



WIR MÖCHTEN WISSEN, WIE DIE NATURGESETZE FUNKTIONIEREN.

DAS SAGEN CHRISTIAN FÖHR UND DR. FELIX WERNER, UNSERE INTERVIEWPARTNER, DIE WIR AN IHRER ARBEITSSTELLE GETROFFEN HABEN.



29

WIR SIND AUF DEM GELÄNDE DES MPIK (MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR KERNPHYSIK) UND CHRISTIAN FÖHR, DER FOTOGRAF UNSERER NEUENHEIMER NACHRICHTEN, GIBT UNS EINEN ERSTEN ÜBERBLICK.

Im MPIK wird experimentelle und theoretische Grundlagenforschung betrieben, auf den Gebieten der Astroteilchenphysik und der Quantendynamik. Es gibt hier sechs wissenschaftliche Abteilungen mit je einem Direktor an der Spitze, die auf unterschiedlichen Gebieten arbeiten. Ich arbeite hier als Elektroniker, nicht als Physiker. Gegründet wurde das MPIK im Jahre 1958 von Wolfgang Gentner, in diesem Jahr feiern wir also unser 60-jähriges Jubiläum. Auf der rechten Seite ist das Gebäude der Konstruktion und Feinmechanik.

WAS WIRD DORT GEMACHT?

Dort werden Geräte für die physikalische Forschung konstruiert und gebaut. Denn diese gibt es häufig nicht zu kaufen. Im Konstruktionsbüro werden auch statische Berechnungen von Teleskopen, die teilweise 20 – 30 m hoch sind, durchgeführt.

GLEICH ERREICHEN WIR CHRISTIAN'S ARBEITSPLATZ IN DER ELEKTRONIK. WAS KANN ICH MIR VORSTELLEN, WAS HIER ENTWICKELT WIRD?

Wir entwickeln hier die verschiedenste Elektronik. Es gibt ein großes Lager mit einem Vorrat an allen möglichen Elektronik-Bauteilen für wissenschaftliche Experimente. Wir sind eine Serviceabteilung für das ganze Institut. Sagt Dir Cassini-Huygens

etwas? Das waren zwei gekoppelte Raumsonden, die ab Ende der 90iger Jahre den Saturn und seine Monde erforscht haben. Der Staubdetektor, der die Staubpartikel aus dem Ring detektierte, wurde hier entwickelt und gebaut.

WAS MESST IHR IN DEM MESSLABOR?

Mit der Elektronik hier zum Beispiel messen wir simulierte Lichtblitze: Winzige Signale, die sehr kurz sind – zwischen 5 und 10 Nanosekunden (0,000 000 005 sek) lang. Der Aufbau dient dazu eine Kamera zu entwickeln, die ähnlich einer Spiegelreflexkamera eine gewisse Anzahl von Pixeln hat. Wir können jedoch mit einem Pixel schon ein einzelnes Photon, also die kleinste Lichtmenge, die es gibt, sehen.

UND WIE GEHT MAN BEI EINER SOLCHEN ENTWICKLUNG VOR?

Man schaut sich dann zunächst das Signal eines Pixels an, das aus einem Fotovervielfacher kommt. Das ist eine Fotoröhre, die kleinste Stromsignale liefert. Wir entwickeln dann elektronische Schaltungen, mit denen wir solche kurzen Stromsignale aufnehmen, analysieren und zuletzt übertragen können. Diese Elektronik hier wurde dazu entwickelt, um Gammastrahlung zu messen.

WAS IST GAMMASTRAHLUNG UND WO KOMMT SIE HER?

Das, was wir als Licht bezeichnen, ist ein kleiner Teil des elektromagnetischen Spektrums, welches wir mit unseren Augen sehen können. Es gibt aber Objekte in unserem Weltall, die senden elektromagnetische Energie aus, die wir mit dem Auge nicht sehen können.

Wenn man das Ganze mit einer Klaviertastatur vergleichen würde, müsste man sich vorstellen, dass der Bereich, den man sehen kann, auf einem Klavier eine Oktave umfassen würde. Der Bereich der elektromagnetischen Wellen, die existieren, aber von uns nicht gesehen werden, wäre so groß wie ein 15 m breites Klavier! Hier können wir nur durch entsprechende Messungen erreichen, dass wir den „Rest“ indirekt sehen bzw. in einen sichtbaren Bereich bringen.

Gammastrahlung ist ein Teil des „Rests“. Wir schauen nach einer bestimmten Gammastrahlung, nämlich der mit der höchsten Energie. Diese kann man hier auf der Erde gar nicht erzeugen. Diese Gammateilchen werden nur von kosmischen Beschleunigern ausgesendet, bei denen etwas extrem Energiereiches passiert. Wenn ein Stern zu einer Supernova wird, gibt es eine Schockwelle, die sich im Weltraum ausdehnt. In dieser Schockwelle entsteht Gammastrahlung. Sie entsteht auch im Zentrum der Milchstraße, von dem wir jetzt wissen, dass es ein großes schwarzes Loch enthält.

Gammastrahlung lässt sich von Magnetfeldern und Gravitation nicht ablenken und kommt direkt von der Quelle zu unseren Detektoren.

WERDEN DIE GAMMASTRAHLEN NICHT ABSORBIERT?

Ja, die Gammateilchen zerfallen, wenn sie auf die Erdatmosphäre treffen, in einen Blitz. Dieser Blitz ist im bläulich sichtbaren Bereich. Er beleuchtet wie eine Taschenlampe einen Kegel von ca. 250 m Durchmesser. Wir betreiben fünf Teleskope in Namibia. Diese stehen in einer Höhe von ca. 2000 m. Wir detektieren mit diesen Teleskopen solche Blitze und untersuchen die Quellen der Gammastrahlung.

WARTET MAN DANN AUF DEN BESTIMMTEN MOMENT? ES KOMMT DOCH NICHT STÄNDIG WAS HERUNTER.

Doch. In der Regel ja. Es gibt Events, die sehr selten sind, aber wir haben i.d.R. pro Teleskop 10.000 Events pro Sekunde.

Dr. Felix Werner kommt zu unserem Gespräch hinzu. Da sich hier oben im MPIK viele duzen, bleiben wir beim „Du“. Felix hat an der TU Karlsruhe Physik studiert und am heutigen KIT Campus Nord sein Diplom und seine Promotion gemacht, die sich damals schon mit der kosmischen Strahlung befassten. Jetzt wohnt er in Neuenheim und arbeitet seit 2014 am MPIK.

FELIX, WAS IST DEIN PART HIER IM INSTITUT? WAS MACHST DU?

Ich arbeite an der Entwicklung der Instrumentierung hier im Hochenergie-Gammastrahlenbereich. Gammastrahlung kann man mit verschiedenen experimentellen Methoden untersuchen, je nachdem, für welchen Energiebereich des elektromagnetischen Spektrums man sich interessiert. Niederenergetische Radiostrahlung von astrophysikalischen Objekten beispielsweise kann man mit einem großen Radioteleskop messen, z.B. mit dem Effelsberg-Teleskop. Wir können optisch, also im sichtbaren Lichtbereich, Objekte mit einem guten Teleskopsystem vom Boden aus beobachten oder mit dem Hubble-Weltraumteleskop. Man kann sich also die Galaxie in den verschiedenen Bereichen anschauen. Je weiter man in den Hochenergiebereich hineingeht, desto weniger Objekte sieht man, da es sehr schwer ist, Photonen oder andere Teilchen auf sehr hohe Energie zu bringen. Wir auf der Erde bauen kilometergroße

Teilchenbeschleuniger, die Natur macht das Ganze tausende Male stärker, an sehr ungemütlichen Orten im Universum wie explodierenden Sternen oder in der Nähe von supermassiven schwarzen Löchern.

Wenn man sich die Galaxie in den verschiedenen spektralen Bereichen anschaut, optisch, im Radiobereich oder im höherenergetischen Bereich, kann man über die einzelnen Objekte am Himmel wie Supernova-Überresten und ihrer Umgebung unheimlich viel lernen – die Größe und Struktur der Objekte im höchstenergetischen Bereich vergleicht man z.B. mit Bildern aus dem optischen Bereich oder dem Röntgenbereich. Man versucht dann Modelle für die Objekte und Umgebungen zu finden, die ein stimmiges Gesamtbild ergeben.

UND WIE WIRD DAS VISUALISIERT?

Visualisiert wird dies meist durch Überlagerung von verschiedenen Messergebnissen. Mit dem H.E.S.S.-Teleskopsystem in Namibia messen wir die höchstenergetische Strahlung. Wir haben von dort Aufnahmen der Milchstraße im höchstenergetischen Licht, die sehr eindrucksvoll sind.

WAS FÄNGT DAS H.E.S.S.-TELESKOP EIN?

Das H.E.S.S.-Teleskop konzentriert sich auf die Gammastrahlen. Man spricht sich mit anderen Observatorien ab, dass man zeitgleich dieselben Objekte beobachtet. Die Sonne z.B. strahlt immer im sichtbaren Licht. Wenn man nun aber die Sonne in unterschiedlichen Spektren ansieht, findet man z.B. häufig kleine Eruptionen, die gleichzeitig im Röntgen- und Gammabereich sichtbar sind und sogar Teilchen aus der Hülle auswerfen. Wenn man nicht nur das sichtbare Spektrum nimmt, sondern

auch andere Teile des Spektrums, lernt man also mehr über die Quelle.

WEISS MAN JEDES MAL, WOHER DIESE ENERGIE KOMMT?

Oft müssen wir das erst in mühevoller Kleinarbeit herausbekommen. Letztendlich gibt es verschiedene Modelle z.B. für solche Supernova-Überreste, die darauf hinweisen, wie es in der Umgebung aussehen kann und zwischen denen anhand der Korrelationen der verschiedenen Beobachtungen unterschieden werden kann.

ES STELLT SICH JA IRGENDWANN DIE FRAGE: WAS MACHT MAN DENN DAMIT, WENN MAN ALLES INTERPRETIERT HAT?

Ganz einfach: Erkenntnisgewinn. Wir betreiben Grundlagenforschung. Erkenntnisgewinn über die Entstehung und das Funktionieren des Universums. Wir möchten wissen, wie die Naturgesetze funktionieren. Gelten die gleichen Naturgesetze, die wir hier am Boden messen, auch in großen Entfernung?

D.H. MAN HAT AUCH FÜR DIE MEDIZIN ERKENNTNISSE AUS DER FORSCHUNG ÜBER DIE GAMMASTRAHLUNG GEWONNEN?

Die Teilchenbeschleuniger, die in der Krebstherapie angewandt werden, die Gammadetektoren: alle Ideen hierzu stammen aus der Grundlagenforschung. Die Industrie realisiert das dann, so dass es handhabbar ist.

Ein gutes Beispiel sind die großen Teilchenbeschleuniger, die am CERN gebaut wurden. Um die hochenergetischen Teilchen auf ihrer Bahn durch den Beschleuniger zu halten mussten neue, tiefgekühlte Magnete entwi-

ckelt werden. Diese Entwicklung und die erzielten Fortschritte bei den Strahlungsdetektoren machen es letztlich möglich, dass man sich heute in einem Krankenhaus im MRT oder PET-Scanner mit früher undenkbarer Präzision untersuchen lassen kann.

DAS MPIK IST IN NAMIBIA BETEILIGT. WIE WIR GEHÖRT HABEN, WIRD EIN OBSERVATORIUM IN CHILE GEPLANT.

In Namibia stehen H.E.S.S.-Teleskope, die allerdings nur für die Wissenschaftler zugänglich sind, die an dem Experiment teilnehmen. Das ist ein Punkt, den wir bei dem nächsten Observatorium, das wir planen, ändern wollen. Geplant ist ein Observatorium in Chile. Wir wollen dann die gesamte astrophysikalische Gemeinschaft einladen, dort Vorschläge einzureichen, was wir beobachten sollen.

SATELLITEN MACHEN DOCH AUCH AUFNAHMEN. BEFINDEN DIESE SICH OBER- ODER UNTERHALB DES TEILCHENSCHAUERS?

Die bewegen sich oberhalb vom Teilchenschauer. Satelliten können also eine direkte Detektion von den ursprünglichen Lichtteilchen machen.

IST DAS NICHT PRÄZISER?

Schon. Aber Satelliten können kostenbedingt nur eine relativ kleine Detektorfläche haben, etwa 1 m², sodass es viel zu lange dauern würde bis man ein Bild hat. Deshalb brauchen wir große Flächen – H.E.S.S. z.B. deckt effektiv 200.000 m² ab und ist dabei deutlich günstiger als jeder Satellit; der Nachfolger CTA wird über zehnmal größer.

GIBT ES SO ETWAS WIE SIMULATIONEN ODER PROGNOSERECHNUNG UND MACHT DAS SINN?

Ja, natürlich. Da wird ein Riesenaufwand getrieben. Die astrophysikalischen Quellen, die Ausbreitung der Strahlung im Universum, die Teilchenschauer in unserer Atmosphäre und am Ende jedes relevante Teil des Teleskops werden so realistisch wie möglich simuliert. Es gibt unendlich viele Parameter, die teils im Labor nachgemessen, teils durch Extrapolation gewonnen werden müssen.

Das ist das Eine, das Andere ist zu planen, wie wir die begrenzte Menge Geld, die wir von den Geldgebern erhalten, am besten nutzen.

Wir hier bauen eine Kamera für ein kleines Teleskop und eine Kamera für ein mittelgroßes Teleskop. Es gibt zu beiden Kameraprojekten Alternativen, die von anderen Instituten entwickelt werden. Letztendlich muss sich eine Technologie durchsetzen.

UND WIE WIRD DAS GANZE PRAKTISCH UMGESETZT?

Für unsere mittelgroße Kamera, die FlashCam getauft wurde und an der u.a. Christian und ich arbeiten, benutzen wir spezielle Fotodetektoren, also nicht die Chip-Sensoren, die auch in einer Fotokamera drin sind, auch keine flachen Sensoren, sondern Röhren. Diese sind auf Geschwindigkeit optimiert. Sie können ein einzelnes Photon, das hier auftrifft, detektieren. Sie senden einen elektrischen Impuls, den wir dann mit der von Christian und seinen Kollegen entwickelten Elektronik messen. Diese Elektronik digitalisiert das Signal eines einzelnen Pixels 250 Millionen Mal in der Sekunde. Das kann ich dann parallel mit 2000 Pixeln machen. Pro Kamera sind

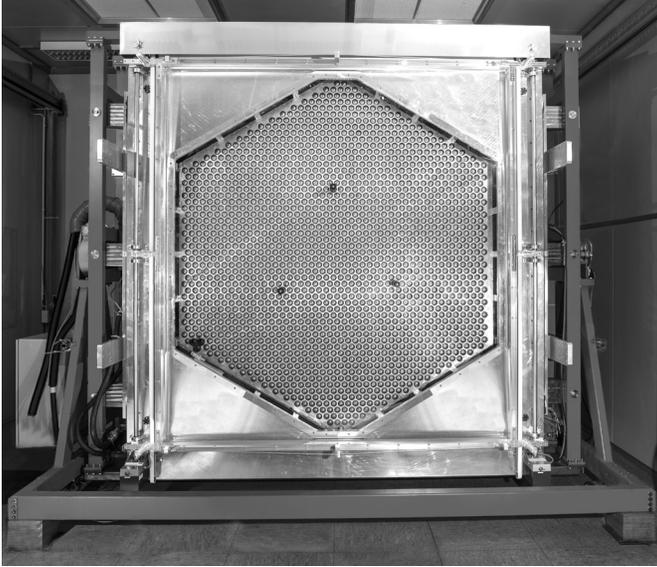
das dann einige Terabit pro Sekunde, die zu speichern wären.

DAS IST JA EINE WAHNSINNIC GROSSE MENGE! WO KANN DIE DENN GESPEICHERT WERDEN?

Die Kamera selektiert in Echtzeit die Bildfolgen, die eine kurze Lichtspur, wie wir sie von den Teilchenschauern erwarten, enthalten. Von den 250 Millionen bleiben letztendlich ca. 10.000 kurze Bildfolgen pro Sekunde, die rausgefischt werden. Die große Kunst ist es, die wichtigen Informationen herauszufiltern und den Rest dann zu eliminieren. Man könnte die Information sonst gar nicht so schnell abspeichern. Wir produzieren mit einer Kamera jede Sekunde in etwa die Datenmenge, die ein kompletter Spielfilm heutzutage einnimmt.

Das Ziel ist, Energiespektren von einzelnen Quellen zu machen. Bis dahin gibt es natürlich sehr viel Schritte, die stattfinden müssen. Bei der ersten Filterung wird geschaut, ob wir einen solchen Schauer überhaupt sehen, und schicken diesen an den Server. Das passiert an vielen Teleskopen gleichzeitig und ein spezieller Server bekommt die Info von allen anderen Teleskopen. Er entscheidet sich dann für die Schauer, die bei vielen Teleskopen gleichzeitig gemessen wurde. Damit hat man die Datenqualität erhöht.

Dann speichert man diese Daten und analysiert sie. Man versucht dann mithilfe von Mustererkennungsverfahren und Vergleichen mit den vorher genannten Simulationen herauszufinden, wie hoch die ursprüngliche Energie von dem Gammaquant war und woher sie gekommen ist, mit möglichst hoher Präzision versteht sich. Am Ende kommt eine Liste heraus, auf der alle wichtigen Informationen aufgeführt sind. Diese Liste wird dann an die Perso-



nen und Institute verteilt, die den Fleck am Himmel beobachtet haben wollten.

WELCHE STATIONEN BELEGT DAS MPIK? LA PALMA, CHILE, NAMIBIA, MEXIKO?

Namibia ist durch das MPIK stark besetzt: wir betreiben dort das H.E.S.S.-Teleskopsystem. In La Palma hatten wir früher Experimente, heute sind wir nicht mehr dabei – das MPI München ist dort vertreten. In Mexiko sind wir an einem anderen Experiment, dem HAWC-Observatorium, beteiligt, das auf einer anderen Technik basiert. Ein Nachteil des Teleskopsystems ist der doch recht begrenzte Blickwinkel. Wir können nicht den ganzen Himmel abdecken, wir können nur kleine Ausschnitte zusammensetzen. Auf einem Vulkan in Mexiko helfen wir gerade HAWC zu erweitern, das etwa 2/3 des Himmels gleichzeitig an einem bestimmten Zeitpunkt messen kann, Tag wie Nacht, allerdings mit einer sehr viel geringeren Präzision als mit Teleskopen. Die beiden Methoden sind also komplementär. In Chile wollen wir in Zukunft tätig sein.

GIBT ES EINEN REGEN AUSTAUSCH UNTER DEN WISSENSCHAFTLERN?

Es gibt häufig Treffen oder Telefon-Konferenzen. Wir sind Wissenschaftler, wir müssen unser Wissen auch teilen und wir profitieren sehr davon, dass wir nicht die Einzigen sind, die über bestimmte Probleme nachdenken. Wir z.B., die wir uns mit der FlashCam befassen, telefonieren fast wöchentlich mit den Kollegen aus Zürich, Erlangen, Innsbruck und Tübingen zusammen.

IHR HABT GESAGT, DASS IHR EUCH MIT DEN KAMERAS FÜR DIE MITTELGROSSEN TELESKOPE BESCHÄFTIGT. WIE WEIT SEID IHR MIT DER PLANUNG BZW. FERTIGUNG?

Ende September 2017 feierte ein Prototyp unserer FlashCam in Berlin Premiere. Der Prototyp eines mittelgroßen Teleskops der neuen Generation wurde mit der neu entwickelten Kamera bestückt. Die zwei Tonnen schwere Kamera wurde montiert und schon in der ersten Nacht, in der das Teleskop an den Himmel schauen konnte, lieferte die Kamera Bilder erster Teilenschauer. Der Einbau gelang ohne Probleme. Insoweit ist man recht zuversichtlich, dass es in dem geplanten Observatorium in Chile keine größeren Probleme geben dürfte.

WANN SCHÄTZT MAN, DASS MAN IN CHILE BEGINNEN KANN?

Wir vom MPIK könnten wahrscheinlich im kommenden Jahr beginnen. Es gibt aber noch etliche Hemmnisse, auch politischer Art.

WERDEN DIE KAMERAS HIER GEFERTIGT?

Teils, teils. Das Gehäuse wird industriell gefertigt. Das besteht aus den gleichen Komponenten wie ein LKW-Aufbau. Die Elektronik wird hier entwickelt und nach unseren Vorgaben industriell gefertigt. Dabei werden z.B. auch die Fotovervielfacher aus Japan eingelötet. Das, was hier dann geschieht, ist alles zu testen und einzubauen – die Integration aller Komponenten.

WIE LANGE HABT IHR DIESE KAMERA ENTWICKELT?

Ca. neun Jahre. Am Anfang gab es nur eine Prototyprohre. Die Kamera muss stabil sein, der Reparaturaufwand muss gering sein. Wenn z.B. etwas kaputt geht, muss man möglichst schnell wissen, was kaputt ist und dann muss man es mit einem möglichst geringen Aufwand tauschen können – mitten in der Atacama-Wüste in Chile.

Was wir allerdings hier entwickelt haben, also die Elektronik für die Kamera, ist präzise, schnelle Messtechnik, die flexibel eingesetzt werden kann – deshalb wird sie mittlerweile in fast allen Divisionen hier oben verwendet. Auch im benachbarten Europäischen Labor für Molekularbiologie hilft die Elektronik bei der Photolumineszenz-Spektroskopie. Wir benutzen die gleiche Elektronik auch, um das vorhin erwähnte HAWC-Observatorium in Mexiko kostengünstig zu erweitern und zu verbessern. Was uns außerdem sehr am

Herzen liegt ist eine Anwendung am DKFZ, genauer in der Hochpräzisions-Ionentherapie. Dort hilft unsere Elektronik bei der Entwicklung einer neuen Technologie, die es erlaubt, die Bestrahlung besser zu kontrollieren und präziser zu positionieren. Dadurch werden sanftere, aber auch gänzlich neue Therapien möglich.

Wir schauen uns dann noch den Prototyp der neuen Kamera an: Beeindruckend!

CHRISTIAN UND FELIX, VIELEN DANK FÜR DAS SEHR INTERESSANTE UND INFORMATIVE INTERVIEW. WIR WÜNSCHEN EUCH WEITERHIN VIEL ERFOLG BEI EURER FORSCHUNG.

Die Fragen stellten Bärbel Hufen-Fischer und Angel Ponz

Hinweisen möchten wir noch auf den Tag der offenen Tür, der aus Anlass des 60. Geburtstags des Max-Planck-Instituts am Sonntag, 16. September 2018, von 10 bis 17 Uhr unter dem Motto „Helles Licht und dunkle Teilchen“ stattfindet.

Hier können Interessierte einen Blick auf die vielfältige Forschung am Institut werfen. Es geht um kosmische Beschleuniger und die Suche nach der rätselhaften Dunklen Materie, wie sich der Weltraum ins Labor holen lässt, wie Waagen für Atome funktionieren und was mit superstarken und ultrakurzen Laserblitzen alles möglich ist. Auch ist zu sehen, wie wissenschaftliche Apparaturen konstruiert und gebaut sowie elektronische Schaltungen entworfen und realisiert werden.

Auf dem Programm stehen zahlreiche Vorführungen, Versuche zum Mitmachen, Laborbesichtigungen, Exponate, Poster und Vorträge. Ort: MPIK