

20. Jan. 11.47.35

RES078_Gravitationswellen

Ich bin Holger Klein.

Willkommen zum Forschungspodcast der Helmholtz-Gemeinschaft.

Es ist Donnerstag, der 11.

Februar 2016.

Heute Nachmittag hat es eine Pressekonferenz gegeben.

Da wurde bekannt gegeben, dass wir Gravitationswellen entdeckt hätten.

Das ist ziemlich cool, glaube ich, denn ich bin kein Physiker und schon gar kein Gravitationsforscher und habe deshalb einfach mal bei einem angerufen.

Ich begrüße Reinhard Prix vom Albert-Einstein-Institut in Hannover.

Hallo Herr Prix.

Guten Tag.

Reinhard Prix ist einer der über 1000 Wissenschaftler, die die Gravitationswellen entdeckt haben.

Was mich wundert, Herr Prix, ist, ich dachte, wir kennen die schon längst.

Ja, also wir kennen sie natürlich als theoretische Voraussage jetzt ziemlich genau 100 Jahre.

Nämlich vor, also 1916 wurde diese Voraussage erstmals getroffen von Einstein selbst, als eine seiner Voraussagen aus seiner allgemeinen Relativitätstheorie.

Die längste Zeit wurde das aber als vollkommen unmöglich betrachtet, dass man jemals so etwas messen könnte, weil schon ziemlich schnell klar war auch Einstein, dass die Größenordnung des Effekts so wahnsinnig klein ist, dass es wahrscheinlich nie machbar sein könnte, überhaupt so etwas nachzuweisen.

Das ist dann eben durch den Fortschritt der Technologie eigentlich erst möglich geworden.

Das heißt, wir brauchen einen sehr, sehr großen Detektor, um etwas sehr, sehr Winziges zu messen?

Absolut, genau.

Der Effekt ist winzig, die Gravitationswelle selbst ist natürlich groß, weil die streicht als Kugelform über unsere ganze Erde hinweg.

Aber der Effekt, den sie auslöst, der ist absolut mini klein.

Was ist denn eigentlich überhaupt Gravitation?

Ja, Gravitation, erstmal ist es natürlich so, wie wir es kennen, von der Erdanziehung.

Gravitation ist das, was macht, dass alles runterfällt, ne?

Ja, auf der Erde ist es so, natürlich.

Also Massen ziehen sich an, alle Massen ziehen sich an.

Je größer die Masse, umso mehr Kraft, mit mehr Kraft zieht sie andere Massen an.

Darum werden wir natürlich hauptsächlich von der Erde angezogen, aber wir drehen uns ja auch um die Sonne, die Erde und so weiter.

Also Gravitation ist eine universelle Kraft, zumindest wurde sie ursprünglich von Newton halt als Kraft bezeichnet.

Mit Einstein hat sich das Bild ja ein bisschen geändert und es wurde dann mehr so ein Effekt, also durch ein Feld, ein Gravitationsfeld, das die Raumzeit selbst, Krümmung in der Raumzeit selbst, diese Information vermittelt, dass hier sozusagen eine Kraft stattfinden sollte.

Aber woraus besteht Gravitation?

Ja, das kann man eigentlich nicht beantworten, woraus es besteht.

Es ist eben die unterste Basis, auf die man in unserem Verständnis vorgedrungen ist.

Es gibt natürlich viele Spekulationen, die dann weitergehen, aber man weiß erstmal nur, okay, es gibt etwas, das das auslöst, das kann man beschreiben durch Gleichungen, die Feldgleichungen, die Einstein dann eben entdeckt hat, die das wunderbar beschreiben und eben auch Gravitationswelten dann voraussagen.

Was es jetzt aber weiter, worauf man das weiter zurückführen kann, weiß man nicht.

Es gibt Versuche, das zu vereinheitlichen mit den anderen Kräften und so weiter, die existieren, aber aktuell ist das im Bereich der Spekulation.

Kann man das vergleichen mit vielleicht dem Punkt, an dem die Menschheit war, als sie zum ersten Mal mit dem Lichtmikroskop ein Atom gesehen hat und dachte, das ist jetzt das Kleinste, was wir haben, aber möglicherweise ist

dahinter noch mehr?

Ja, das kann durchaus sein.

Es gibt ja viele Versuche, die Stringtheorie und auch ähnliche geartete Theorien nehmen das noch auf, fundamentale, kleinere Dinge zurückzuführen mit mehr Dimensionen und so weiter.

Aber man hat dann auch keine Aussagen, die man jetzt wirklich testen und überprüfen könnte.

Und selbst diese Aussage, die Gravitationswellen, die jetzt schon 100 Jahre alt ist, die konnte erst heute nachgewiesen werden, weil es eben so schwierig ist.

Warum ist das so schwierig?

Es gibt ja nicht nur eine Gravitationswelle, die rumfliegt, oder?

Nein, natürlich.

Die Schwierigkeit besteht daraus, dass Sie erstmal eine Quelle brauchen, die jetzt wirklich etwas stark genug Gravitationswellen erzeugt, dass wir überhaupt eine Chance haben.

Das heißt, dazu braucht man sehr große Massen, so wie Neutronensterne oder schwarze Löcher, die sich dann auch noch ganz schnell bewegen müssen, umeinander idealerweise, oder schnell beschleunigt werden.

Das heißt, die brauchen ganz dramatische astrophysikalische Ereignisse.

Supernova wäre auch so ein Ding.

Das heißt, die Quellen selbst, die sind, und man weiß nicht genau, wie oft, man weiß es jetzt ein bisschen besser, aber wie oft solche Ereignisse passieren im

Universum, wusste man gar nicht so genau.

Ach, das heißt, es könnte auch sein, dass es nur einmal ein Ereignis gab, das so war und wir es nie bemerkt hätten?

Ja, also es war bis jetzt unklar, wie oft sowas tatsächlich passiert.

Und daher konnte man auch nicht genau sagen, ob Advanced LIGO jetzt so ein Event in seiner ganzen Beobachtungszeit einmal sehen würde oder vielleicht jede Woche und so weiter.

Da gab es noch große Unsicherheiten.

Advanced LIGO ist der Detektor, ne?

Ja, genau.

Advanced LIGO ist diese jetzt zweite Generation dieses Laserinterferometers, wovon es zwei in Amerika gibt, die jetzt angefangen haben zu beobachten.

Da kommen dann noch einige dazu in den nächsten Jahren.

Also Virgo in Italien und auch CAGRA in Japan und auch noch ein weiterer LIGO-Detektor in Indien ist geplant über die nächsten fünf Jahre und so.

Also da wird so ein weltweites Netzwerk entstehen.

Da kann man dann auch genauer die Quellen am Himmel lokalisieren, wenn man bessere Lokalisierung hat mit mehr Detektoren.

Das heißt, Sie können dann die Richtung bestimmen?

Die Richtung, genau.

Also woher kam das jetzt am Himmel?

Bei diesem Event, das man jetzt beobachtet hat, da ist zum Beispiel die Ungenauigkeit, wo das jetzt vom Himmel genau herkam, aus welcher Richtung, relativ groß.

Da kann man also nur so ungefähr sagen, so ein großer Bogen über den Himmel, von irgendwo dort kam es, weil man eben nur zwei Detektoren hat und sozusagen messen kann, wie groß ist der Zeitunterschied, wann das Signal beim einen Detektor auftritt und das gleiche Signal beim zweiten.

Der Unterschied war im sieben Millisekunden und daraus kann man dann sagen, es kann von diesem Kreis am Himmel nur gekommen sein und durch die Amplituden, die man misst, kann man das noch ein bisschen einschränken, aber man braucht mehr Detektoren, um das genauer machen zu können, was auch wichtig ist, weil man dann Teleskopen und Satelliten zum Beispiel sagen will, jetzt ist hier ein Event aufgetreten, guckt mal schnell dort in diese Richtung am Himmel, ob dort vielleicht irgendwas sichtbar ist, was mit diesem Event zusammenhängen könnte.

Wie misst man Gravitationswellen denn überhaupt?

Genau, also die Grundidee ist, dass eben Gravitationswellen im Prinzip den Abstand zwischen Massen verändern, also den Abstand zwischen allen Dingen.

Wenn diese Gravitationswelle vorbeikommt, dann wird der Abstand in einer Richtung verkürzt und in der anderen gestreckt ein bisschen und dann oszilliert das, dann wird es in der anderen Richtung gekürzt und in der gestreckt, das ist dann so ein pulsierender Effekt und den kann man eben nachmessen, indem man Abstände ultrapräzise misst.

Mein Gehirn steigt gerade ein Stück aus.

Was Sie sagen ist, der Abstand zwischen mir und meinem Bildschirm jetzt

gerade, der verändert sich kurzzeitig, ohne dass ich meine Position verändert habe oder der Bildschirm seine Position verändert hat.

Genau so ist es, das heißt der Raum selbst streckt sich und staucht sich.

Das ist ja das Wunderbare an Einsteins Theorie, wie Gravitation nicht mehr eine Kraft ist, sondern eine Verformung der Raumzeit.

Das heißt die Tatsache, dass wir an die Erde angezogen werden, ist eben auch dadurch, dass die Raumzeit hier verformt ist und deshalb wissen die Massen in unserem Körper, dass die natürliche Bewegung nach unten ist, weil die Raumzeit so verformt ist.

Und wenn Sie jetzt große Massen haben, die verformen die Raumzeit sehr stark und die beschleunigen sich dann ganz schnell, dann breitet sich diese Information über diese Deformation eben nur mit Lichtgeschwindigkeit aus.

Dann haben Sie eine Welle in diesem Medium, wobei es das Vakuum ist, aber dass sich hier der Raumzeit selbst diese Deformation sozusagen ausbreitet.

Das Problem damit ist nur, dass die so unglaublich klein ist, dass selbst mir als eher theoretischer Physiker es immer noch schwer fällt, wirklich zu begreifen, dass man solche Veränderungen wirklich messen kann.

Also man spricht hier bei diesem Signal, was man gesehen hat, was ja doch relativ stark war, das ist sozusagen eine relative Längenänderung zwischen den zwei Armen von $10^{\text{hoch } -21}$.

Das sind dann so Zahlen, die schwer vorstellbar sind.

Das heißt auf diese vier Kilometer langen Arme, die diese Abstandsänderung messen, entspricht es ungefähr einem Tausendstel bis Zehntausendstel von einem Atomkerndurchmesser, wie sich das Abstand verändert in diesem Signal.

Und das ist aber nicht jetzt Spekulation, das ist genau die Empfindlichkeit, die dieses Gerät erreicht.

Das ist wirklich Mindboggling, welche Präzision hier erreicht wird.

Was für ein Gerät ist das?

Wie ist das gebaut?

Wie sieht das aus?

Ja, das ist im Prinzip ein L von zwei Armen.

Also da läuft in eine Richtung ein Vakuumröhre und in den rechten Winkel dazu läuft eine Vakuumröhre und am Ende der Vakuumröhren hängen jeweils Spiegel.

Und in der Mitte hängt ein Spiegel und der schickt, und dann schickt man Laserlicht auf diesen Spiegel, da trennt das Licht und es läuft jetzt diese zwei Arme entlang.

Und am Ende ist ein Spiegel und da wird es wieder zurückreflektiert.

Und dann wird es wieder zurückverbunden und dann kommt es zu einer Überlagerung.

Und die wird dann so eingestellt, dass im Normalfall da kein Licht dann herauskommt am Ende.

Und wenn Sie sich jetzt aber diese Arme relativ zueinander ändern, das heißt der eine Arm wird ein bisschen kürzer, der andere Arm wird ein bisschen länger, dann kommt auf einmal wieder Licht raus.

Dann kommt auf einmal wieder Licht durch, genau.

Und so übersetzt man diese Raumstauchung und -streckung in ein Signal in Licht.

Und das kann man dann messen.

Und dann muss man gegen diese ganzen Quellen von Anderen rauschen.

Ich wollte gerade sagen, also in solchen Größenordnungen, da muss doch nur mal jemand husten, der drei Kilometer entfernt wohnt.

Ja, so ungefähr.

Also wirklich, der Boden bewegt sich natürlich ständig seismisch, die Spiegel vibrieren, die haben ja auch eine Temperatur.

Diese Arme, die sind hochvakuum, damit dem das Laserlicht dann nicht gestört wird.

Und der Laser selbst hat natürlich Fluktuationen in der Frequenz, in der Stärke.

Es gibt unglaublich viele Quellen an Störungen, die da reinkommen.

Alles bewegt sich, alles vibriert.

Also dass man es wirklich hinunterbringen kann auf dieses Level, ist wirklich absolut unglaublich.

Aber das ist der derzeitige Stand der Technologie, der hier erreicht wird.

Also schon wirklich beeindruckend.

Wie lange ist an dem Ding denn gebaut worden?

Ja, also die Technologie selbst, die ist natürlich schon lange in Entwicklung.

In den 60ern, 70ern hat man angefangen mit anderen, nicht Laser, sondern mit so großen Massen aus Aluminium und versuchte an Schwingungen zu messen.

Eine Gravitationswelle würde die zum Schwingen bringen.

Und dann kam diese Laserinterferometrie-Technik so langsam ins Rollen.

Dieses LIGO-Projekt, das wurde so in den späten 90er Jahren begonnen.

Und wann haben Sie mit dem Messen angefangen?

Ja, die erste Generation des LIGO und auch VIRGO, also der Detektor, ein französisch-italienisches Projekt, die fingen so um 2000 etwa an mit den ersten Messungen.

Und das lief dann etwa bis 2010.

Da hat man aber nichts gesehen.

Das war aber auch nicht so überraschend, da man eben schon abschätzen konnte, wo es wahrscheinlich sein würde, dass man die Empfindlichkeit erreicht.

Und es war dann auch so, dass man sagen könnte, ja man könnte vielleicht Glück haben und etwas sehen, aber es ist nicht garantiert, also auch nicht so überraschend, dass man jetzt nichts gesehen hat.

Und dieser Advanced LIGO-Detektor ist jetzt um ein Vielfaches empfindlicher und wird auch noch weiter verbessert.

Und da hat man genau diese Schwelle überschritten scheinbar, wo es dann tatsächlich oft genug zu solchen Events kommt, dass man die auch sehen kann.

Wie viele Events haben Sie denn gemessen bisher?

Also bisher, in diesen Daten, die jetzt analysiert worden sind, gründlich und publiziert, das war der erste Monat dieses, ungefähr der erste Monat dieses ersten Science Runs.

Da hat man ein Event mit Sicherheit, mit großer Sicherheit gefunden, das eben jetzt publiziert wurde.

In diesen Daten war auch noch ein zweites Event, das schwächer war und wo sozusagen die Wahrscheinlichkeit, dass das vielleicht zufällig entstanden sein könnte, bei etwa zwei Prozent liegt.

Das wäre also bei weitem nicht genug, dass man jetzt sagen würde, von diesem zweiten Event würde man jetzt nicht zu einer Detektion erklären, wenn es allein steht.

Aber im Zusammenhang mit dem ersten kann man durchaus sagen, es ist schon auch relativ wahrscheinlich, dass es echt ist.

Das heißt, es passiert uns jetzt nicht dasselbe wie neulich bei diesen überlichtschnellen Teilchen?

Achso, das auf jeden Fall nicht, weil das war ohnehin ein technischer Fehler.

Es gab ja auch jetzt vor ein paar Monaten diese, oder schon ein bisschen länger her, diese BICEP2-Ankündigung, dass im kosmologischen Hintergrundstrahlen Gravitationswellen nachgewiesen wurden.

Das wurde dann auch in Frage gestellt, ein bisschen durch möglicherweise systematische Effekte von Staub, der ähnliche Effekte erzeugen könnte.

In dem Fall muss man sagen, es ist alles, was wir da wirklich geprüft haben, Herz und Nieren.

Darum hat das jetzt auch vier Monate gedauert, bis das jetzt publiziert wurde.

Es scheint alles absolut astrein zu sein.

Also man hat wirklich hier versucht, alles auszuschließen, was möglicherweise irgendwie in Frage kommt.

Außerdem stimmt das Signal, dass man misst wirklich so wunderbar mit dem Signal überein, dass die allgemeine Relativitätstheorie eben für zwei schwarze Löcher voraussagt, mit diesen etwa 30 Sonnenmassen jeweils, dass es auch jetzt so wunderbar passt auf genau diese Voraussagen.

In sich elegant, ja?

Absolut elegant, weil es hätte jetzt auch etwas anderes sein können.

Eine Supernova, da weiß man nicht genau, wie die Wellenform ist, die man erwartet, das wäre dann irgendein wild oszillierendes Ding, das schnell verschwindet.

Aber hier ist es noch dazu, genau wie es im Textbuch steht, wie so eine Wellenform.

Also im Textbuch steht es nicht, weil das sind auch wieder extrem aufwendige Simulationen mit Supercomputern, um die Relativitätstheorie zu lösen für solche Probleme.

Das ist extrem schwierig und wurde auch erst in den letzten zehn Jahren der Durchbruch erreicht.

Es ist ganz erstaunlich, wie hier alles zusammenkommt, weil auch diese anderen Parallelefforts der numerischen Relativität, solche Systeme zu berechnen und die Wellenformen vorausszusagen, erst in den letzten Jahren die Durchbrüche erreicht haben, die uns jetzt erlauben, diese genauen Messungen zu machen.

Also es ist schon ganz erstaunlich.

Wir können Gravitationswellen berechnen, wir können Gravitationswellen messen.

Werden wir die irgendwann auch mal erzeugen können?

Ich hätte jetzt Traktorstrahl Enterprise, ne?

Ja, im Prinzip erzeugen Sie die auch ständig.

Wenn Sie Ihre Arme herum bewegen, dann erzeugen Sie auch Gravitationswellen, weil sozusagen Massen sich beschleunigen.

Das reicht schon.

Nur die sind noch mal so jenseits von allem messbar, dass Sie einfach, Sie wissen zwar, Sie erzeugen Gravitationswellen, aber die kann man auch niemals messen, selbst wenn Sie direkt daneben stehen sozusagen.

Man braucht wirklich sowas von Sonnenmassen und Beschleunigungen, Bewegungen, Lichtgeschwindigkeit vergleichbar, um wirklich messbare Gravitationswellen zu erzeugen.

Das ist auf der Erde so gut wie unmöglich.

Wenn wir ein Laserinterferometer bauen würden, das hundertmal empfindlicher ist, bräuchten wir auch hundertmal weniger Masse, die gemessen werden muss.

Verstehe ich das richtig?

Ja, das könnte man grob so sagen.

Das heißt, die Empfindlichkeit, es hängt natürlich auch vom Abstand ab.

Das heißt, Sie können dann das gleiche System hundertmal weiter entfernt sehen.

Und da aber mit der Distanz, das Volumen mit der dritten Potenz wächst, das heißt, Sie haben dann eine Million größeres Volumen, das heißt, eine Million mehr Events, die Sie dann sehen können.

Das Interessante daran ist eben auch, dass die Empfindlichkeit jetzt, das war ja der erste Science Run, der Plan von Advanced Lighthouse, ja, die Empfindlichkeit noch weiter zu verbessern, dass wir solche Events dann mit immer größerer Frequenz sehen werden.

Das heißt, es wird alle paar Wochen oder vielleicht noch höherer Frequenz zu solchen Events kommen.

Wir werden also unglaublich viel über die Verteilung, die Population, die Massen, was da wirklich draußen ist, lernen können.

Das heißt, das ist wirklich der Beginn dieser Gravitationswellenastronomie, von der man immer spricht.

Haben Sie von der geträumt auch oder nur von gesprochen?

Von der Gravitationswellen, ja, es wurde viel darüber gesprochen, dass das jetzt der Anfang davon wird, wenn man das erste Mal etwas sieht und so weiter.

Das war schon auch immer der große Traum.

Es geht ja hier nicht um erster Linie darum, Einsteins Theorie zu testen, das ist zwar ein großer Punkt, aber daran hat niemand wirklich gezweifelt, weil es gab eben auch schon indirekte Nachweise für Gravitationswellen.

Man hat schon gesehen an einem binären Pulsarsystem, dass sich der Orbit, dass der immer mehr kleiner wird und die Rotation immer wächst.

Das heißt, man sieht schon, und das hat auch genau übereingestimmt, das heißt, man wusste schon, Gravitationswellen gibt es mit größter Wahrscheinlichkeit.

Das Hauptinteresse ist wirklich, darum heißen die auch Observatorien, dass man jetzt anfängt, damit zu beobachten und mehr über das Universum zu lernen.

Wie beobachten Sie damit?

Das wäre eigentlich die wesentliche Frage auch.

Was machen wir denn jetzt mit diesen Gravitationswellen?

Ja, wir verwenden das wie ein Teleskop.

Das ist ein schöner Vergleich, der eben auch heute gebracht wurde, dass es so ist wie Galileo, der das erste Teleskop gebaut hat und damit den Himmel beobachtet und das war der Beginn der Astronomie, dass wir mehr und tiefer über unser Universum lernen und verstehen können.

Genau so ist es jetzt mit diesem vollkommen neuen Fenster, das sich da öffnet zum Universum.

Was ja auch spannend ist, dass es so ganz komplementäre Dinge sieht oder hört eigentlich.

Gravitationswellen, ich finde immer, kann man sich besser als etwas Auditives, also das ist auch vom Frequenzbereich, Lego, im hörbaren Bereich sozusagen.

Wir sehen da von 10 Hertz bis 1 Kilohertz und die Gravitationswelle, wir sehen also auch so eine eine Größe.

Es ist nicht ein Bild, das man bekommt, sondern eine Stärke, die sich ändert mit der Zeit.

Das ist so wie der Schall, der aufs Ohr trifft.

Aber das Faszinierende daran ist, dass es eben durch die Bewegung von großen Massen erzeugt wird und die Erzeugung von Licht und elektromagnetischen Beobachtungen ist vollkommen andere Prozesse.

Das sind Elektronen, die sich schnell bewegen, Beschleunigungen von kleinen Teilchen, elektromagnetisches Feld.

Das sind also ganz andere Dinge, die typischerweise an der Oberfläche passieren von Dingen.

Oder schwarze Löcher, die man absolut nicht vermutet, in irgendeiner Weise elektromagnetisch sehen zu können.

Das heißt, hier öffnet sich wirklich ein Bereich zum Universum, den man anders überhaupt nicht zugänglich hat.

Dinge, die man nicht sehen kann, sondern die man nur hören kann.

Aber letztendlich in ein schwarzes Loch blicken, wie es heute überall in der Zeitung stand, kann man damit nicht, oder?

Hinein in den Horizont kann man auf jeden Fall nicht.

Was hier als erstes Mal passiert ist, ist, dass wir tatsächlich die Existenz von schwarzen Löchern noch mal klarer bestätigt haben.

Wie, das war unklar?

Ja, also, das ist immer schwierig zu sagen.

Bis jetzt gab es immer mehr Hinweise.

Wenn Sie eine gewisse Anzahl Masse in einem gewissen Volumen finden, dann kann man sagen, okay, unsere Theorien sagen uns, das kann nur ein schwarzes Loch sein.

Und alles, was man sieht, okay, das scheint so zu sein.

Aber die genaue Voraussage, ein schwarzes Loch hat ja einen Eventhorizont und solche Dinge, die konnte man bis jetzt noch nicht feststellen.

Und an dem Signal zum Beispiel sieht man, was ja wunderbar war, was ich unglaublich beeindruckend fand, am Ende dieses Verschmelzens der zwei schwarzen Löcher entsteht ein schwarzes Loch, das aber am Anfang nach dieser wilden Entstehung sehr aufgewirbelt ist, sozusagen.

Das schwingt, das schwingt wie eine Glocke.

Das klingt dann ein gewisser Ton und der klingt ab sehr schnell, weil der eben auch Gravitationswellen abstrahlt.

Und dieses Ausklingen des schwarzen Loches, das kann man auch in diesen Daten noch sehen.

Und das ist wirklich wunderbar, weil das für mich persönlich so ein bisschen der erste direkte Blick auf ein schwarzes Loch ist.

Man hier wirklich sieht das Abklingen des schwarzen Loches genau, wie es die Theorie voraussagt.

Das heißt, hier ist man irgendwie näher dran an den wirklichen Eigenschaften des schwarzen Loches selbst und nicht nur, es ist eine gewisse Masse in diesem Volumen, daher muss es ein schwarzes Loch sein.

Also ein bisschen direkter.

Wissen Sie jetzt schon, welche Phänomene Sie mit Gravitationswellenastronomie beobachten wollen würden oder rächen Sie damit, dass wir sehr, sehr viele Überraschungen noch erleben?

Da kannst du durchaus viele, dieses erste Signal war schon eine Überraschung im gewissen Sinne, weil viele Leute hatten eigentlich damit gerechnet, dass man erstmal Neutronensterne sehen würde, die sich umkreisen und ineinander schmelzen.

Mit schwarzen Löchern hat man weniger gerechnet.

Dass es schwarze Löcher in diesem Massenbereich von 30 Sonnenmassen gibt, war vollkommen unklar, dass es die überhaupt gibt.

Sind die größer als angenommen oder kleiner als angenommen?

Ja, die sind gerade so im Zwischenbereich.

Das heißt, man weiß von schwarzen Löchern im Zentrum unserer Galaxie, die dann hunderttausende Millionen Sonnenmassen schwer sind, dieses Supermassives, und man hat viele Systeme, wo man vermutet, wenn das ein schwarzes Loch enthält, dass es ein paar Sonnenmassen oder 10 Sonnenmassen oder sowas hat, dass es diesen Bereich 30 überhaupt gibt, war nicht unbedingt vorherzusehen, dass es genug davon gibt, dass sich zwei in so einem Binärsystem finden und innerhalb des Alters des Universums miteinander verschmelzen.

War absolut als möglich, aber nicht unbedingt als gegeben vorher.

Das heißt, es war schon hier einiges an Überraschung dabei, dass es doch solche Systeme gibt, dass die häufig genug sind, dass das auftritt, dass wir die

sehen können.

War das eigentlich kompliziert?

Jetzt die letzten, wie viele Monate sind es?

September haben sie es entdeckt?

Fast ein halbes Jahr, fast ein halbes Jahr nicht darüber zu reden.

Ja, das war schon ein bisschen schwierig.

Haben sie es überhaupt geschafft oder haben sie irgendwie...

Ja, sie haben ja vielleicht auch bemerkt, dass es doch eine ziemlich aktive Gerüchteküche gab, die ziemlich schnell nach der Entdeckung auch schon losging.

Das heißt, es ist halt so, sie haben eine Kollaboration von tausend Wissenschaftlern über der ganzen Welt und da wollen sie ein Geheimnis halten, das ist natürlich sehr schwierig.

Bester Argument gegen die Mondlandungsleugner.

Ja, absolut, solche Verschwörungen dicht zu machen, das halte ich auch für unmöglich.

Es ist natürlich so, vielleicht hat jemand einem Kollegen schnell mal was erzählt oder es passiert ja auch leicht, man druckt was am Drucker und lässt es liegen oder vergisst es und andere Kollegen im Institut, die da nicht eingeweiht sind, sehen das, also das ist unglaublich schwer.

Das ist natürlich, man will ja nichts geheim halten, das Problem ist nur, wenn dann die Medien zu sehr darüber herfallen, dass dann die Befürchtung ist, es

entsteht dann Druck, schnell damit an die Öffentlichkeit zu gehen, wenn man vielleicht noch nicht alles so gründlich gecheckt und geprüft und sichergestellt hat, wie man das eben gern möchte.

Die Befürchtung ist eben, dass die wissenschaftliche Gründlichkeit darunter leidet, darum wollte ich mal das geheim halten, solange es notwendig ist.

Wann haben sie denn eigentlich die Party gefeiert oder kommt das jetzt erst noch?

Die Party war jetzt gerade vorher, wir hatten hier ein Lokales Presse-Event, das dann um 18 Uhr zu Ende ging und ja genau, also hier war jetzt dann schon die Party.

Entschuldigen Sie meinen Ausflug in den Boulevard, aber ist das jetzt irgendwie, weiß ich nicht, Sie sagten schon, es ist vergleichbar mit dem ersten Blick durchs Teleskop, haben Sie das Gefühl, am Beginn wirklich eines neuen Zeitabschnitts zu sein, einer neuen Ära oder ist das übertrieben?

Ja, ich glaube, also für die Physik kann man das durchaus so sagen, also auch für unser Verständnis des Universums als Menschheit, glaube ich, ist das durchaus so ein Schritt, ein kleiner Schritt für uns, aber ein großer Schritt für die Menschheit.

Absolut, also ich glaube, das kann man auch noch nicht ganz, ich meine, ich habe jetzt viel von diesen sich umkreisenden Systemen gesprochen, das ist auch nur eins der vier oder fünf Kategorien von Gravitationswellen, die man sucht, also man sucht zum Beispiel auch nach ganz anderen Signalen, wie zum Beispiel ein einzelner Neutronenstern, der rotiert sehr schnell, oft mit hunderten Hertz, also hundertmal pro Sekunde und wenn der irgendwie nicht ganz axisymmetrisch ist, also wenn der ein bisschen deformiert ist in der Richtung, so wie ein Berg oder so ein kleiner Buckel, dann würde der auch Gravitationswellen ausstrahlen und zwar dann wie ein fester Ton, aber auch konstant.

Das ist zum Beispiel auch eine Kategorie, nach der wir ziemlich aktiv suchen und Einstein at Home ist zum Beispiel in so einem Projekt auch ein bisschen Public Outreach, wo Leute sich, wie City at Home nach diesem Modell, einschreiben, sie bekommen dann Work Units, die ihre Computer in der Zeit, wo sie gerade nicht verwendet werden, rechnen und uns zurückschicken, einfach weil man da so viel Rechenleistung braucht.

Das ist zum Beispiel noch ein ganz anderes Signal, dass man sucht, das ganz andere Schwierigkeiten mit sich bringt und ganz andere Datenanalysemethoden und man würde auch ganz andere Dinge lernen, weil man mehr über Neutronensterne lernen würde oder man sucht auch so nach einem Nachklingen vom Burrknall, dass so ein Hintergrundrauschen an Gravitationswellen auch geben würde von diesem ursprünglichen Knall oder dieser ursprünglichen wilden Expansion, so wie man in diesem kosmischen Mikrowellenhintergrund sieht, dass es da auch ein Hintergrundrauschen von Gravitationswellen gibt.

Und dann sucht man eben noch nach so unmodellierten Wellenformen, wie sie eben durch Supernove entstehen würden, dass es einfach kracht.

Man weiß nicht genau wie und man sucht eben solche Signale auch.

Das heißt, da gibt es eine ganz breite Palette an anderen Dingen, wo man auch nicht genau weiß, wann es soweit ist, aber wo man eben auch die Hoffnung hat, in den nächsten Jahren mit Advanced LIGO auch den Durchbruch zu machen.

Werden Sie dann weiter daran forschen oder machen Sie dann was anderes als nächstes?

Ja, also ich, mein Hauptschwerpunkt persönlich ist nämlich diese kontinuierlichen Gravitationswellen, wie sie von rotierenden Neutronensternen ausgesammelt werden.

Also meine Hauptforschungsarbeit ist eigentlich auf diesem Thema und da ist es auch noch vollkommen offen, ob und wann wir sowas sehen und eben, es ist

extrem spannend.

Für mich persönlich ist hier sowieso, ich meine, für niemanden ist hier die Geschichte zu Ende, es ist wirklich der Anfang einer Geschichte, weil die Empfindlichkeit wird besser, wir werden mehr solche Systeme entdecken, es wird der Schwerpunkt sich mehr verlagern auf genau die Parameter abzuschätzen von diesen Signalen, welche Massen, welche Spins, weil die sind schwarze Löcher, die können eben auch Rotation haben.

Das heißt, es wird eigentlich mehr wachsen noch und intensivieren sich.

Und es kommen mehr Detektoren hinzu über die nächsten Jahre, wie ich schon erwähnt hatte, das heißt, das Feld insgesamt wird erst richtig abheben jetzt.

Das heißt, Sie können auch damit rechnen, dass es jetzt jede Menge neue Doktoranden und neue Studenten gibt, die in diese Richtung wollen?

Das kann durchaus sein, das ist zu hoffen, ja.

Und vor allem, was wichtiger ist, weil Doktoranden und Postdocs, daran mangelt es uns ja nicht, was es mangelt, ist ja eher das Geld, das Funding und vor allem auch dann die permanenten Positionen, weil wir haben viele Postdocs, die dann Schwierigkeiten haben, Stellen zu bekommen, weil es eben viel mehr Postdocs gibt als feste Stellen.

Das heißt, es ist eher zu hoffen, dass vielleicht mehr Universitäten oder auch Funding-Agencies jetzt sagen, das ist ein heißes Thema, da wollen wir vielleicht auch einsteigen und dass es dann mehr Möglichkeiten gibt, sich für junge Forscher in dem Feld zu etablieren und auch wirklich Fuß zu fassen.

Jetzt kann man was herzeigen, das ist immer gut.

Genau.

Sie hatten ganz am Anfang was von Strings gesagt, was haben Sie damit gemeint?

Das ist nämlich auch so etwas, was ich noch nie verstanden habe.

Ja, das ist jetzt auch nicht mein Spezialgebiet, aber Strings, Superstrings, es gibt auch kosmische Strings.

Superstrings, die Idee ist, dass es halt nochmal eine elementare Form der Materie kann man sagen, aus der dann die Schwingungen dieser Superstrings sind, was eigentlich unsere Elementarteilchen sind.

Das heißt, die Elementarteilchen sind nur verschiedene Schwingungen von diesen Superstrings.

Aber es ist eine extrem spekulative Theorie heutzutage, weil es eben noch nicht möglich ist, überhaupt Voraussagen daraus abzuleiten, wie man testen kann.

Die Theorie ist zwar sehr schön, weil sie als Spezialfälle dann die allgemeine Relativitätstheorie zum Beispiel enthält.

Es gibt schon viele theoretische Gründe, die Theorie zu mögen, aber es gibt eben noch keine praktischen.

Aber da wird auch heftig dran geforscht natürlich.

Das ist auch nicht die einzige, also das ist ein offenes Feld, das ist ein ganz anderes Thema.

Das sind Versuche der verallgemeinerten Theorie von Alben und Quantengravitation und so.

Da muss ich nochmal mit jemand anderem drüber reden dann.

Genau, da bin ich nicht so der Experte.

Sie haben jetzt so oft gesagt, ja das ist im Grunde wie eine akustische, also wie eine Schallwelle sieht das aus, theoretisch könnte man das hören.

Haben Sie es schon in Töne übersetzt?

Ja, das wurde auch gleich gemacht.

Es ist natürlich schwierig, es ist so kurz, das Signal ist etwa eine Zehntel Sekunde oder so, den Teil den man hört, oder den man sehen kann hier, das Ende dieses Zusammenverschmelzens dieser zwei schwarzen Löcher, wo sich eben die Frequenz schon sehr zunimmt und es ist dann schnell vorbei.

Das heißt, wenn man das dann direkt so wie es ist umgesetzt, dann hört man nur so ein "Wup".

Dann hat man eine kurze Frequenz, geht rauf, es wird lauter und dann ist es auch schon wieder weg.

Man kann das natürlich noch versuchen dramatischer, aber man kann es auch verlangsamen und dann hört man ganz schön, wie sich das eben schneller und schneller, die Frequenz nimmt zu und die Lautstärke nimmt zu und dann ist es weg.

Kann man sich das irgendwo anhören?

Ja, ich habe jetzt die Links nicht bei der Hand, aber Sie finden das sicher.

Es wurde auch bei der Pressekonferenz, glaube ich, in Washington so ein Beispiel gezeigt und ich glaube, das wird dann bei diesen Public Outreach-Dingen sicher dabei sein.

Also das lässt sich sicher finden.

Also selbst wenn man mit einem bestimmten Ergebnis rechnet, gibt es ja immer noch was Verblüffendes.

Womit haben Sie nicht gerechnet?

Ja, also was ich persönlich ganz krass hier fand, ist, dass wir eigentlich schon diese Annahme hatten, okay, wir werden jetzt verbessern unsere Empfindlichkeit und das Hauptziel war immer die Detektion, die erste Detektion.

Aber jetzt scheint es ja schon ganz am Anfang vorweggenommen zu sein, okay, das war es und wir sehen, diese Dinge werden noch häufiger passieren, als wir gedacht haben.

Das heißt, es verschiebt sich jetzt der Schwerpunkt, glaube ich, mehr zu diesem, was kann man alles daraus lernen, welche Informationen kann man aus diesen Signalen extrahieren.

Also wirklich die Verschiebung zur Astro-Gravitationswellen-Astrophysik und -Astronomie, die ist mit diesem ersten Signal schon losgegangen.

Das fand ich persönlich das Beeindruckendste hier.

Was hatten Sie denn gedacht, wann es losgehen würde?

Ja, ich dachte mir eher so, vielleicht erst, wenn man die endgültige Empfindlichkeit erreicht hat oder so, schwer zu sagen.

Aber es ist schon schön, dass einem hier die Natur eher entgegenkommt und scheinbar sich eher als günstiger erweist, als man vielleicht in seiner pessimistischen Haltung angenommen hätte.

Noch eine persönliche Frage hätte ich zum Schluss.

Haben Sie das Gefühl jetzt irgendwie am Ende eines Lebenswerkes angekommen zu sein oder haben Sie eher das Gefühl, damit jetzt anfangen zu können?

Ja, es ist kein Ende von irgendwas.

Erstens, es ist wirklich der Start.

Auch, dass es tatsächlich, ich meine, ich bin jetzt an diesem Thema schon zehn Jahre tätig.

Also es ist dann schon so, dass man gewohnt wird, wir setzen immer nur Upper Limits und es war wieder nur Rauschen und wir verbessern zwar unsere Obergrenzen, die wir setzen können, aber es ist nicht wirklich so spannend noch.

Also es ist schon jetzt irgendwie ein Startkick für das Ganze.

Und eben auch für diese anderen Signale.

Wie gesagt, ich bin ja eher auf dem Thema der kontinuierlichen Ausstrahlung von Neutronensternen interessiert.

Irgendwie wächst dann doch ein bisschen die Zuversicht.

Aha, das kann vielleicht auch für uns schon früher so weit sein als angenommen.

Aber es ist schon irgendwo ein neuer Boost, den das Ganze bekommt.

Wenn Sie dann in der Lage sind, diese Neutronensterne zu messen, die Sie messen wollen, was genau sehen Sie dann da?

Ja, das hängt sehr davon ab, was man dann genau sieht.

Zum Beispiel ist das dann wirklich kontinuierlich oder geht das Signal vielleicht auch los, dauert ein paar Tage, Wochen, geht wieder weg.

Also man würde dann, Neutronensterne sind halt auch so sehr enigmatische Objekte.

Also wir sehen die in Form von Pulsaren.

Also man weiß, Pulsare sind Neutronensterne.

Man sieht auch eine Handvoll Neutronensterne, die man nicht als Pulsare sieht, sondern direkt über Hitzeabstrahlung.

Aber im Prinzip, die zeigen ganz seltsame Phänomene.

Zum Beispiel ein Objekt, das einfach im Raum sich dreht und abstrahlt, das verlangsamt sich.

Und das sieht man auch.

Die Pulsare, die rotieren, man sieht immer diese Pulse, die man empfängt, jedes Mal, wenn dieser Strahl in unsere Richtung zeigt.

Und die verlangsamen sich, genauso wie es sein sollte.

Nur Pulsare, junge Pulsare zeigen dieses Phänomen, dass sie dann manchmal plötzlich beschleunigen.

In ganz kurzer Zeit beschleunigt er plötzlich und dann legt sich diese Zunahme an Rotation, die legt sich dann über ein paar Tage bis Wochen wieder.

Und das ist natürlich extrem überraschend.

Das heißt, die innere Dynamik dieser Dinge ist viel komplizierter als nur ein Körper, eine Flüssigkeit, die sich derotiert.

Und es gibt da unglaublich viel, das war mein früheres Forschungsgebiet, bevor ich mit Gravitationswellen angefangen habe, diese Glitches zu verstehen.

Und da gibt es halt viele Modelle, die dann Superflüssigkeiten in Neutronensternen verwenden, die Kruste, die die haben, vielleicht gibt es da sowas wie Erdbeben, Krustenbeben, also verschiedenste Versuche, das zu verstehen.

Aber wir sehen halt nur diese Pulse, das ist extrem limitierte Information.

Sie hören da nur das Bippen und Sie wollen da einen extrem komplizierten Mechanismus innerhalb dieser Maschine verstehen.

Das heißt, Gravitationswellen, meiner Meinung nach, sind wahrscheinlich unsere beste Hoffnung, da wirklich weiter vorzudringen und diese faszinierenden Objekte genauer zu verstehen, was da wirklich vorgeht.

Das heißt, Sie müssten dann aber doch irgendwann auch in der Lage sein, das Beben in diesem Neutronenstern zu hören, um überhaupt zu wissen, dass es da eins gibt, oder?

Genau, also dieses Beben, das würde ja auch wieder Gravitationswellen aussenden potenziell.

Das wäre praktisch eine Welle, die auf die eigentliche Gravitationswelle aufmoduliert wäre?

Ja, beziehungsweise die Bewegung, also wenn diese Kruste bebt und vielleicht sich der Neutronenstern ein bisschen deformiert durch dieses Krustenbeben, dann würde der plötzlich anfangen, Gravitationswellen auszusenden.

Und wenn sich das vielleicht wieder entspannt, würde es wieder weggehen.

Das heißt, man könnte direkt solche Veränderungen in der Struktur des

Neutronensterns durch Gravitationswellen, also so in der Richtung stelle ich mir vor, das wäre so ein bisschen ein Ziel oder eine Hoffnung, dass man dann mehr über diese Neutronensterne in Erfahrung bringen kann.

Sprich, wenn diese Wellen auftreten mit der Geschwindigkeitsänderung, wo wüssten Sie, dass da was dran ist?

Ja, okay, kann man ja.

Genau, ja.

Dann könnte man wirklich sehen, wie deformiert ist der Neutronenstern und wie verändert sich das über die Zeit.

Und dann kann man wieder gucken, sieht man bei dem Pulsar 112, wenn man den zum Beispiel vielleicht auch als Pulsar findet, gibt es da irgendwas, was dem entspricht, was man in der Pulsation sehen kann und so.

Da gibt es viele Möglichkeiten, wie das dann sein könnte.

Und so ein Neutronenstern ist grundsätzlich massereich genug, um an dem zu messen?

Ja, genau.

Neutronensterne sind so im Bereich von einer Sonnenmasse bis zwei Sonnenmassen und die rotieren eben sehr schnell, wie ich schon erwähnt hatte, auch hunderte Male pro Sekunde.

Also wenn die, wir versuchen jetzt schon, diese Signale zu finden und diese Neutronensterne, die Pulsare in unserer Galaxie, da gucken wir auch, kann man den sehen, kann man den sehen und dadurch, dass wir nichts sehen, kann man auch schon wieder sagen, okay, der Neutronenstern, der kann nicht mehr deformiert sein als so viel.

Und diese Obergrenzen sind teilweise ganz verblüffend, weil wir können sagen, der kann nicht mehr als ein Teil in einer Million relativ deformiert sein.

Das heißt, wir können sagen, dass die Größe einer Deformation nicht mehr als ein Zentimeter auf so einem Neutronenstern, der einen Durchmesser von zehn Kilometer hat, eine Sonnenmasse.

Also auch dadurch, dass wir nichts sehen, ist ganz erstaunlich, können wir schon rückschließen, diese Neutronensterne, die sind wirklich unglaublich rund.

Die sind so rund, dass ein Teil in einer Million, dass wir sowas in Laboren, solche Kugeln, gar nicht so ungefähr so herstellen könnten, dass die so eine Perfektion an Rundheit aufweisen.

Also auch das Nichtsehen von Gravitationswellen kann man durchaus schon interessante Dinge lernen über so ein Universum.

Das ist jetzt blöd, da weiß man gar nicht, was man Ihnen wünschen soll, dass Sie was sehen oder nicht sehen.

Das Sehen ist auf jeden Fall immer mehr Information als das Nichtsehen.

Sonst kann man immer nur sagen, nicht mehr als.

Es wäre besser zu sagen, aha, der hat so viel Deformation.

Dann wünsche ich Ihnen, mein lieber Herr Prix, dass Sie etwas sehen und danke für das Gespräch.

Danke, im Geist.

Mittlerweile habe ich dann auch das Soundfile gefunden, über das wir geredet haben.

Wenn zwei schwarze Löcher miteinander kollidieren, dann klingt das so.

Für diejenigen von euch, die jetzt enttäuscht sind, bauen wir um die nächsten schwarzen Löcher eine ordentliche Atmosphäre, damit es auch mal ordentlich scheppert, wenn die Dinger ineinander rauschen.

Jetzt aber.

Danke für die Aufmerksamkeit.

Vielen Dank.

[Musik]