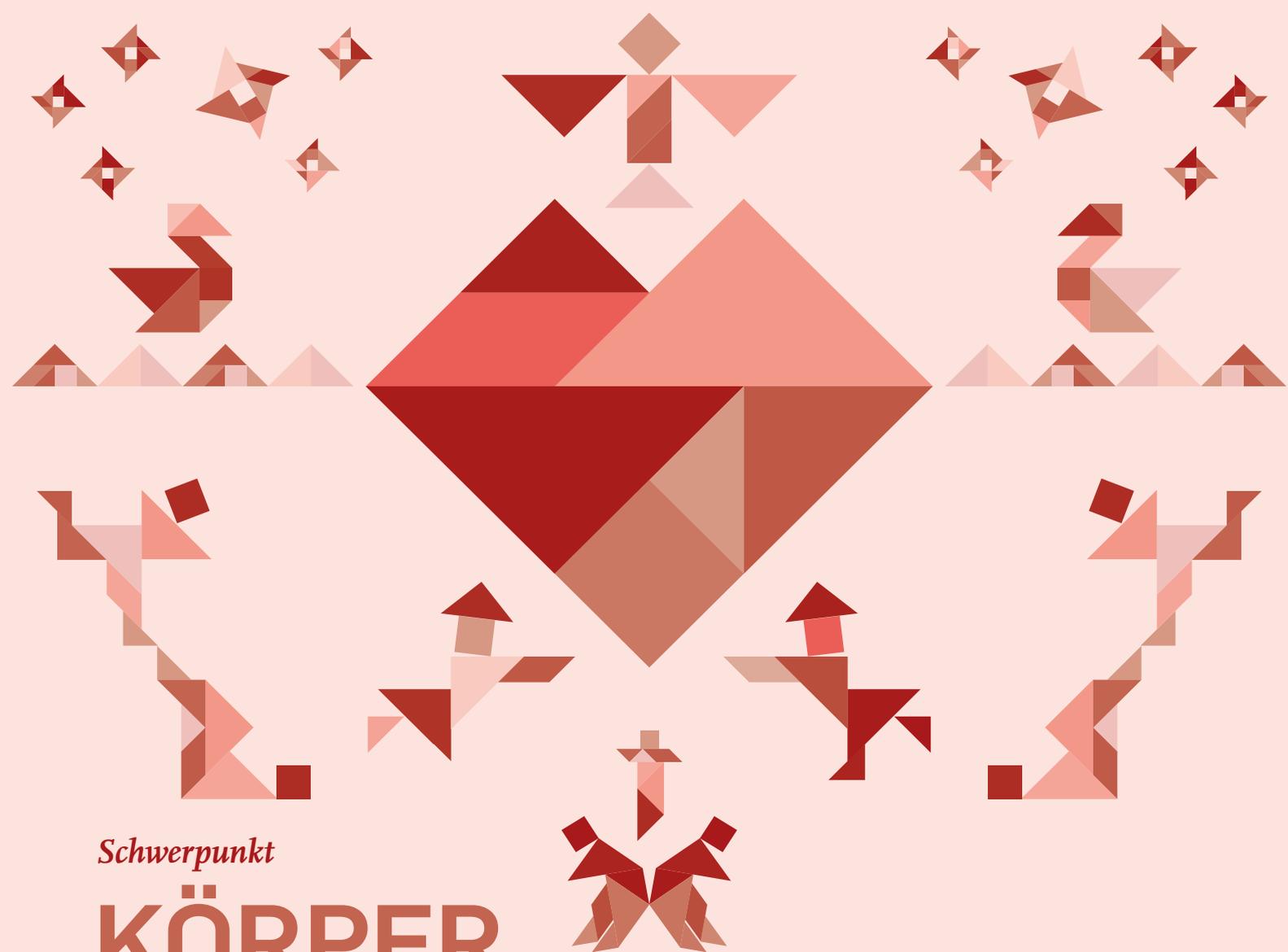


RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

# RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN



*Schwerpunkt*

## KÖRPER

WENIGER SCHMERZEN DANK VIDEO  
SCHÖNHEITSIDEALE IN DEN MEDIEN  
INFEKTIONSSCHUTZRECHT IN ZEITEN VON CORONA

#30  
Jahrgang

Nr. 1 | 2020



*Kosmologie*

# WIE VIEL WIEGT DAS UNIVERSUM?

*Neue Ergebnisse von Bochumer Physikern bringen das  
Standardmodell der Kosmologie ins Wanken.*



Bild: ESO/T. Preibisch

Seit Urzeiten gucken Leute an den Himmel und versuchen zu verstehen, wie viel Sterne, Planeten, Galaxien und andere Objekte wiegen“, erzählt Prof. Dr. Hendrik Hildebrandt, Heisenbergprofessor und Leiter der Arbeitsgruppe für Beobachtende Kosmologie der Ruhr-Universität Bochum. Auch er arbeitet mit seinem Team an dieser Frage. Genauer gesagt interessiert sich die Gruppe nicht nur dafür, wie viel Masse im Universum vorhanden ist, sondern auch für deren Struktur, also ob die Masse gleichmäßig im Raum verteilt ist oder in Klumpen vorliegt.

Um Objekte am Himmel zu wiegen, bedienen sich die Kosmologen des sogenannten Gravitationslinseneffekts. Wenn die Lichtstrahlen, die eine Galaxie aussendet, auf ihrem Weg zur Erde an massereichen Objekten vorbeikommen, werden sie durch die Schwerkraft dieser Objekte abgelenkt. Je schwerer das Objekt, desto stärker die Ablenkung des Lichtstrahls. Eine Galaxie, deren Licht durch den Gravitationslinseneffekt abgelenkt wird, erscheint von der Erde aus betrachtet also an einem anderen Ort, als sie eigentlich ist. Könnte man die Ablenkung messen, so könnte man auf das Gewicht zurückschließen. Dabei gibt es jedoch eine Reihe von Hindernissen.

„Wir sehen die Galaxie nur an ihrem verschobenen Ort, aber wir wissen nicht, wo sie sich eigentlich befindet“, schildert Hendrik Hildebrandt eines der Probleme. Außerdem müssen die Forscherinnen und Forscher die Abstände zwischen der lichtaussendenden Galaxie, der ablenkenden Masse und dem Betrachter kennen, um die Masse berechnen zu können. „Wir sehen aber immer nur ein zweidimensionales Bild vom Himmel, also können wir schwer abschätzen, wie weit Objekte in der Tiefe entfernt sind“, so der Physiker.

Im Lauf der Zeit haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler jedoch Werkzeuge entwickelt, um diese Probleme in den Griff zu bekommen. Ihnen kommt zugute, dass die massereichen Objekte das Licht nicht wie perfekte Linsen ablenken, sondern Verzerrungen erzeugen. Das Bild einer Galaxie erscheint dann etwa so, als würde man sie durch den Fuß eines Weinglases betrachten. Diese Verzerrungen können Forscherinnen und Forscher berechnen, sie bestimmen die Abweichung von der ursprünglichen Form der Galaxie – was natürlich voraussetzt, dass die ursprüngliche Form bekannt ist. Für einzelne Objekte ist das meist nicht zu bewerkstelligen. Aber Wissenschaftler wissen, wie Galaxien im Durchschnitt auszusehen haben. Sie mitteln daher über eine große Zahl von Galaxien und berechnen deren durchschnittliche Verzerrung, die auch als Scherung bezeichnet wird. Mit statistischen Methoden bestimmt das Forschungsteam für große Himmelsausschnitte die Verzerrungen von zig Millionen Galaxien. Aus diesen können die Physikerinnen und Physiker dann die Ablenkungen des Lichts und somit die Masse der ablenkenden Objekte rekonstruieren – vorausgesetzt, sie kennen die dreidimensionalen Abstände der Objekte zueinander.

Um die Entfernung von Objekten zu ermitteln, nutzen die Forscherinnen und Forscher die Farbe der Galaxien. Schon lange ist bekannt, dass das Licht von weiter entfernt liegenden Galaxien ins Rote verschoben auf der Erde ankommt. Anhand der Farbe einer Galaxie kann man somit auf ihre Entfernung ▶

1 Um mithilfe des Gravitationslinseneffekts die Materiedichte im Universum zu bestimmen, betrachten Kosmologinnen und Kosmologen weit entfernte Galaxien, die in der Regel in Form einer Ellipse erscheinen. Diese Ellipsen sind zufällig am Himmel ausgerichtet.

2 Das Licht der Galaxien kommt auf seinem Weg zur Erde an massereichen Objekten vorbei, etwa an Galaxienhaufen, die viel nicht sichtbare Dunkle Materie enthalten. Dadurch wird das Licht abgelenkt, und die Galaxien erscheinen von der Erde aus betrachtet verzerrt.

3 Da das Licht einen weiten Weg zurücklegt, wird es immer wieder von massereichen Objekten abgelenkt. Das Licht von nah beieinanderliegenden Galaxien kommt dabei größtenteils an den gleichen Objekten vorbei und wird somit auf ähnliche Weise abgelenkt.

4 Nah beieinanderliegende Galaxien haben deshalb die Tendenz, auf ähnliche Weise verzerrt zu sein und in die gleiche Richtung zu zeigen, wobei der Effekt hier übertrieben dargestellt ist. Diese Tendenz spüren die Forscherinnen und Forscher auf, um auf die Masse der ablenkenden Objekte zurückzuschließen.

BEOBACHTETER HIMMEL

LEGENDE

 Galaxie

 Licht

 Massereiches Objekt

# Schwacher Gravitationslinseneffekt

schließen. Die Kosmologen nehmen Bilder der Galaxien bei unterschiedlichen Wellenlängen auf, zum Beispiel eines im blauen, eines im grünen, eines im roten und unter Umständen auch mehrere im infraroten Bereich. Dann ermitteln sie die jeweilige Helligkeit der Galaxie auf den verschiedenen Bildern. Dieses Verfahren ist seit Langem etabliert. „Es funktioniert besonders gut, wenn man Daten aus dem infraroten Bereich einbezieht“, sagt Hendrik Hildebrandt, der Experte für diese Art der Auswertung ist und genau diese Expertise in ein Projekt namens Kilo-Degree Survey eingebracht hat – welches für Aufsehen in der kosmologischen Community sorgte.

Aus den Daten des Kilo-Degree Survey bestimmte das Forschungskonsortium einen kombinierten Wert für die Materiedichte und die Klumpungstendenz der Materie im Universum. „Bislang können wir nicht gut auseinanderhalten, ob es viel Materie gibt, die gleichmäßig im Universum verteilt ist, oder wenig Materie, die stark geklumpt ist“, erklärt Hildebrandt. Aus der Analyse kommt am Ende nicht ein einzelner Wert heraus, sondern ein möglicher Wertebereich, in den Materiedichte und Klumpungstendenz fallen könnten.

Diese Parameter können Wissenschaftler aber nicht nur mit dem Gravitationslinseneffekt messen, wie es das Forschungskonsortium mit Hendrik Hildebrandt getan hat, sondern auch mit einer anderen Methode, die auf dem kosmischen Mikrowellenhintergrund basiert. Dabei handelt es sich um Strahlung im Mikrowellenbereich, die kurz nach dem Urknall ausgesandt wurde und noch heute messbar ist.

### Standardmodell der Kosmologie könnte falsch sein

Mittlerweile liegen Werte für Materiedichte und -klumpung mehrerer Forschungskonsortien vor, die den Gravitationslinseneffekt verwendeten, und Daten des Planck-Konsortiums, das den kosmischen Mikrowellenhintergrund nutzte. Aber die Ergebnisse passen nicht übereinander. Vielmehr scheinen die Gravitationslinsen-Messungen systematisch von den Mikrowellenhintergrund-Messungen abzuweichen; am deutlichsten ist die Abweichung zwischen dem Planck-Konsortium und dem Kilo-Degree Survey, an dem Hendrik Hildebrandt maßgeblich beteiligt ist. „Dafür kann es mehrere Gründe geben“, erklärt der Wissenschaftler. „Entweder wir oder eines der anderen Forschungskonsortien hat einen systematischen Fehler bei der Datenauswertung gemacht – oder es stimmt etwas nicht mit dem Standardmodell der Kosmologie.“

Dieses fundamentale Modell der Kosmologie, das auf Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie beruht, beschreibt die Entstehung und Entwicklung des Weltalls. Die Forscher benötigen es zur Interpretation ihrer Daten. „Wir haben auch alternative Modelle zur Interpretation genutzt und tatsächlich eines gefunden, dass unsere Daten und die der Mikrowellenhintergrund-Messungen in Einklang bringt“, sagt der Physiker.

In dem alternativen Modell wird Einsteins kosmologische Konstante, die die Gravitationskraft beschreibt, durch die sogenannte Dunkle Energie ersetzt – eine Kraft, die für die beschleunigte Expansion des Universums verantwortlich ist. „Das Besondere an dem alternativen Modell ist, dass sich die Dunkle Energie darin im Lauf der Zeit verändert“, erklärt Hendrik Hildebrandt. ▶



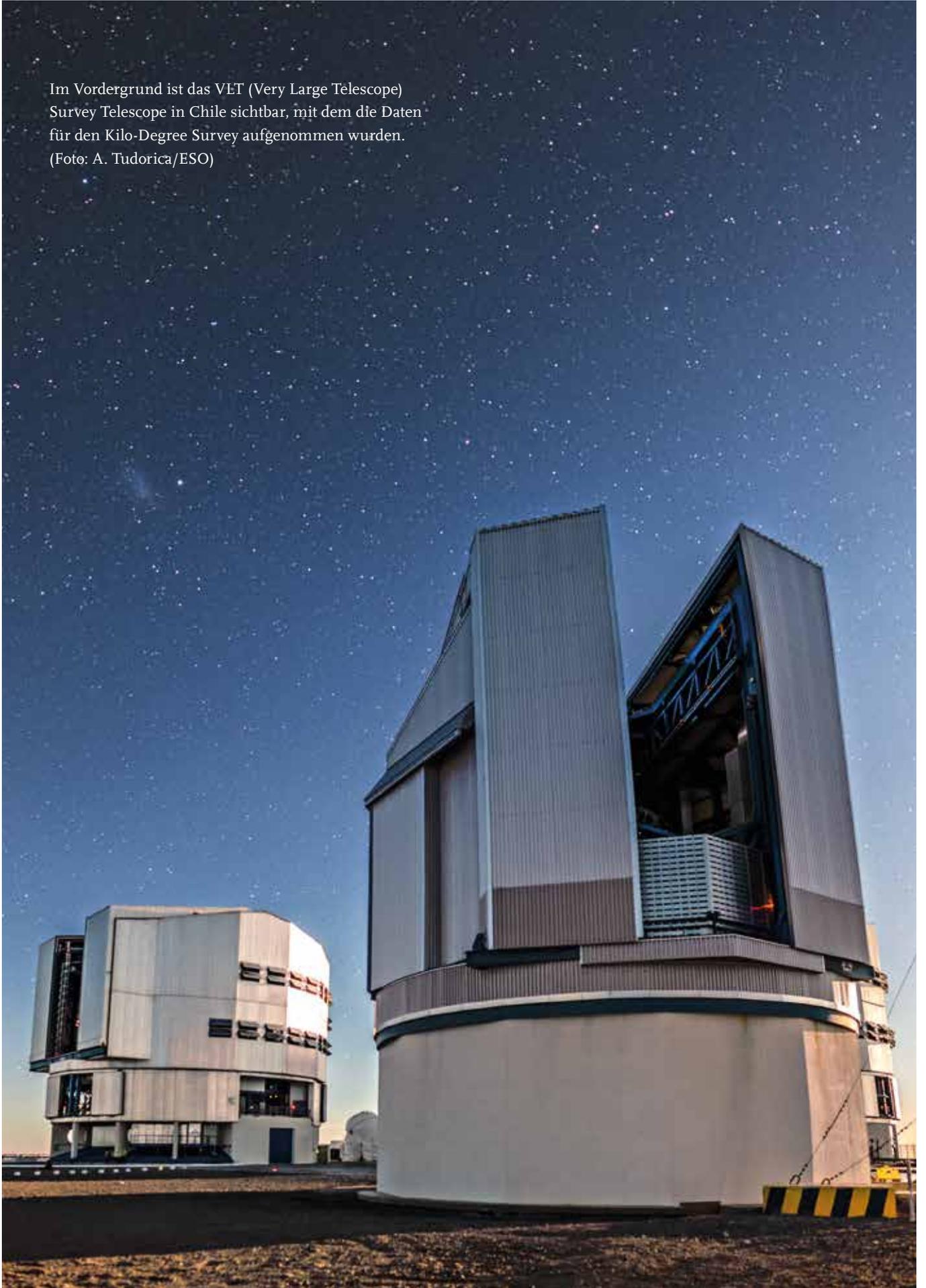
Massereiche Objekte im Universum sind keine perfekten Linsen. Während sie das Licht ablenken, erzeugen sie Verzerrungen. Die resultierenden Bilder sehen so aus, als ob man durch den Fuß eines Weinglases schauen würde.

(Foto: rs)



In diesem Bild des Hubble Space Telescope sind dünne langgezogene und teils gebogene Galaxien zu sehen – ihre Form erscheint nur so, weil ihr Licht von einem großen Galaxienhaufen namens Abell 2218 verzerrt wird. (Bild: NASA, ESA, and Johan Richard (Caltech, USA), Acknowledgement: Davide de Martin & James Long (ESA/Hubble))

Im Vordergrund ist das VLT (Very Large Telescope) Survey Telescope in Chile sichtbar, mit dem die Daten für den Kilo-Degree Survey aufgenommen wurden. (Foto: A. Tudorica/ESO)





Kosmologe Hendrik Hildebrandt sucht Antworten auf fundamentale Fragen zum Universum, zum Beispiel, wie groß die Materiedichte im All ist. (Foto: rs)

Das könnte die Diskrepanz zwischen den Datensätzen erklären. Denn der kosmische Mikrowellenhintergrund stammt aus dem jungen Universum kurz nach dem Urknall; der Gravitationslinseneffekt vermisst hingegen ein viel älteres Universum – in der Zeitspanne könnte sich die Dunkle Energie verändert haben. Noch sei es aber zu früh, um das Standardmodell der Kosmologie zu verwerfen, sagt Hendrik Hildebrandt. Statistisch gibt es eine etwa einprozentige Wahrscheinlichkeit, dass der Datensatz des Kilo-Degree Survey doch mit den Planck-Daten überlappt. Hendrik Hildebrandt und seine Kooperationspartner wollen die Materiedichte und -klumpung daher noch präziser bestimmen als zuvor und werten dazu gerade einen umfangreicheren Datensatz aus. „Es wird sich zeigen, ob unsere Daten nach dieser Analyse noch weniger mit den Daten des Planck-Konsortiums zusammenpassen oder sich doch damit vereinen lassen“, sagt Hildebrandt.

So oder so ist es eine besondere Zeit für den Bochumer Forscher. „Es ist das erste Mal in meiner Forscherlaufbahn, dass ich an so einem kritischen Punkt angelangt bin“, sagt er. „Die nobelste Aufgabe eines Experimentalphysikers ist es, Theorien zu Fall zu bringen.“ Nun wartet das Bochumer Team mit Spannung, ob die Erklärung für die Diskrepanz der Daten eine ganz profane sein wird, nämlich ein Messfehler. „Es kann aber auch sein, dass wir mit unseren neuen Daten eine Revolution auslösen werden“, so Hildebrandt. Ergebnisse erwartet das Team im späten Frühjahr 2020.

jwe

#### GERMAN CENTER FOR COSMOLOGICAL LENSING

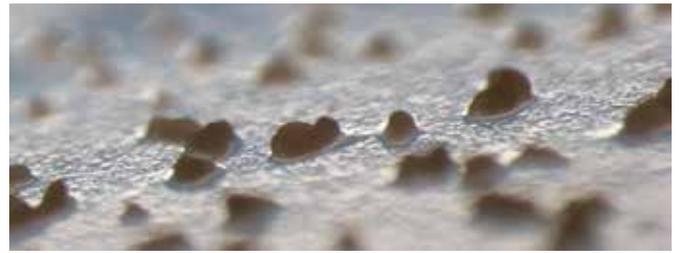


Gemeinsam mit der RUB-Gastprofessorin Catherine Heymans (University of Edinburgh) baut Hendrik Hildebrandt aktuell in Bochum ein neues Forschungszentrum auf, das German Center for Cosmological Lensing. In das Center fließen unter anderem die Mittel eines Consolidator Grants, den Hildebrandt beim Europäischen Forschungsrat eingeworben hat. Das RUB-Team wird Teil der Euclid-Mission der European Space Agency sein, die 2022 ein neues Weltraumteleskop starten wird. Frühere Analysen der Bochumer basierten auf Daten von bodengebundenen Teleskopen. Die aus dem All aufgenommenen Daten versprechen einen größeren Bereich abzudecken und eine bessere Qualität. Außerdem möchten sich die Bochumer und Bochumerinnen am Legacy Survey of Space and Time beteiligen, einem US-amerikanischen Projekt, das weitere wertvolle Daten liefern wird, die sich mit denen der Euclid-Mission kombinieren lassen würden.

# REDAKTIONSSCHLUSS



Bilder: Christine Kaimer, Lehrstuhl Biologie der Mikroorganismen



Beim Begriff Körper haben viele Menschen unweigerlich ein Bild des menschlichen Körpers vor Augen. Im Redaktionsprozess für dieses Heft erreichten das Rubin-Team aber auch Aufnahmen ganz anderer Körper – bei den hier gezeigten Gebilden handelt es sich um Bakterien. Sie können als Einzelzellen vorliegen, in manchen Situationen, etwa bei Nährstoffmangel, aber auch zum Kollektiv werden. Dann bilden hunderttausend Einzelzellen einen Fruchtkörper, der als eigener Organismus begriffen werden kann. Auf dem großen Bild greift gerade das räuberische Bakterium *Myxococcus xanthus* (links im großen Bild) eine Kolonie des Darmbakteriums *Escherichia coli* (rechts im großen Bild) an, um sich von dessen Biomasse zu ernähren. Dabei arbeiten viele Einzelzellen zusammen – so als wären sie ein Organismus.



## IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Constantin Goshler (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Dorothea Kolossa (Elektrotechnik/Informationstechnik), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizin), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Andreas Ostendorf (Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuchs), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Martin Werding (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie), Prof. Dr. Stefan Winter (Wirtschaftswissenschaft)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, Fax: 0234/32-14136, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Hofsteder Str. 66, 44809 Bochum, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

COVER: Agentur der RUB

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 12 und 28: Roberto Schirdewahn; Teaserfotos für die Seiten 18 und 46: Damian Gorczany, Teaserfoto für Seite 60: ESO/T. Preibisch

GRAFIK, ILLUSTRATION, ANIMATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur der RUB, www.rub.de/agentur

DRUCK: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Heisinger Straße 16, 87437 Kempten, www.az-druck.de

AUFLAGE: 4.500

ANZEIGENVERWALTUNG UND -HERSTELLUNG: vmm wirtschaftsverlag GmbH & Co. KG, Kleine Grottenau 1, 86150 Augsburg, Barbara Vogt, Tel.: 0821 4405-432, b.vogt@vmm-digital.de, www.vmm-wirtschaftsverlag.de

BEZUG: RUBIN erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter news.rub.de/rubin/abo. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren