfen Sie uns: Wie sollen wir uns das vorstellen?

Randall: Das Problem ist, dass wir andere Welten oder „Branes“, wie wir es nennen, nicht sehen können – jedenfalls wenn es in ihnen keinen Elektromagnetismus gibt und folglich kein Licht. Wir und alles, was wir sehen, kleben an einer dieser Branen, und deshalb können wir andere Welten nicht sehen.

SPIEGEL: Und schon gar nicht können wir vermutlich dorthin reisen?

Randall: Nein. Reisen von Brane zu Brane sind prinzipiell unmöglich.

SPIEGEL: Können Sie uns verraten, woraus unsere Brane, also unsere Welt, besteht?

Randall: Oh, sie ist nicht grün oder so. Eine Brane ist selbst der fundamentale Stoff. Sie ist ein Ort, an dem Dinge kleben können ...

SPIEGEL: ... Dinge wie Sie und wir zum Beispiel?

Randall: Sie sagen es.

SPIEGEL: Und was befindet sich zwischen unserer Brane-Welt und anderen Brane-Welten?

Randall: Da ist schlicht Raum, fünf-, sechs- oder auch neundimensionaler Raum.

SPIEGEL: Aber wir leben doch auch im Raum. Was ist denn da der Unterschied?

Randall: Der Unterschied ist, dass eine Brane, anders als der Raum zwischen zwei Branen, Teilchen und Ladungen tragen kann; sie kann sich bewegen; sie kann, wie eine Membran, gespannt sein. In diesem Sinne ist sie also ein Ding. Und sie ist ein Ort, an dem andere Dinge sein können.

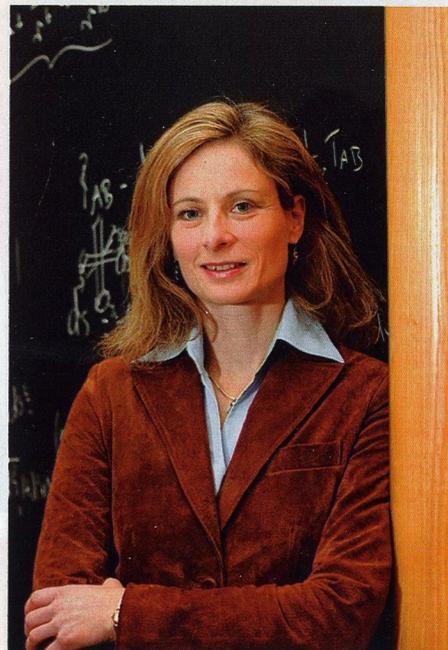
SPIEGEL: Wissen Sie denn sicher, dass es neben unserer noch andere Brane-Welten gibt?

Randall: Nein, es ist nur eine Möglichkeit. Aber es gibt eigentlich keinen Grund, warum andere Brane-Welten nicht existieren sollten. Es ist einigermaßen unwahrscheinlich, dass die Welt, die wir kennen, die einzige ist, die es gibt.

SPIEGEL: Wenn es diese anderen Welten tatsächlich gibt, können wir dann Kontakt zu ihnen aufnehmen?

Randall: Nur mit Hilfe der Kräfte, die auch den Raum zwischen den Branen durchdringen.

SPIEGEL: Und welche Kräfte sind das?



RICK FRIEDMAN

Physikerin Randall: „Es ist unwahrscheinlich, dass unsere Welt die einzige ist“

Randall: Sicher wissen wir das nur von der Gravitation. Und es könnte durchaus sein, dass die Schwerkraft die einzige Kraft ist, die im Raum zwischen den Branen wirkt. Das würde dann bedeuten, dass wir einzig mittels Gravitation in Wechselwirkung mit fremden Branen treten können. Allerdings wäre das nur eine extrem schwache Wechselwirkung.

SPIEGEL: So schwach, dass wir keine Chance haben, von diesen anderen Welten irgendetwas mitzukriegen?

Randall: Kaum. Wenn sich dort etwa eine Supernova, also eine Sternenexplosion, ereignet – wenn aber der Stoff, aus dem die Sterne dort bestehen, total anders ist als unsere Materie –, dann würden wir sie niemals sehen können. Es können ganz nah wahrlich dramatische Dinge passieren, und wir würden nichts von ihnen erfahren.

SPIEGEL: Lässt sich denn irgendetwas sagen darüber, aus was für einem Stoff diese Supernovä anderer Welten bestehen könnten?

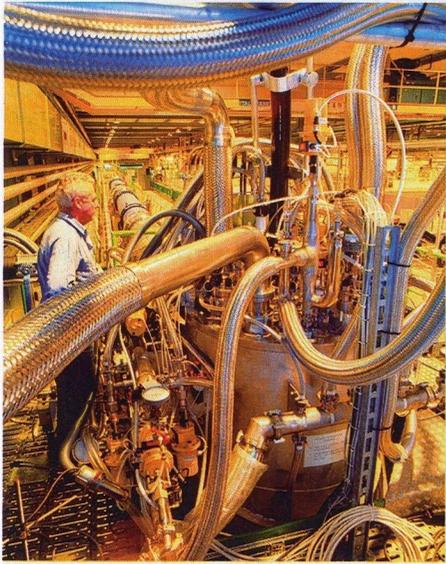
Randall: Nein, leider nein. Vergessen Sie nicht, dass unsere gesamte Chemie äußerst empfindlich abhängt von der exakten Form der Kräfte, der Teilchen und Massen in unserer Welt. Wenn all das anders ist, könnte auch die Chemie völlig anders sein.

SPIEGEL: Könnte denn unsere Welt plötzlich mit einer anderen Brane-Welt zusammenstoßen?

Randall: Theoretisch schon. Es gibt auch Leute, die glauben, dass genau das ehedem passiert ist, als sich die Kräfte unserer Welt herausbildeten.

SPIEGEL: Wenn es noch einmal zu so einem Brane-Crash kommt, dann würde es für uns vermutlich ziemlich ungemütlich werden?

Randall: Ehrlich gesagt halte ich mich lieber an das, was ich berechnen kann. Wenn Branes kollidieren, dann beginnt die Gravitation in der Tat bedeutsam zu werden – und die Rechnung bricht zusammen.



Test von Beschleuniger-Magneten am Cern
„Zuerst wird es ein großes Chaos geben“

SPIEGEL: Sie haben uns jetzt viel darüber erzählt, was Sie nicht wissen. Wenn Sie nicht wissen, wie andere Brane-Welten aussehen, welche Kräfte in ihnen wirken, ja nicht einmal, ob sie überhaupt existieren – was fasziniert Sie dann so sehr daran?

Randall: Genau das, was Sie sagen, habe ich anfangs auch gedacht: Es gibt so unendlich viele Möglichkeiten, aber wir wissen fast nichts darüber. Fasziniert war ich erst, als ich feststellte, dass die Brane-Welten tatsächlich Konsequenzen haben können für unsere Welt. Ich habe gemerkt, dass bestimmte Szenarien genaue Vorhersagen machen über die Massen der Teilchen, die wir kennen. Es gibt in der heutigen Kosmologie und in der Stringtheorie viele spekulative Ideen. Mein Interesse ist immer dann geweckt, wenn sich daraus wahrhafte, physische Dinge ergeben, die sich experimentell studieren lassen.

SPIEGEL: Können Sie sich noch daran erinnern, wann genau Ihr Interesse geweckt wurde?

Randall: Ich weiß noch, wie ich von einer Konferenz zurückkam und erstmals dachte: Vielleicht könnten die Zusatzdimensionen, von denen die Stringforscher reden, ja doch hilfreich sein. Und dann habe ich Ra-

man Sundrum angerufen, den ich von einer früheren Zusammenarbeit kannte. Ich wusste, dass er bereits mit Zusatzdimensionen gearbeitet hatte. Gemeinsam mit ihm habe ich über all den Möglichkeiten gebrütet, die es geben könnte.

SPIEGEL: Von Zusatzdimensionen reden die Stringphysiker spätestens seit Mitte der achtziger Jahre, und alle waren ganz aufgeregt. Warum haben Sie nicht damals schon Feuer gefangen?

Randall: Eben weil die Theorien damals noch keinerlei Vorhersagen zu machen vermochten. Ein direkter Weg zu den Antworten auf echte, praktische Fragen schien mir die Stringtheorie nicht. Aber zusammen mit Raman hatte ich dann plötzlich das Gefühl, dass es eine Überlappung mit Messbarem geben könnte. Außerdem war sicher entscheidend, dass ich eine eigene, neue Betrachtungsweise der Dinge gefunden hatte. Es ist doch so, dass die Dinge immer dann interessant werden, wenn Sie das Gefühl haben, selbst etwas beitragen zu können.

SPIEGEL: Wenn Stringphysiker von ihren Theorien reden, dann ist da oft von Schönheit die Rede. Wie wichtig scheint Ihnen die Schönheit Ihrer Gleichungen?

Randall: Ach, wissen Sie, wenn Sie sich zu sehr auf Schönheit fixieren, dann kann Sie das auch ganz schön in die Irre führen. Denn wir alle wissen doch, dass keine Einigkeit darüber besteht, was schön ist.

SPIEGEL: Wer Stringforschern lauscht, kann schon manchmal das Gefühl kriegen, sie seien sich da erstaunlich einig ...

Randall: Gut. Also was finden Physiker schön? Wenn ihre Gleichungen einfach und symmetrisch sind. Aber es ist nun einmal eine Tatsache, dass die Welt oft weder einfach noch symmetrisch ist. Also fragt sich: Was ist schöner? Wenn eine Theorie einfach ist, oder wenn sie genauso chaotisch ist wie die Welt?

SPIEGEL: Was eigentlich ist Ihr Fernziel – das Chaos der Welt zu erklären?

Randall: Nun, letztlich will ich wissen, wie alles zusammenpasst. Wie das Universum sich zu dem entwickelt hat, was wir heute sehen.

SPIEGEL: Wird am Ende eine Art Weltformel stehen?

Randall: Ich weiß nicht, ob die Suche nach einer Weltformel der richtige Ansatz ist. Mir geht es darum, die Grenzen des Wissens so weit zu verschieben, wie ich es eben kann. Ich rede dabei ungern vom Absoluten.

SPIEGEL: Sie glauben also nicht daran, dass es irgendwann eine Weltformel zu entdecken gibt?

Randall: Wir machen Fortschritte. Aber ehrlich gesagt, nein: Ich glaube nicht, dass es eine Weltformel geben wird. Und trotzdem kann es lehrreich sein, danach zu suchen.

SPIEGEL: Viele Physiker scheinen von der Existenz einer Weltformel überzeugt ...

Telefonieren,
so oft man will





CERN / SPL / AGENTUR FOCUS

Teilchen-Crash (Computersimulation): „Werden wir winzige Schwarze Löcher sehen?“

Randall: Ich glaube, das ändert sich gerade. Auch die Stringphysiker merken, dass es Probleme gibt, die sie nicht in den Griff kriegen. Das Ziel muss doch sein, all die Phänomene zu beschreiben, die es gibt in unserer Welt. Und die Frage ist: Geht das, ohne spezielle Annahmen zu machen? Wodurch ist das spezifische Universum, in dem wir leben, ausgezeichnet? Vielleicht gibt es ja viele Universen, und wir leben eben in einem davon, ohne dass uns diese Weltformel verrät, warum.

SPIEGEL: Es scheint ja schon bei Einstein einen tiefen Glauben an so eine Weltformel gegeben zu haben ...

Randall: ... ja, aber es hat nicht geklappt. Einstein hat diese Formel nie gefunden.

SPIEGEL: Wenn es diese Formel gar nicht gibt, worin besteht dann der Fortschritt Ihres Fachs?

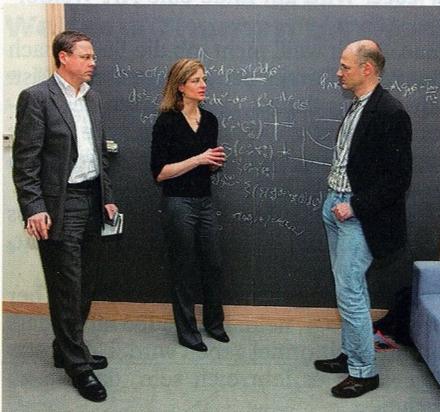
Randall: Wir werden sicher weitere vereinheitlichende Prinzipien finden. Ich werde oft gefragt, ob die Welt einfacher wird. Ich denke: Auf fundamentaler Ebene mag die Theorie einfacher werden, aber es wird immer schwieriger, die Konsequenzen zu errechnen. Kein Zweifel, wir schieben die Grenze immer weiter nach draußen. Wird die Welt dadurch schöner und einfacher? In gewissem Sinne ja. Denn es werden immer mehr Zusammenhänge zwischen immer mehr Phänomenen offenbar. Aber andererseits tun sich damit immer mehr Fragen auf.

SPIEGEL: Sie sprachen vorhin davon, Ihre Theorien hätten Schnittmengen mit Messbarem?

Randall: Oh ja. Das ist gerade das Spannende daran. Lange sah es so aus, als bewegte sich die Stringtheorie ausschließlich jenseits von allem, was man je wird sehen können. Aber gerade unser Konzept des verbogenen Raums führt dazu, dass Dinge, die unerreichbar schienen, plötzlich in Reichweite rücken.

SPIEGEL: Schon bald werden also auch die experimentellen Physiker aufbrechen in die Welt zusätzlicher Dimensionen?

Randall: Absolut. Wir stehen jetzt an der Schwelle, wo die Theorien der Stringphysiker sich möglicherweise in Beziehung setzen lassen zu beobachtbaren Phänomenen. Damit beginnt eine neue Ära der Physik.



RICK FRIEDMAN

Randall, SPIEGEL-Redakteure*
„Schönheit kann in die Irre führen“

SPIEGEL: Von welchen Experimenten sprechen Sie denn?

Randall: Vor allem wird der neue Beschleuniger LHC am Cern bald seine Arbeit aufnehmen. Damit beginnt eine sehr spannende Zeit.

SPIEGEL: Was genau erwarten Sie?

Randall: Wahrscheinlich wird es erst einmal ein großes Chaos. Natürlich hoffe ich, dass wir Dinge sehen, die mit zusätzlichen Dimensionen in Zusammenhang stehen, zum Beispiel die sogenannten Kaluza-Klein-Teilchen, die charakteristisch für solche Zusatzdimensionen sind. Aber es könnte auch sein, dass wir Dinge finden, die niemand erwartet hatte.

SPIEGEL: Wann dürfen wir denn mit den ersten Sensationen rechnen?

Randall: Wenn Sie mich fragen – in fünf Jahren. Der LHC wird 2007 einsatzbereit sein. Aber bis die ersten echten Resultate vorliegen, wird es dann noch etwas dauern. Denn die Daten sind sehr schwer zu deuten. Werden wir feststellen, dass da irgendwelche rätselhafte Energie fehlt? Werden wir winzige Schwarze Löcher sehen? Wir wissen es nicht.

SPIEGEL: Falls Ihre Hypothesen über andere Brane-Welten falsch sein sollten, wird es möglich sein, sie mit Hilfe des LHC zu widerlegen?

Randall: Hätte man den noch größeren Supraleitenden Super Collider gebaut, der in Texas geplant war, würde ich an dieser Stelle eindeutig antworten: Ja. Beim LHC dagegen besteht eine Restwahrscheinlichkeit von, sagen wir, fünf Prozent, dass er Energien erzeugt, die ganz knapp unter denen liegen, die man brauchte, um die entsprechenden Kaluza-Klein-Teilchen nachzuweisen.

SPIEGEL: Und was tun Sie, wenn nichts gefunden wird?

Randall: Dann, denke ich, ist es Zeit, sich was anderes zu suchen. Ich habe mich ja auch in der Vergangenheit mit vielen verschiedenen Gebieten der Physik befasst. Ich will mich nicht mein Leben lang mit demselben Problem beschäftigen.

SPIEGEL: Und Ihre Kollegen? Werden die dann auch aufgeben?

Randall: Viele ja. Vor allem die Jüngeren werden sich was Neues suchen. Aber ich halte es für sehr unwahrscheinlich, dass es nichts jenseits der bekannten Theorien gibt. Ich kann mir das nicht recht vorstellen. Es würde keinen Sinn ergeben.

SPIEGEL: Und was, wenn der LHC doch keine interessanten Ergebnisse liefert? Einen neuen Beschleuniger für noch mehr Milliarden bauen?

Randall: Oh je. Etwas Neues zu finden wäre sehr aufregend. Und gar nichts zu finden sehr enttäuschend. Natürlich würden wir uns dann einen neuen Beschleuniger wünschen. Aber ob wir den dann noch genehmigt kriegen würden?

SPIEGEL: Frau Randall, wir danken Ihnen für dieses Gespräch.

* Jörg Blech und Johann Grolle in Randalls Büro an der Harvard University.