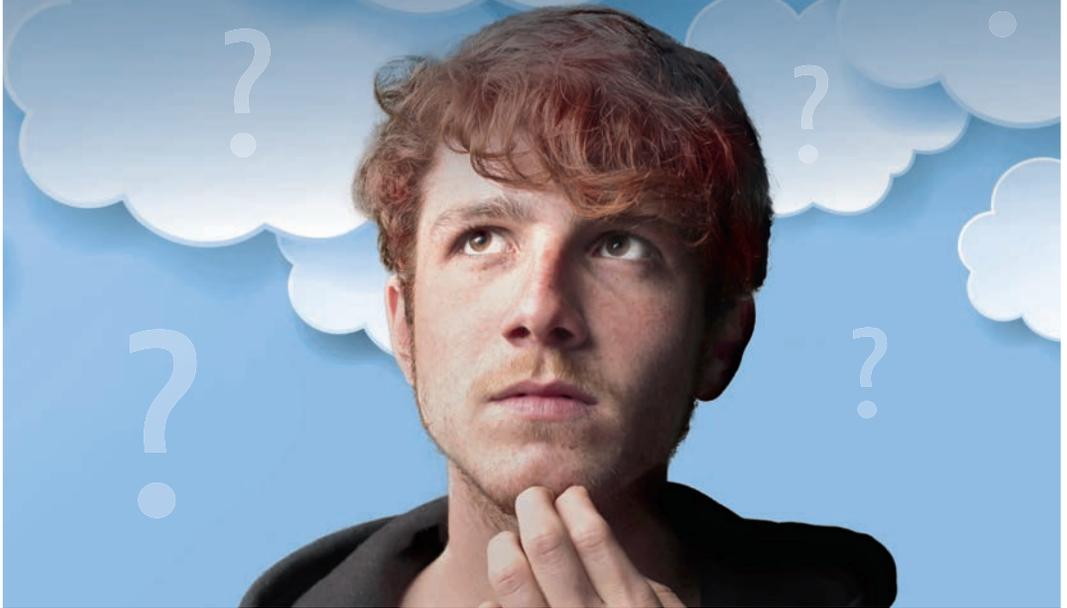


Gábor Paál

Warum fallen Wolken nicht vom Himmel?

Frag den Paál!

Aha-Effekte für Neugierige



HIRZEL

»SWR2

getrieben wurden. Auch in Italien, tief unter der Erde im Gran-Sasso-Massiv in Mittelitalien, versuchen Physiker von den unzähligen Neutrinos, die die Erde durchkreuzen, wenigstens mal hier und da eins nachzuweisen. Wobei das nicht nur Neutrinos sind, die auf natürlichem Wege entstehen. Es gibt ja bei Genf den berühmten Teilchenbeschleuniger CERN. Und im CERN werden gezielt auch Neutrinos erzeugt, die dann durch die Erde flitzen und von denen dann ein paar bei den unterirdischen Detektoren in Italien ankommen.

Aber das ist eben, selbst wenn, nur ein winziger Bruchteil. Die meisten Neutrinos fliegen durchs Weltall und vielleicht kollidieren sie erst in vielen Millionen Jahren mal mit irgendeinem Atomkern in einer fernen Galaxie.

Was ist ein Wurmloch?

In Science-Fiction-Filmen kommen Wurm Löcher dann ins Spiel, wenn es darum geht, Menschen ganz schnell in entfernte Gegenden des Universums bringen – oder bei Zeitreisen. Das Wurmloch ist in diesem Zusammenhang also eine Abkürzung im Universum oder ein Fenster in die Zukunft oder die Vergangenheit. Das hat aber mit dem, was Astrophysiker unter einem Wurmloch verstehen, nur sehr entfernt etwas zu tun.

Was also ist ein Wurmloch? Stellt man sich einen Apfel vor, durch den sich ein Wurm von der einen zur anderen Seite durchgefressen hat, ist das eine ganz gute Analogie zu dem, was sich Physiker unter einem Wurmloch vorstellen. Der Apfel – oder genauer gesagt: die Oberfläche des Apfels – würde das gesamte Universum darstellen, sodass der Wurm tatsächlich eine Abkürzung nähme. Das ist die Kurzform.

Nun ist das Universum bekanntlich kein Apfel. Wie kommen Physiker also darauf, so einen Vergleich anzustellen?

Das hängt mit Albert Einstein zusammen, konkret: mit zwei zentralen Thesen seiner Theorie. Die erste ist, dass Raum und Zeit eine Einheit bilden, nämlich die vierdimensionale Raumzeit. Und die zweite ist, dass diese Raumzeit überall dort, wo sich Materie und Energie befinden, gekrümmt ist. Damit sind wir wieder beim Apfel: Die gerundete Oberfläche des Apfels steht in diesem Bild für die gekrümmte Raumzeit.

Der Unterschied: Die Apfeloberfläche ist – wie jede Oberfläche – zweidimensional. Die Raumzeit dagegen hat vier Dimensionen. Das können wir uns aber intuitiv nicht vorstellen, deshalb greifen die Kosmologen zu dem Vergleich mit dem Apfel. Stellen wir uns also eine Ameise vor, die über den Apfel läuft. Sie ist so klein, dass sie nicht merkt, dass die Apfeloberfläche gekrümmt ist. Ihr geht es also so wie uns, wenn wir über die Erdoberfläche wandern. Wir haben den Eindruck, die ist (von Bergen und anderen sichtbaren Unebenheiten abgesehen) flach.

Aber die Erde ist nun mal eine Kugel, also wenn wir eine Strecke auf der Erdoberfläche zurücklegen (oder mit dem Schiff übers Meer fahren), beschreibt unsere Weglinie eine Kurve. So wie der Weg der Ameise über den Apfel. Und so ähnlich ist das auch mit der gekrümmten Raumzeit: Wir haben das Gefühl, der Raum (und damit die Raumzeit) ist „flach“, dabei ist er gekrümmt. Das bemerken wir aber nicht, weil alles, woran wir uns orientieren, diese Krümmung mitmacht – zum Beispiel die Lichtstrahlen.

Der Vergleich mit dem Apfel hat aber Grenzen. Zum Beispiel ist die Apfeloberfläche in sich geschlossen, eine Ameise kann auf der Oberfläche einmal herumlaufen und ist am Ende wieder da, wo sie gestartet ist. Das ist im Universum nicht unbedingt so, und schon gar nicht in der Raumzeit (sonst würden wir nach einem langen Weg in die Zukunft irgendwann in der Vergangenheit landen).

Das Bild vom Apfel ist aber noch aus einem anderen Grund schief. Denn wenn ich sage, die Apfeloberfläche entspricht dem Universum, stellt sich natürlich die Frage: Wozu gehört denn dann das Wurmloch bzw. der Wurm, wenn er sich mitten im Apfel befindet?

An dieser Stelle verlassen die Physiker das Bild vom Apfel und bemühen lieber einen anderen Vergleich, nämlich den von einer Tasse mit einem Henkel. Die Tasse hat ja auch eine gekrümmte Oberfläche. Am Henkel passiert aber etwas Besonderes. Stellen wir uns wieder eine Ameise vor, die sich bis zum unteren Ende des Henkels hochgearbeitet hat. Um ans obere Ende des Henkels zu gelangen, kann sie an der Henkeloberfläche entlangkrabbeln; sie kann allerdings auch eine Abkürzung nehmen und sich über die eigentliche Tassenoberfläche vom unteren Henkelansatz zum oberen bewegen. Diese Abkürzung entspricht mathematisch eher dem Wurmloch der Physiker, das heißt, sie stellen sich vor, dass es in der Raumzeit Strukturen geben kann ähnlich wie die Henkel von Tassen – nur eben vierdimensional ...

Gibt es solche Wurmlöcher nun wirklich?

Das weiß niemand. Ein Wurmloch ist nur ein mathematisch-physikalisches Konstrukt, das unter ganz bestimmten Bedingungen möglich sein könnte. Es gibt bisher aber keinerlei Beweis oder Anzeichen dafür, dass Wurmlöcher wirklich existieren. Und selbst wenn es sie gäbe, bliebe die Frage: Wie sind sie wirklich beschaffen? Kann man sie gezielt nutzen oder zufällig hineingeraten? Ob man eine Reise durch ein Wurmloch überleben würde, steht nochmal auf einem ganz anderen Blatt. Insofern ist es derzeit, was es ist: Science Fiction.

Wie endet das Universum?

Das Universum begann nach der gängigen Lehrmeinung einmal sehr klein mit dem sogenannten Urknall; seitdem expandiert es. Astronomen können beobachten, dass sich die Galaxien voneinander entfernen. Andererseits gibt es die Schwerkraft, die dazu führt, dass sich Materie zusammenklumpt. So sind einst die Sterne und Galaxien entstanden, und so entstehen auch Schwarze Löcher – Materie zieht sich gegenseitig an.

Nun gibt es mehrere Möglichkeiten: Entweder die Expansion des Universums wird immer langsamer und hört irgendwann auf. Dann wird sich alles aufgrund der Schwerkraft wieder zusammenziehen, vielleicht sogar bis zu einem Punkt, ähnlich wie ganz am Anfang. Und dann könnte – so sagen Astrophysiker – auf diese Kontraktion ein neuer Urknall folgen. Das Universum würde also bildhaft gesprochen „atmen“: Ein paar Billionen Jahre dehnt es sich aus, dann zieht es sich wieder zusammen, und dann geht alles von vorne los.

Die zweite Möglichkeit: Die Expansion geht immer weiter. Im Moment scheint das der wahrscheinlichere Fall zu sein. Die Hinweise verdichten sich, dass sich die Expansion sogar noch beschleunigt. Dafür machen die Astrophysiker die sogenannte „dunkle Energie“ verantwortlich, von der sie nicht so genau wissen, was das ist – deshalb „dunkel“. Solange sie jedoch nicht wissen, worauf diese dunkle Energie beruht, ob sie immer gleich ist oder mit der Zeit stärker oder schwächer wird, bleibt alles Spekulation. Ein Szenario sieht so aus, dass durch diese dunkle Energie nicht nur die Galaxien immer weiter auseinanderdriften, sondern auch die Materie selbst, die von den Sternen übrig bleibt. Irgendwann würde sie sogar die Elementarteilchen auseinanderreißen. Es würde dann keine Materieteilchen mehr geben, sondern das ganze Universum wäre ein einziger über den gesamten Kosmos gleich verteilter kalter Strahlenbrei.

Und wann könnte das passieren?

Aus unserer Wahrnehmung in einer Ewigkeit, nämlich in ein paar Hundert Milliarden Jahren. Zum Vergleich: Seit dem Urknall sind etwa 14 Milliarden Jahre vergangen. Wenn man nun diesen Strahlenbrei als das Ende ansieht, hätte unser Universum zum jetzigen Zeitpunkt nicht einmal ein Tausendstel seines „Lebens“ hinter sich.

Und mit dem Strahlenbrei würde es enden?

Das ist die große Frage. Eine Möglichkeit: Ja, der Strahlenbrei ist das Ende. Nichts passiert mehr, es herrscht Stagnation. Eine zweite Möglichkeit hat vor

wenigen Jahren der große Mathematiker Roger Penrose vorgeschlagen. Er sagt: In diesem Endzustand gibt es keine Zeit mehr. Die Raumzeit – das wissen wir durch Einstein – wird ja erst durch Masse und Gravitation erzeugt. Wenn die Welt aber nur noch aus Strahlung besteht – und das heißt aus masselosen Teilchen, die mit Lichtgeschwindigkeit hin- und herfliegen –, hört auch die Zeit auf zu existieren – analog zum Urknall ganz am Anfang.

Das klingt bizarr, denn eigentlich ist der Urknall (extrem heißer Urzustand, die ganze Welt auf engstem Raum!) das genaue Gegenteil vom mutmaßlichen Ende, dem kalten Strahlenbrei in einem extrem expandierten Universum. Dennoch können die beiden Zustände mathematisch ineinander übergehen. Das heißt für Penrose, aus dem Strahlenbrei könnte ein neuer Urknall hervorgehen und damit buchstäblich eine neue Zeit entstehen. Er spricht von Zyklen der Zeit. Eine faszinierende Vorstellung. Aber letztlich muss man sagen: All das sind graue Theorien. Zumindest zur Frage, wann das (heutige) Universum enden wird, kann man allerdings wohl sagen: Es hat noch deutlich mehr Zeit vor sich als hinter sich.