

Sternenstaub und Kollisionen

Sie testen Einsteins Relativitätstheorie, erforschen die Entstehung von Planeten oder suchen nach unbekanntem Teilchen. Fünf junge Forschende erzählen von ihrer Arbeit und ihrer Begeisterung für die Physik. Von Claudio Zemp

1. Das Ticken der Atomuhr

Andreas Schärer

Doktorand, Theoretische Physik

Auf seiner Homepage posiert Andreas Schärer lässig neben der Wachsfigur von Albert Einstein. 100 Jahre ist es her, seit Einstein seine Arbeiten zur «Allgemeinen Relativitätstheorie» publizierte. Seine epochale Theorie ist bis heute die Arbeitsgrundlage vieler Physiker. Einer davon ist der 28-jährige Thurgauer Doktorand. Schärer beschäftigt sich mit Tests der Relativitätstheorie im Sonnensystem. Er ist fasziniert von den Konsequenzen, die sich aus Einsteins Theorie ergeben. Die Gravitationswellen, die dieser theoretisch postulierte und die vor wenigen Monaten erstmals gemessen wurden, sind nur ein Beispiel dafür. Das berühmte Zwilling-Paradoxon ist ein weiteres: «Wenn ein Zwilling mit einem Affenzahn durchs Universum fliegt und danach auf die Erde zurückkommt, sind die Brüder nicht mehr gleich alt.» Das Phänomen sei nicht nur fantastischer Stoff fürs Kino, betont der Forscher: «Das ist keine Science-Fiction. Wir können diesen Effekt im Kleinen mit Atomuhren messen.» Die Unterschiede sind allerdings minim, sagt Schärer: «Je nachdem, wo du dich im Gravitationsfeld befindest, vergeht die Zeit anders. Ganz genau genommen tickt die Zeit in deinen Füßen und in deinem Kopf nicht ganz gleich.»

Schärer arbeitet an Experimenten, um die sogenannte Gravitations-Rotverschiebung im All zu testen. Als Spezialist für Atomuhren ist er in eine geplante Satellitenmission involviert. Der



1

Theoretische Physiker beschäftigt sich aber auch mit irdischeren Anwendungen, genau genommen mit unterirdischen. Kürzlich publizierte er mit anderen Physikern der UZH sowie Geophysikern der ETH eine Idee, wie man mit Hilfe der Theoretischen Physik einen Vulkanausbruch voraussagen könnte. Die Umsetzung ist zwar noch Zukunftsmusik, aber im Prinzip möglich, so Schärer: «Mit einer Atomuhr auf dem Vulkan und einer Referenzuhr ausserhalb könnte man Magmaverchiebungen im Erdinnern rechtzeitig messen.»

2. Planetengeburt

Joanna Drazkowska

Postdoc, Astrophysik

Joanna Drazkowska wuchs als ältestes von fünf Kindern eines Physikerpaars im Norden von Polen auf. Ihr Heimatort Lidzbark Warmiński liegt nahe der russischen Grenze, bei der Enklave Kaliningrad. «Viele wissen gar nicht, dass Polen an Russland grenzt», sagt die Forscherin. Sie studierte wie ihre Eltern an der Nicolaus Copernicus Universität in Toruń Physik und Astronomie. Für die Doktorarbeit zog Drazkowska mit ihrem Mann in die Astrophysik-Hochburg Heidelberg. Von dort kam sie an das Institut für Computational Science an die UZH. Die 29-jährige Polin forscht in Zürich auch für das Nationale Kompetenzzentrum NCCR PlanetS: «Die Schweiz ist eines der führenden Länder in Astronomie», sagt sie. Den persönlichen Fokus legt sie auf die Entstehung der Planeten. Ihre Forschungsobjekte sind nicht nur sehr weit weg, sondern teilweise gar nicht mehr da: «Die Sonne, die wir am Him-



2

mel sehen, ist diejenige von vor 8 Minuten.» Manche Sterne in fernen Galaxien, die sie studiert, sind so weit weg, dass sie gar nicht mehr existieren.

Dass Sterne von Planeten umkreist werden, ist ein verbreitetes Phänomen: «In der Milchstrasse kommt im Durchschnitt auf jeden Stern ein Planet.» Über die Entstehung von Planetensystemen weiss man noch wenig. Erst vor 21 Jahren entdeckten Schweizer Forscher den ersten Stern mit Planeten, der unserer Sonne gleicht, sagt Drazkowska: «Zuvor war es der polnische Astronom Alex Wolszczan, der den ersten Exoplaneten überhaupt fand.»

Die Astronomin versucht, den schimmernden Moment des Übergangs zu verstehen, bevor ein Planet in der Umlaufbahn eines Sterns auftaucht: Die Planetengeburt. Die Physiker können beobachten, dass der Stern dann von einer Protoplanetenscheibe umgeben ist, die aus feinem Sternenstaub besteht. Die Dämmerung, das Zwielicht, das die Entstehung der Planeten umgibt, ist das Rätsel, dem sich Joanna Drazkowska verschrieben hat. Für die junge Wissenschaftlerin ist aber auch das Post-Doc im PlanetS-Programm an der UZH eine Übergangsphase: «Es ist eine Etappe auf dem Weg zur unabhängigen Forscherin.»

3. Auf der Überholspur

Denys Sutter

Fast Track PhD, Festkörperphysik

Die Mutter Krankenschwester aus den Philippinen, der Vater Flughafenpolizist. An der Wiege von Denys Sutter hätten wenige darauf gewettet,



3

dass er einmal Physiker wird. Doch seit Herbst forscht der 27-jährige Doktorand in der Gruppe von Johan Chang. Das Team baut das «Laboratory for Quantum Matter Research» auf.

Mit Bestnoten im Bachelorstudium hat Sutter sich für das Fast Track PhD-Programm qualifiziert. Er macht gleichzeitig das Masterstudium und die Doktorarbeit in zirka vier Jahren. Beim Bewältigen der doppelten Arbeitslast helfen ihm die Fähigkeiten, die er als Teilzeitstudent und Physiklaborant erwarb: «Ich konnte mir das Studium grösstenteils selber finanzieren. Bei Arbeit und Studium habe ich auch gelernt, mich gut zu organisieren.»

Sutters Weg ist ungewöhnlich. Er machte zuerst eine Lehre als Physiklaborant an der ETH. In der Berufsschule inspirierte ihn sein Physiklehrer: «Er erklärte uns den Stoff sehr schön und sagte immer: Wer es genauer wissen will, soll Physik studieren.» Sutter nahm sich diese Worte zu Herzen. Nach der Berufsmatura wechselte er über die einjährige «Passerelle» an die Universität. Mittlerweile ist Denys Sutter wieder gleich alt wie die anderen Doktoranden der Forschungsgruppe. Seine Arbeitserfahrung als Techniker bei der Firma Ferrovac kommt ihm auch in der Forschung zugute: «Ich kann alles brauchen, was ich dort gelernt habe.»

Ferrovac, Hersteller in der Branche der Ultrahochvakuum-Technologie, ist eine Partnerin der UZH. Beim Aufbau des neuen Labors arbeiten die Physiker mit den Konstrukteuren zusammen. Die Visionen für neue Experimente werden gemeinsam umgesetzt. Daneben betreibt die Gruppe Forschung an exotischen Materialien wie zum Beispiel Hochtemperatursupraleiter oder Mott-



4

Isolatoren. Sutter staunt immer wieder von neuem, was in diesen künstlichen Kristallen abläuft: «Das Sample dieser Kristalle ist eine Magic Box. Wir schauen hinein und versuchen die Physik zu verstehen.»

4. Das Funkeln im Dunkeln

Michelle Galloway

Postdoc, Teilchen-Astrophysik

Für die Astrophysikerin Michelle Galloway gab es ein Schlüsselmoment. Mit 14 Jahren sah sie eine Sendung im öffentlichen Schulfernsehen PBS, wo das Phänomen der Supraleitung erklärt wurde. Der Beitrag zeigte eine japanische Spielzeugeisenbahn, die sich in horrendem Tempo ständig im Kreis drehte, ohne dabei Energie zu verlieren. Das brachte den Teenager aus Pennsylvania zum Staunen. Und auf die Idee, Physik zu studieren. Galloway ist diesem Funken der Inspiration seither gefolgt. Ein bewährter Tipp, den sie gerne an den Nachwuchs weitergibt: «Wenn du den Schimmer siehst, folge ihm.»

Galloway ist fasziniert vom Unsichtbaren im Universum. Ihr Weg führte die Amerikanerin zuerst an die Boston University: «In meiner Familie bin ich die Einzige, die aufs College ging.» Danach ging es weiter an verschiedene Universitäten quer durch die USA. In Pittsburgh konstruierte sie ihren ersten Teilchendetektor, später in Berkeley arbeitete sie an einem Neutrino-Experiment.

Galloway machte ihre Doktorarbeit an der renommierten University of California: «Ich hatte in Berkeley sehr gute Mentoren.» Physik sei kein



5

einfaches Fach. Dass man manchmal in einem Problem feststecke und fast verzweifeln, gehöre dazu.

Nach ihrem PhD mit Schwerpunkt Gammastrahlenspektroskopie und Bildgebung für Nukleare Physik kam Galloway nach Zürich. 2014 stiess sie zur Xenon-Gruppe von Laura Baudis. Diese Stelle sei für sie der perfekte Job am perfekten Ort gewesen. Am Xenon-Experiment sind mehrere Forscherteams aus verschiedenen Ländern beteiligt. Das Labor befindet sich in Italien, östlich von Rom, tief im Berg, um das kosmische Rauschen auszuschalten. Die zylinderförmige Anlage, die 161 Kilogramm Xenon fasst, ist kaum grösser als ein Waschküchen-Tumbler. Nun haben die Forscherinnen und Forscher eine neue Anlage konstruiert, die 3,5 Tonnen Xenon fasst. Michelle Galloways Traum ist es, Teilchen der dunklen Materie direkt nachzuweisen. Die Physiker jagen im Experiment kleinste Lichtsignale, es funkt wieder – und Michelle Galloway ist mit dabei.

5. Das Rätsel der Materie

Rafael Silva Coutinho

Postdoc, Teilchenphysik

Rafael Coutinhos Vater war Meeresbiologe. Als Kind wurde der Brasilianer von dessen Entdeckerfreude angesteckt. Das Forschen ist bis heute die liebste Beschäftigung des 29-jährigen Teilchenphysikers. Die raren Perlen, nach denen Coutinho taucht, sind extrem instabile subatomare Teilchen wie etwa Hadronen. Diese werden im grossen Teilchenbeschleuniger im Genfer Cern

produziert, der auf Englisch «Large Hadron Collider» heisst, kurz LHC. Seit 2008 arbeitet Coutinho am Cern. Als der LHC in Betrieb genommen wurde, machte er seinen Master in Rio de Janeiro.

Coutinho ist ein Crack im Analysieren von gigantischen Datensätzen: «Analyse ist ein effizienter Weg, um die seltenen Prozesse zu identifizieren.» Das Spezialgebiet des Brasilianers ist die CP-Verletzung. Das Phänomen wurde schon 1964 entdeckt, gibt der Wissenschaft aber immer noch Rätsel auf. Dieses zu lösen, ist das Ziel des Experiments LHCB, an dem Coutinho beteiligt ist. Das «b» steht für «beauty experiment».

Das Experiment sucht nach seltenen Zerfällen von Hadronen, die das schwere Bottom-Quark enthalten. Dahinter stellt sich die grosse theoretische Frage, weshalb in unserem Universum die Materie dominiert. Es sei eine der ungelösten Fragen der Physik, wie kurz nach dem Urknall diese Asymmetrie in Gang kam, erklärt Coutinho: «Wir suchen nach noch unentdeckten Phänomenen, die dafür sorgen, dass Materie und Antimaterie sich unterschiedlich verhalten.»

Die Doktorarbeit des Brasilianers wurde als beste LHCB-These in England ausgezeichnet. Seit Mai 2015 forscht er nun als Post Doc in der Gruppe von Professor Nicola Serra an der UZH. Hier ist Coutinho ganz in seinem Element und unternimmt Tauchgänge in die Tiefen der Physik. Besonders aufregend sind unerwartete Signale, die in alten LHCB-Daten gefunden wurden. Der Nachweis einer Abweichung vom Standardmodell in seltenen Zerfällen wäre eine Sensation. Mehr als einmal tauchten Indizien dafür auf, doch das ist noch nicht signifikant. Coutinho und seine Kollegen gehen den Beobachtungen nach und arbeiten sich vor, bis auf den Grund.

Kontakt: Andreas Schärer, andreas.schaerer@physik.uzh.ch; Dr. Joanna Drazkowska, joannad@physik.uzh.ch; Denys Sutter, dsutter@physik.uzh.ch; Dr. Michelle Galloway, galloway@physik.uzh.ch; Rafael Silva Coutinho, rafael.silva.coutinho@cern.ch

Wohltemperierte Supraleiter

Der Physiker Johan Chang erforscht die Hochtemperatursupraleitung (HTS). Diese gibt immer noch Rätsel auf, dreissig Jahre nach der Entdeckung durch K. Alex Müller und J. Georg Bednorz. Von Thomas Gull

Johan Chang hat einen Traum: Er möchte ein Material finden, das idealerweise bei Raumtemperatur Strom ohne Widerstand leitet, das heisst supraleitend wird. Dazu experimentiert der Physiker mit Kupferoxiden. Kupferoxide sind so genannte Hochtemperatursupraleiter (HTS). Sie werden bei relativ «hohen» Temperaturen supraleitend – aktuell liegt die Bestmarke bei minus 110 Grad Celsius.

Die HTS beflügelt die Phantasie seit ihrer Entdeckung vor dreissig Jahren. Strom ohne Widerstand zu transportieren, war und ist ein grosses Versprechen für viele technische Anwendungen. Supraleitung wird heute für die Übertragung von Strom verwendet, um Züge schwebend und ohne Rollwiderstand fahren zu lassen, in der medizinischen Bildgebung, der drahtlosen Kommunikation oder in Quantencomputern. Dabei kommt je nach Gebiet die klassische Supraleitung in Metallen, die seit mehr als 100 Jahren bekannt ist, oder die HTS zur Anwendung, die 1986 entdeckt wurde – von K. Alex Müller, damals Professor für Festkörperphysik an der Universität Zürich und Fellow am IBM-Labor in Rüschlikon, und seinem IBM-Kollegen J. Georg Bednorz.

Nobelpreis für Müller und Bednorz

Den beiden gelang am 27. Januar 1986 einer der grössten wissenschaftlichen Durchbrüche in der Experimentalphysik des 20. Jahrhunderts: Sie entdeckten nach drei Jahren harter Arbeit im Labor und achtzig synthetisierten Verbindungen Lanthan-Barium-Kupferoxid. Die Kupferoxid-Verbindung war supraleitend. Das war in zweierlei Hinsicht eine Sensation: erstens, weil Kupferoxide bei Normaltemperatur nur wenig Strom leiten und zweitens, weil die Sprungtemperatur, bei der das Material supraleitend wird, bei vergleichsweise hohen minus 243 Grad Celsius liegt. Das ist wesentlich tiefer als die Sprungtempera-

tur des metallischen Supraleiters Quecksilber (–269 Grad), den der holländische Physiker Heike Kamerlingh Onnes bereits 1911 entdeckte.

Müller und Bednorz hatten den ersten Hochtemperatursupraleiter gefunden. Die Publikation ihrer Entdeckung löste weltweit Begeisterung aus, bereits ein Jahr später erhielten sie dafür den Physik-Nobelpreis. Rund um den Globus begannen Labore mit der neuen Erkenntnis zu arbeiten. Schnell wurden Kupferoxide mit noch höherer Sprungtemperatur gefunden. Die höchste gemessene Sprungtemperatur in einem Kupferoxid unter Normaldruck liegt bei minus 140 Grad Cel-

Entweder es gelingt, einen Supraleiter herzustellen, oder es stellt sich heraus, dass es eine Temperaturobergrenze gibt, die nicht geknackt werden kann.

sus. Sie wurde 1993 von Andreas Schilling entdeckt, heute Professor am Physik-Institut der Universität Zürich.

Trotz Sprungtemperaturen, die immer noch weit unter dem Nullpunkt liegen, sind die keramischen HTS für die Industrie interessant, weil sie mit flüssigem Stickstoff supraleitend gemacht werden können, während die metallischen Supraleiter mit flüssigem Helium heruntergekühlt werden müssen, was aufwändiger und teurer ist.

Verflogene Euphorie

Die anfängliche Euphorie über die HTS ist dennoch etwas verflogen. Das hat drei Gründe: die Sprungtemperatur ist immer noch sehr tief, das Material muss deshalb mit einem aufwändigen technischen Verfahren gekühlt werden; Kupferoxide sind brüchige Materialien, es ist deshalb