

Das Universum tickt anders

Galaxien driften auseinander, und mit ihnen dehnt sich die Zeit. Astrophysiker Romain Teyssier erforscht mit Hilfe von Supercomputern den Werdegang des Weltalls und denkt in kosmischen Intervallen. Von Michael T. Ganz

Was sagt uns Ihr Blick auf die Renaissance über unsere heutige Zeit?

Roeck: Damals haben die Menschen begriffen, dass die Welt eine Kugel ist. Wir heute haben dank des Internets einen Zugriff auf die Welt und das Wissen wie keine Generation zuvor. Und die Digitalisierung ist eine neue Medienrevolution, die unsere Welt umpflügt wie damals der Buchdruck.

Was bedeuten diese Veränderungen für uns?

Roeck: Die Menschen sind verunsichert. Sie suchen nach Antworten. Solche gab es auch in der Vergangenheit: religiösen Fanatismus, Nationalismus, völkischen Rassismus.

Müssen die Antworten krude und destruktiv sein?

Roeck: Das ist die grosse Gefahr. Im 14. Jahrhundert, als die Pest kam, hat man Juden ermordet, die man dafür verantwortlich machte. Im 17. Jahrhundert, während der Kleinen Eiszeit, wurden Hexen verbrannt, weil man sie verdächtige, schlechtes Wetter herbeizubringen. Im 20. Jahrhundert führte die Verunsicherung ins Völkische und Rassistische. Ähnliche Entwicklungen sehen wir heute auch.

Das klingt nicht gerade vielversprechend.

Roeck: Das Unbehagen an der Moderne zwingt die Menschen zu Reaktionen – manchmal furchtbar dummen. Leider hat man heute andere Zerstörungsmittel als früher. Eine Muskete zu laden, dauerte mindestens eine Minute, auch liess sich mit ihr nicht genau zielen. Einen Massenmord mit einer solchen Waffe zu begehen, war unmöglich.

Der Morgen der Welt ist auch eine Verheissung. Ist der neue Tag so schön geworden, wie er sich damals vielleicht ankündigte?

Roeck: Der Morgen muss ja keinen schönen Tag ankündigen. Was uns der Tag gebracht hat, ist die Moderne mit ihren grossartigen Dingen und ihren Schrecklichkeiten. In der Geschichte ist nichts hart und klar, sondern komplex und widersprüchlich. So ist es auch mit der Moderne. Da gibt es vieles, auf das wir nicht verzichten wollen, auf anderes hingegen schon.

Eine Stunde hat sich Romain Teyssier für dieses Gespräch genommen. 60 Minuten, um fast 14 Milliarden Jahre Weltall-Geschichte aufzurollen. Unser Alltagsverstand schafft es kaum, diese zwei Grössen auf einen Nenner zu bringen. Dem Professor für Computerastronomie fällt es nicht schwer. Die Zeit, so hat ihn seine Arbeit mit den Sternen gelehrt, richtet sich stets nach dem Prozess, den sie bezeichnet.

Teyssiers Forschungsziel ist, die Entstehung von Galaxien nachzuvollziehen, insbesondere die der Milchstrasse. Um den Mechanismus zu verstehen, der zur Bildung unserer Heimatgalaxie führte, verwenden Teyssier und sein Team die Daten jener Astronomenkollegen, die das Universum mit Fernrohren beobachten. Bei der Milchstrasse sei dies allerdings gar nicht so einfach, sagt Teyssier und schmunzelt.

Warum? Die Milchstrasse liegt uns doch buchstäblich am nächsten?

Romain Teyssier: Das ist es ja genau. Wir sitzen mitten in ihr drin und sehen sie nicht aus jenem globalen Winkel, aus dem wir benachbarte Galaxien wie beispielsweise Andromeda betrachten. Sternennebel sind im Weg und verbergen wichtige Details. Dank moderner Teleskope können wir aber andere, entferntere Galaxien beobachten und Rückschlüsse auf die Milchstrasse ziehen.

Sind denn alle Galaxien gleich?

Teyssier: Nein. Es gibt Spiralgalaxien wie die Milchstrasse und elliptische Galaxien, die eher einem Rugbyball gleichen. Spiralgalaxien sind aktiv, in der Milchstrasse etwa entsteht jedes Jahr ein neuer Stern von der Grösse unserer Sonne. Elliptische Galaxien sind tot und bilden keine Sterne mehr. Wir möchten wissen, warum es diese zwei Typen gibt. Ein paar Ant-

worten haben wir bereits, aber wir sind weit davon entfernt, das Geheimnis der Galaxien zu lüften.

Die Geburt der Galaxien, ob spiralförmig oder elliptisch, erklärt man sich vorderhand mit der Big-Bang-Theorie. Sie beschreibt die Entstehung des Universums als Ganzes. Big Bang, also Urknall, nennen Astronomen das Ereignis, das den Ausgangspunkt bildete – und deuten mit dieser wenig wissenschaftlichen Bezeichnung auch gleich an, dass unklar bleibt, was damals genau geschah.

Die moderne Physik weiss (bisher) nicht, was vor dem Urknall geschah, sie kann erst die Ereignisse nachvollziehen und erklären, die sich kurz

«In einem Universum, das expandiert, expandiert auch die Zeit.» Romain Teyssier

danach ereigneten. Sehr kurz danach, um genau zu sein: Es handelt sich um einen Sekundenbruchteil mit 43 Nullstellen nach dem Komma, die sogenannte Planck-Zeit. Sie ist das kleinstmögliche Intervall, in welchem Veränderungen stattfinden, die sich mit den uns bis anhin bekannten physikalischen Gesetzen erklären lassen.

Und weshalb setzt die Physik erst nach der Planck-Zeit ein?

Teyssier: Weil die Naturkräfte im Moment des Urknalls derart gewaltige Energien entwickeln, dass sie sich mit unserer Physik nicht beschreiben lassen. Ein paar theoretische Physiker sind daran, eine neue Theorie zu entwickeln, die das kann. Eine Theorie, welche die Quantenmechanik mit der Relativitätstheorie verknüpft und sich deshalb Quantenrelativität nennt. Stephen

Hawking ist einer dieser Pioniere. Mit den Schwarzen Löchern hat er als Erster ein Phänomen der Quantenrelativität entdeckt. Es gibt bereits Physiker, die versuchen, die Kosmologie vor dem Big Bang zu skizzieren.

Ist das nicht etwas gar spekulativ?

Teyssier: Doch, denn oberstes Gebot der Physik ist es, unsere Theorien an der Natur zu testen und zu validieren. Der Big Bang geschah vor 13,8 Milliarden Jahren. Das liess sich aufgrund der Galaxiebewegungen, die wir beobachten können, erstaunlich genau berechnen. Aber weiter als 13,8 Milliarden Jahre können wir nicht zurückschauen, weil das Licht noch keine Zeit hatte, bis zu uns zu gelangen. Deshalb ist eine Prä-Big-Bang-Theorie spekulativ.

Was man jedoch mit Sicherheit weiss: Die ersten drei Minuten nach dem Big Bang waren für den Werdegang des Universums entscheidend. In dieser kurzen Zeit bildeten sich die Teilchen, aus denen das Weltall geschaffen ist: Protonen, Neutronen, Elektronen und Photonen, um nur die wichtigsten zu nennen. Danach folgt eine Phase, in der sich das Universum ausbreitet. Sie dauert 400 000 Jahre.

Zu Beginn ist das Universum eine schwarze Teilchensuppe, ein See aus dichter Materie. Die Schwerkraft lässt dann kleine Wellen entstehen, alles gerät in Bewegung, es bilden sich Teilchenhaufen, die allmählich auseinanderdriften. Warum sie dies tun, ist bis anhin ein Rätsel. Nur eines ist den Astronomen klar: Die Expansion des Universums machte dieses überhaupt erst sichtbar.

Es werde Licht! Aber wie genau passierte das?

Teyssier: Das Universum ist ein Gas, und Gas, das sich ausdehnt, erkaltet. Stellen Sie sich vor: Nach dem Big Bang ist das Universum extrem heiss, die Teilchen sind in höchst bewegtem Zustand. Nach 400 000 Jahren Expansion sind sie kühl genug, um sich zu beruhigen. Die Elektronen paaren sich mit Protonen zu Atomen. Wasserstoffatome machen 90 Prozent des Universums aus. Fast alle Teilchen, die den Photonen zuvor den Weg versperrten, sind

nun also fort, und das Licht kann endlich in gerader Linie vordringen.

Zu sehen gibt es aber noch lange nichts. Fast 100 Millionen weitere Jahre bleibt das Universum dunkel. Man spricht von den Dark Ages, den dunklen Zeiten der kosmischen Geschichte. Zwar ist das All bereits transparent, doch Sterne und Galaxien haben sich bislang keine gebildet. Es



Astrophysik

Kosmische Zeit

Für ein Photon, das ohne Fremdkontakt durchs All reist, existiert Zeit nicht. Trifft es jedoch auf ein Elektron, geschieht eine Interaktion. Erst jetzt entsteht Zeit. Erst jetzt ist Zeit als Grösse überhaupt sinnvoll.

braucht noch viel Schwerkraft, um aus den kleinen Wellen im kosmischen See riesige Brecher zu formen, deren Schaumkronen dann zu ersten kleinen Galaxien und Sternen werden.

Jetzt endlich beginnt das Universum zu glimmen; nach einer weiteren Milliarde Jahre ist es voll erleuchtet. Und in den verbleibenden knapp 13 Milliarden Jahren bis zum heutigen Tag bilden sich dann nach und nach die wirklich grossen Galaxien. Die Milchstrasse ist eine der früheren: Sie ist schon rund 10 Milliarden Jahre alt. Auch unsere Sonne hat mit ihren 4 Milliarden Jahren ein stolzes kosmisches Alter, ebenso ihr etwa gleichaltriger Planet Erde.

Damit wäre die Geschichte des Universums eigentlich erzählt. Doch seit den 1990er-Jahren scheint es ein neues Kapitel zu geben. Astronomen stellten damals fest, dass die Expansion, die das Universum seit dem Big Bang antreibt, an Tempo zulegt. Die Gilde war in Aufruhr.

Was macht diese Erkenntnis denn so aufregend?

Teyssier: Sie hat uns total überrascht. Die Schulphysik sagt, dass sich Expansion aufgrund der Schwerkraft mit der Zeit verringert. Werfe ich einen Stein in die Luft, wird er langsamer und fällt dann auf den Boden zurück.

Im Universum ist es aber offenbar so, dass der Stein immer schneller steigt und entschwindet. Dafür haben wir Physiker keine Erklärung. Die mysteriöse Kraft, die wir dahinter vermuten, haben wir Dunkle Energie getauft. Aber wir haben nicht die blasseste Ahnung, woher sie kommt. Sie hat jedenfalls einen gewaltigen Einfluss auf das Universum, denn nun entfernen sich die Galaxien immer rascher voneinander. Eine völlig neue Phase der kosmischen Geschichte.

Die Phasen dieser Geschichte variieren zwischen einem Sekundenbruchteil und Jahrmilliarden. Das sind extreme Gegensätze, die unsere menschliche Vorstellung von Zeit übersteigen. Kann man da überhaupt noch in Sekunden und Jahren denken?

Teyssier: Im Universum wird Zeit anders definiert als auf der Erde. Im Universum entsteht Zeit durch Interaktionen zwischen den Playern des Systems. Nehmen wir zum Beispiel ein komplett isoliertes Teilchen, etwa ein Photon, und schicken es ins leere All, dann existiert die Zeit für dieses Teilchen nicht. Es



Romain Teyssier

Der Professor für computergestützte Astrophysik lehrt Physik, Astrophysik und Computerwissenschaften an der UZH. Seine Spezialitäten sind die Kosmologie sowie die Entstehung von Sternen und Galaxien. Mithilfe von Supercomputern und dem von ihm entwickelten Ramses-Code simuliert Teyssier Strukturen und Bewegungen im Weltall über Jahrmilliarden.

Kontakt: romain.teyssier@uzh.ch

hat keinerlei Fremdkontakt, wird sich nicht verändern, ist also ewig. Trifft es jedoch auf ein Elektron und wird von diesem absorbiert, geschieht Interaktion. Erst jetzt entsteht Zeit. Erst jetzt ist Zeit als Grösse überhaupt sinnvoll. Zeit ist also die Dauer zwischen zwei Interaktionen.

Und wie hilft uns das, die Gegensätze kosmischer Zeitspannen zu begreifen?

Teyssier: Am Anfang, als das Universum noch sehr dicht und heiss war, trafen die Teilchen pausenlos aufeinander und interagierten unvorstellbar schnell. Für sie war die Planck-Zeit, die uns unendlich kurz vorkommt, eher lang. Heute ist das Universum riesengross, zwischen den Galaxien gibt es gigantische Leerräume, Interaktionen geschehen nur alle zwei bis drei Milliarden Jahre. Eine Jahr-milliarde ist für das heutige Universum also eine eher kurze Zeiteinheit. Mit der Ausdehnung des Universums verändert sich der Zeitbegriff. Expandiert das Weltall, expandiert auch die Zeit. Zeit wird relativ.

Wenn die Erde ja Teil des expandierenden Universums ist, müssten wir unsere irdische Zeit nicht auch anpassen?

Teyssier: Nein. Die Galaxien in sich sind in einem stabilen Zustand. Auch unsere Milchstrasse hat ihr Gleichgewicht von Schwer- und Fliehkräften gefunden und verändert sich nicht mehr. Die Expansion findet einzig zwischen den Galaxien statt. Unsere irdische Zeit kann bleiben, wie sie ist. Kosmische Zeit hingegen wird es einst nicht mehr geben. Die Dunkle Energie treibt die Galaxien immer rascher auseinander, irgendwann werden keine Interventionen mehr stattfinden, und dann verschwindet auch der Zeitbegriff. Eigentlich traurig, nicht wahr? Aber vielleicht haben wir Forscher uns ja geirrt, und alles wird anders.

Als Astronom scheinen Sie ein sehr anderes Zeitverständnis zu haben als wir gewöhnlichen Erdenbürger.

Teyssier: Für mich als Physiker ist Zeit an die Natur der Objekte gebunden, die ich untersuche. Die Schwerkraft braucht zehn Millionen Jahre, um aus einer Gaswolke einen Stern zu

formen. Das klingt nach enorm viel. Aber für mich ist es weder kurz noch lang, sondern einfach die Zeiteinheit der Sternbildung durch Schwerkraft. Wir Astrophysiker arbeiten mit Zeiteinheiten physikalischer Prozesse, wir denken nicht in Menschenstunden oder Menschenjahren. Irdische Zeiteinheiten sind praktisch, um Berechnungen anzustellen, auch in der Physik. Aber beim Denken in astronomischen Dimensionen brauche ich sie nicht.

Die kosmische Zeit wird sich auflösen, bevor das Universum verschwindet. Die irdische Zeit wird erst dann stillstehen, wenn es die Erde nicht mehr gibt. So weit wird es spätestens in vier Milliarden Jahren sein, wenn die Sonne ausbrennt. Ihre äussere Hülle wird sich dann ausweiten und die Erde verschlingen.

Vielleicht kommt das Ende der Welt aber auch schon früher. In etwa zwei Milliarden Jahren dürfte die Milchstrasse mit Andromeda kollidieren. Als Satellitengalaxie der Milchstrasse ist Andromeda nicht von der kosmischen Expansion betroffen, im Gegenteil: Sie rast auf uns zu. Die beiden Galaxien werden sich also dereinst vermengen. Das Risiko, dass die Erde dabei von einem Andromeda-Stern getroffen oder zumindest beeinflusst wird, betrachten Astronomen allerdings als verschwindend klein.

Warum ist man sich so sicher, dass wir von dieser Galaxienkollision nichts merken werden?

Teyssier: Beide Galaxien sind riesig. Ihre Sterne und Planeten sind wie Stecknadelköpfe im Heuhaufen. Dass es zu Annäherungen oder gar Kollisionen kommt, ist unwahrscheinlich. Die viel grössere Gefahr für unseren Planeten ist keine interstellare, sondern eine hausgemachte: die Klimaveränderung. Und da sprechen wir nicht von zwei oder vier Milliarden, sondern bloss von 50 Jahren. Das ist die Zeitspanne, die es braucht, damit sich unsere Atmosphäre erholt. Gemessen an kosmischen Intervallen ist das nichts. Und da können wir tatsächlich etwas unternehmen. Andromeda umzuleiten, dürfte schwieriger sein.

Was ist zeitlos?



Bärbel Küster, Kunsthistorikerin

Utopie der Zeitlosigkeit

Die Zeitlosigkeit der Kunst, von der man spricht, verlangt nach einem mehrfachen Fragezeichen: Ist es die Kunst, die zeitlos ist, oder vielmehr der Wunsch nach einer zeitlosen Kunst? Schon die materielle Vergänglichkeit von Kunstwerken, widerspricht diesem Ewigkeitsgedanken. Die Zeitlosigkeit von Kunst kristallisiert sich in der Institution des Museums, Ort der Heterochronie, an dem Zukunft, Vergangenheit und Gegenwart zusammenkommen. Ein kulturelles Erbe gilt es bis in die Ewigkeit zu bewahren und seit Beginn des 20. Jahrhunderts fühlt man sich zugleich auch der Gegenwart verpflichtet. Das Konzept der zeitlosen Schönheit wanderte dagegen während des 20. Jahrhunderts vom Museum in die Privaträume der Betuchten ab, wo qua Design der Dinge die eigene Endlichkeit überbrückt wird.

Zeitlos erschien Kunst im 20. Jahrhundert vor allem denjenigen, die ihre ewige Gegenwart beschworen, die Weltkunst in Büchern vereinten