

# VOM ENDE VON RAUM UND ZEIT

IST DAS UNIVERSUM UNENDLICH ODER HAT DAS ALL IRGENDWO EIN ENDE? DIESE FRAGE BESCHÄFTIGT DIE MENSCHHEIT SEIT URZEITEN. HEUTE GIBT DIE ASTROPHYSIK ANTWORTEN UND BESCHREIBT DINGE, WELCHE DIE VORSTELLUNGSKRAFT DES MENSCHEN OFTMALS BEI WEITEM ÜBERSTEIGEN.

Besuch am Institut für theoretische Physik der Universität Zürich: Vom Büro der Astrophysiker Peter Englmaier und Prasenjit Saha aus geht der Blick auf den grauen Campus am Stadtrand. An diesem Freitagnachmittag scheint der Platz in vorwochenendlicher Stimmung zu sein, unauffällig und menschenleer fügt er sich in die Landschaft ein.

Die Blicke und Gedanken der Forscher jedoch wandern weit über diese Landschaft hinaus – zu Planeten und Galaxien, die sich in unvorstellbarer Entfernung von der Erde befinden. Peter Englmaier und Prasenjit Saha befassen sich mit Themen wie der Galaxiendynamik in der Milchstrasse oder Gravitationsdynamik in der Astrophysik. Und können deshalb sicher auch Fragen beantworten, die sich schon so mancher beim Blick in den sternenklaren Nachthimmel gestellt hat: Ist das Universum unendlich gross oder endet es irgendwo dort oben in der Dunkelheit an einem bestimmten

Punkt? Prasenjit Saha lacht verlegen. So einfach die Frage, so schwierig scheint die Antwort.

Das liegt unter anderem daran, dass das Universum von der Erde aus nicht in seiner Gesamtheit zu beobachten ist. Die Raumzeit, in der die Physiker das Universum beobachten, ist gekrümmt. Da Forscher genau so wenig um die Ecke schauen können wie ein den Horizont betrachtender Feriengast am Mittelmeer, bleiben ferne Gebiete des Universums für den Menschen unsichtbar. Hinzu kommt, dass das Licht sich nur mit endlicher Geschwindigkeit bewegt. Viele Punkte im Universum sind so weit von der Erde entfernt, dass ihr Licht – seit der Entstehung des Universums vor etwa 13,7 Milliarden Jahren – die Erde noch gar nicht erreichen konnte. Fragen nach der Unendlichkeit des Universums sind folglich auch für Experten mit Annahmen und Spekulationen verbunden.

**Peter Englmaier, lässt sich denn die Frage nach der Unendlichkeit des Universums überhaupt beantworten?**

Ich denke schon. Das Universum ist nur endlich gross, hat aber kein Ende. Das ist kein Widerspruch. Die Erdoberfläche zum Beispiel hat auch nur eine endlich grosse Anzahl Quadratkilometer und keinen Rand. Man kann also weder den Anfang noch das Ende bestimmen. Einsteins Gravitationstheorie erlaubt es uns, aus der beobachteten Massenverteilung auf die Geometrie der Raumzeit zu schliessen. Daher kann angenommen werden, dass das Universum nur endlich gross ist.

## «Wir sind ein *«Nichts»* auf der Erde, ein wohl noch kleineres *«Nichts»* im Universum, aber trotzdem ein Teil des Ganzen.»

PETER ENGLMAIER

Das tönt einleuchtend. Wie soll man sich die Form des Universums vorstellen?

Etwa wie einen Globus, wobei man sich selbst als zweidimensionale Lebensformen auf der Oberfläche vorstellen muss. Dazu kommt, dass das Universum sich ausdehnt und so die Oberfläche immer grösser wird. Die Sterne und Galaxien, die man sich über diesen Globus verteilt vorstellen muss, entfernen sich also immer mehr voneinander, während sie sich langsam über die Oberfläche bewegen.

Aber wieso soll man sich die Menschen und die bekannte Umwelt zweidimensional vorstellen, wo wir doch zweifelsohne dreidimensional gebaut sind?

Die Astrophysik bewegt sich in der vierdimensionalen Raumzeit. Um sich das Ganze bildlich vorstellen zu können, wird oft die räumliche dritte Dimension weggelassen. Durch diese Vereinfachung auf das Zweidimensionale kann man sich dann die Zeit als vierte Dimension viel besser vorstellen.

Unsere Erde ist also ein verschwindend kleiner Punkt auf der Oberfläche des Universums. Da drängt sich die Frage auf, was sich im Innern dieser Kugel befindet.

Da sich diese Kugel mit der Zeit ausdehnt, könnte man sagen, dass sich im Innern des Globusses die Vergangenheit befindet. Auf der anderen Seite stimmt das so natürlich nicht. Es ist wichtig zu verstehen, dass es sich beim Universum als Kugel auch nur um ein Bild handelt, das eine intuitive Vorstellung ermöglichen soll.

Nach der gängigen naturwissenschaftlichen Meinung dehnt sich das Universum mit zunehmender Geschwindigkeit aus. Muss folglich «hinter» dem Universum nicht ein anderer Raum folgen, in dem sich das Universum ausbreitet?

Ja, man kann versuchen, sich das so vorzustellen. Dieser Raum entspräche dann wohl noch mehr Raumzeit... Solche Dinge zu beobachten ist jedoch ausserhalb der Reichweite der Forschung, Aussagen darüber sind deshalb auch für uns rein spekulativ. Es ist aber eine Tatsache, dass die meisten Menschen schon Schwierigkeiten mit der räumlichen Vorstellungskraft haben. Die Vorstellung solcher höherdimensionalen Räume benötigt deshalb in jedem Fall die Sprache der Mathematik.

Wo liegt der Sinn, etwas in mathematischen Formeln auszudrücken, wenn sich der Mensch nichts darunter vorstellen kann? Oder anders gefragt: ist in diesem Fall Mathematik nicht eine Sprache, die kein Mensch versteht?

Nein, das kann man so nicht sagen. Tatsächlich können sich Menschen Dinge in einem  $x$ -dimensionalen Raum nicht mehr vorstellen. Man kann aber Phänomene und Eigenschaften nichtsdestotrotz sehr genau in Formeln ausdrücken und gut damit arbeiten. Übrigens haben wir auch schon von Forscherkollegen gehört, die offenbar in der Lage sind, vier oder mehr Dimensionen räumlich zu sehen.

Haben auch Sie schon vier oder mehr Dimensionen vor Ihrem inneren Auge gesehen?

Nein, auf uns trifft das leider nicht zu. Man entwickelt mit der Zeit aber trotzdem ein gewisses Gefühl für die vierte Dimension. Wenn man sich zum Beispiel eine zusätzliche Dimension als Geschwindigkeit oder Farbe eines dreidimensionalen Gegenstands vorstellt, wird das Ganze schon ziemlich greifbar.

Was gilt für die Zeit als vierte Dimension: wird sie ewig fortlaufen oder wird in der Zukunft ein Punkt erreicht, an welchem alles – also auch die Zeit – stillstehen wird? Einstein hat uns gelehrt, dass es keine absolute Zeit gibt. Jeder Mensch, jedes Atom trägt quasi die eigene Zeit mit sich herum. Es genügt schon, sich mit hoher Geschwindigkeit zu bewegen, um seine eigene Zeit langsamer vergehen zu lassen als im restlichen Universum. Dafür gibt es auch viele experimentelle Beweise.

Eine «Zeit im Unendlichen» kann man »

«Das Universum ist nur endlich gross, hat aber kein Ende. Das ist kein Widerspruch.»

PETER ENGLMAIER

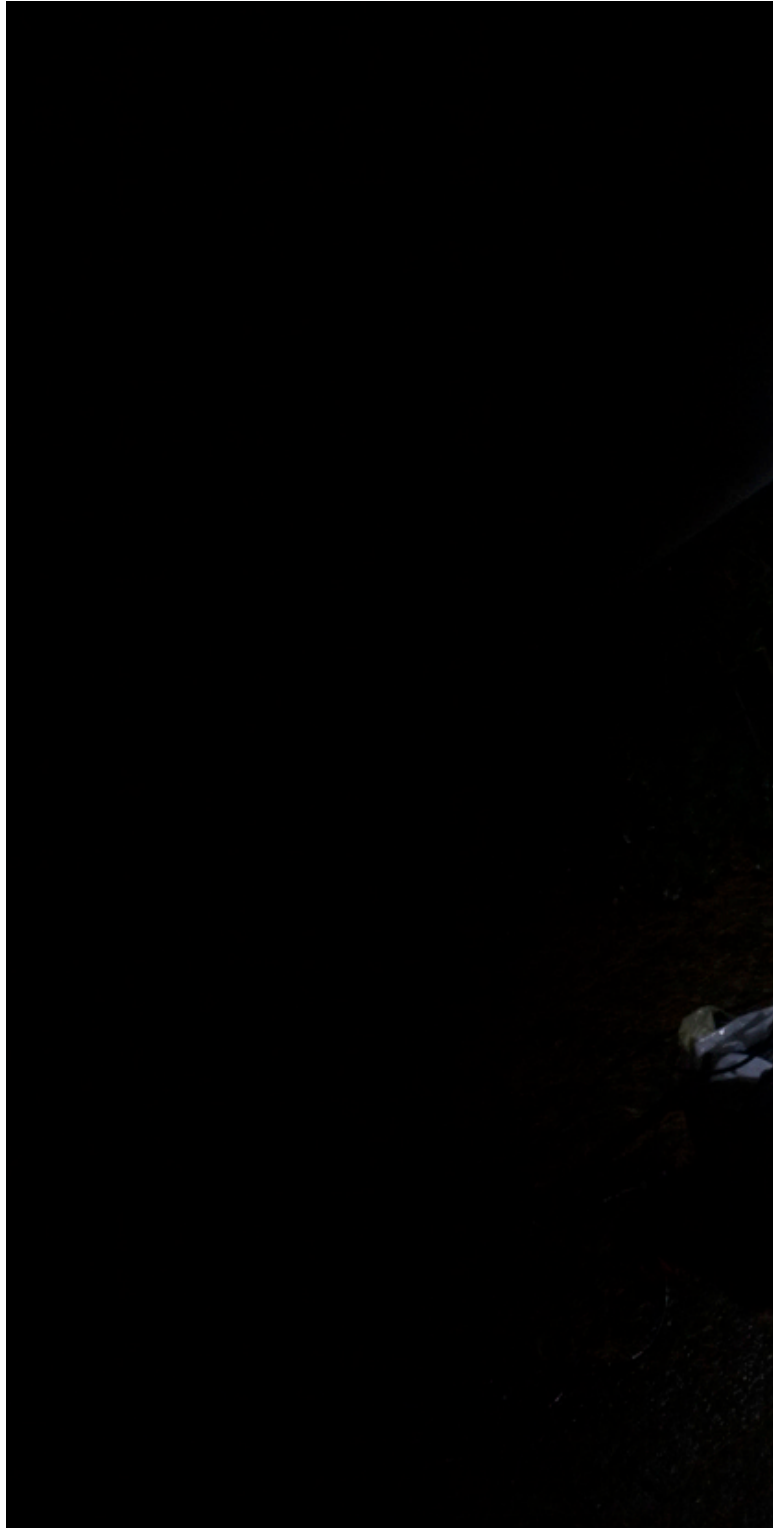
konstruieren, solange der Raum nicht zu stark gekrümmt ist. Fällt man jedoch in ein Schwarzes Loch, dann verliert diese Zeit ihre Bedeutung und die Vorhersage der Relativitätstheorie endet in einer Singularität. An diesen Punkten findet die Zeit also ein «Ende». Im restlichen Universum ist das jedoch nicht der Fall und somit wird die Zeit auch nicht stillstehen.

Geht man von einem ausreichend grossen Universum aus, kann man die Quantentheorie so interpretieren, dass im Universum Parallelwelten bestehen müssen. Andere Ausschnitte des Universums wären nach dieser Überlegung absolut identisch mit dem Teil des Universums, in dem sich die Erde befindet. Ist dies für Sie eine theoretische Spielerei oder plausible Realität?

Es ist immer interessant, über neue Interpretationen der Quantentheorie nachzudenken. Es hat Versuche gegeben, die sogenannte «Multiversum-Theorie» experimentell zu bestätigen. Dies hat jedoch nicht funktioniert. Die Theorie zu widerlegen ist andererseits noch viel schwieriger. Da bleibt also nur eine philosophische Antwort im Sinne Poppers: «Theorien, die nicht falsifizierbar sind, sind wertlos.»

Sie beschäftigen sich mit Dingen, die Lichtjahre von der Erde entfernt passieren. Gelingt es Ihnen trotzdem, einen Bezug zwischen Ihrer Arbeit und den Fragen und Problemen unseres irdischen Lebens herzustellen?

Unsere Arbeit ist vor allem wichtig für das Weltbild des Menschen. Nur so können wir uns ein Bild über das grosse Umfeld machen, in welchem wir uns bewegen. Das Universum ist so gesehen Gegenstand der Grundlagenforschung und sucht damit keinen konkreten Nutzen. Ziel ist jedoch, die Natur zu verstehen, woraus sich früher oder später auch konkrete Anwendungen ergeben können. So hat man zum Beispiel schon Zusammenhänge zwischen kosmischer Strahlung und dem Weltklima gefunden. Diese Erkenntnisse sind jedoch noch sehr neu und müssen weiter erforscht werden. »





Sind Sie bei Ihrer Forschungsarbeit manchmal mit dem Gedanken konfrontiert, nicht mehr als ein verschwindend kleiner, völlig unbedeutender Punkt in einem gigantisch grossen Universum zu sein?

Ja, natürlich trifft das zu. Aber das kann man ja bereits über einen Menschen auf der Erde behaupten. Als einzelner Konsument sind wir zum Beispiel auch nur ein winziger Teil eines riesigen Wirtschaftssystems. Schlussendlich sind wir ein «Nichts» auf der Erde, ein wohl noch kleineres «Nichts» im Universum, aber trotzdem ein Teil des Ganzen.

Elf Fragen scheinen nur an der Oberfläche des Verständnisses über das Univer-

sum oder dessen Unendlichkeit gekratzt zu haben. Gross ist der Graben zwischen der Vorstellungskraft eines Laien und dem Wissen der Astrophysiker Peter Englmaier und Prasenjit Saha. Doch hochkomplexen Modellen und Simulationen auf leistungsstarken Computern zum Trotz, die ungelösten Rätsel, die das Universum der Wissenschaft stellt, sind auch heute noch unzählige. Und so bleibt am Universum wohl für weitere Jahrhunderte etwas Mythisches haften. Treffend soll Einstein gesagt haben: «Zwei Dinge sind unendlich: Das Universum und die menschliche Dummheit. Aber beim Universum bin ich mir nicht ganz sicher.» □ **Text Chris Buchmann, Bild Nguyen-Hari**

Weitere Informationen zum Thema und zu den Studiengängen unter [www.itp.uzh.ch](http://www.itp.uzh.ch) und [www.qgd.uzh.ch](http://www.qgd.uzh.ch) oder per E-Mail: [emeier@physik.uzh.ch](mailto:emeier@physik.uzh.ch).

# Sie wollen nach dem Studium richtig Gas geben? Bitte sehr.

## Hobsons Absolventenkongress

4. Dezember 2008, Messe Zürich

- Die grösste Jobmesse der Schweiz für Studenten und Absolventen
- 100 Unternehmen bieten mehr als 5.700 freie Stellen
- Jetzt gratis anmelden unter [www.absolventenkongress.ch](http://www.absolventenkongress.ch)

  
**hobsons**  
Die Karriereschmiede

Premium-Aussteller am Kongress:

ALSTOM

Holcim

KPMG

LIDL

UBS