

RUDOLPHINA-PODCAST „An der Quelle“ #11, April 2025

Warum in der Physik alles an der Gravitation hängt

Mit dem Quantenphysiker Markus Aspelmeyer

RUDOLPHINA

Eine ruckartige Drehung mit dem Handgelenk und der Plastikspieler auf der Stange kickt den Ball Richtung Tor. Wenn beim Wuzzeln bzw. Tischfußball an der Physik-Fakultät der Uni Wien der Spielball hin und herfliegt, dann kann man die Bewegung dieses großen, sichtbaren Teilchens wenigstens mit freiem Auge und logisch noch nachvollziehen. Schwieriger wird es für den Hausverstand, wenn wir uns ein paar Stockwerke tiefer in die Labore begeben, wo die Forschungsgruppe „Quantenoptik, Quantennanophysik und Quanteninformation“ in der Boltzmann-gasse in Wien ihre Experimente betreibt.

MARKUS ASPELMEYER

So, schauen wir ob wir reinkommen und ob die Laser an sind. Hello, anyone here?

Ja! (Mitarbeiter)

Laser an?

Ja! (Mitarbeiter)

RUDOLPHINA 01:00

Das ist Markus Aspelmeyer, der eine der Quanten-Experimentalgruppen leitet. Er führt uns in den Keller des Instituts, wo Experimente aufgebaut sind, die die Grenzen der Quantenphysik und -gravitation ausloten. Zu sehen sind hier durch Spiegel und Linsen hindurch gelenkte Laser und Vakuumkammern, in denen winzige Teilchen gefangen gehalten werden um ihre Eigenschaften zu untersuchen; und Kryostaten, die man hier im Hintergrund hören kann, sorgen für extrem niedrige Temperaturen, um fragile Quantenzustände stabil zu halten - und all das verbunden in einem Wirrwarr aus allerlei Gestängen und Kabeln. Am besten, ihr seht euch die Fotos im Artikel zum Podcast an - den Link gibt es in den Shownotes.

Diesmal begeben wir uns auf eine experimentelle Spurensuche, die auf nichts weniger als auf einen spannenden Showdown hinausläuft zwischen zwei der wichtigsten Theorien der Physik, nämlich der Allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantentheorie - und im Mittelpunkt steht die Quantengravitation.

ASPELMEYER 02:00

Und das ist dann ein Experiment, Ausgang A heißt: Allgemeine Relativitätstheorie ist falsch und Ausgang B: Quantentheorie ist falsch. Und es gibt nur zwei mögliche Ausgänge bei dem Experiment.

RUDOLPHINA

Bevor ich genau darüber mit Markus Aspelmeyer in seinem Büro in der Boltzmann-gasse spreche, nehmen wir euch aber noch mit auf einen kleinen Ausflug in einen mysteriösen Stollen, den man nur über eine lange Forststraße erreicht.

Mein Name ist Mario Wasserfaller und damit herzlich willkommen bei einer neuen Folge von **An der Quelle**.

++ SIGNATION ++

RUDOLPHINA 02:58

Wir fahren mit Markus und seinem Kollegen Hans Hepach zum Conrad-Observatorium auf ungefähr 1.000 Metern Seehöhe. Das fast zur Gänze unterirdisch angelegte geophysikalische Observatorium der Geosphere Austria liegt ca. 50 Kilometer südwestlich von Wien auf dem Trafelberg. Oben angekommen, verbirgt sich hinter einem in den Hang geschmiegtten Haus mit Holzfassade ein Hunderte Meter langer Stollen, in dem verschiedenste Experimente zum Magnetfeld der Erde durchgeführt werden, aber auch die Uni Wien ist hier mit einem ganz speziellen Experiment vertreten, das sich die geschützte Lage abseits der Zivilisation zunutze macht.

Doch bevor uns Hans und Markus in dem Tunnel bei frischen sieben Grad Celsius das Experiment erklären, von dem außer einem Gerüst voller Messgeräte nicht viel zu sehen ist, weil es derzeit von einer Holzbox geschützt ist, eine kurze Erläuterung zu unserem heutigen Thema. Das Dilemma der Quantengravitation ist, dass bei ihr zwei der wichtigsten Theorien der Physik nicht zusammenpassen: die von Albert Einstein beschriebene Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenmechanik.

ASPELMEYER 04:02

Wir haben derzeit die Quantentheorie. Wir haben auf der anderen Seite eine Theorie der Gravitation, die Einstein'sche Allgemeine Relativitätstheorie. Das Problem ist nur wir wissen, die beiden können nicht gleichzeitig richtig sein.

RUDOLPHINA

Die Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt, wie Massen Raum und Zeit krümmen und damit Gravitation erzeugen. Sie funktioniert perfekt auf großen Skalen, etwa bei Planeten und Schwarzen Löchern. Die Quantenmechanik beschreibt dagegen das Verhalten kleinster Teilchen und zeigt, dass sie in Wahrscheinlichkeiten existieren und sich oft merkwürdig verhalten.

Das Problem: Die Gravitation wird in der Allgemeinen Relativitätstheorie als eine Krümmung der Raumzeit gesehen, aber die Quantenmechanik erfordert, dass auch diese Krümmung in kleinen Skalen quantisiert wird – was bisher nicht gelungen ist. In extremen Situationen, wie im Inneren eines Schwarzen Lochs oder beim Urknall, bräuchte man eine Theorie, die beides vereint. Doch bisher gibt es keine, die experimentell überprüfbar und mathematisch widerspruchsfrei ist.

Genau hier setzt das Team um Markus Aspelmeyer an, und ein experimentelles Puzzleteilchen dieses großen Rätsels befindet sich einem gut versteckten Bergstollen.

ASPELMEYER 05:25

Wir versuchen, uns Experimente zu überlegen, die beispielsweise durch die Einsteinsche Allgemeine Relativitätstheorie nicht mehr beschrieben werden können. Zum Beispiel: Wie sieht das Gravitationsfeld eines Quantenobjekts aus?

Das versuchen wir gerade aufzubauen. Dazu versuchen wir Quantenobjekte möglichst groß und schwer zu machen, dass wir dann deren Gravitationsfeld messen können. Und wir versuchen, Gravitationseffekte auf möglichst kleinen Skalen messen zu können und die beiden dann zusammenzubringen.

HANS HEPACH 06:05

Also ich bin Hans Hepach, bin PhD-Student bei Markus Aspelmeyer.

Wir messen Gravitation zwischen zwei sehr kleinen Massen und nutzen dafür ein Messprinzip, das zum ersten Mal von Henry Cavendish im Ende des 18. Jahrhunderts verwendet wurde. Wenn unser Messprinzip schon so alt ist, was machen wir besser als damals? Zum einen sind die Massen, die wir verwenden, sehr viel kleiner. Also während Cavendish noch das Gravitationsfeld von einem Berg vermessen hat, ist das Gravitationsfeld, das uns interessiert, jenes von einer zwei Millimeter Goldkugel, die wir dann hin und her bewegen wollen. Das heißt, wir wollen sehen, dass sich ein Pendel, was sich dort in der Nähe befindet, alleine aufgrund der Gravitations-Wechselwirkung zwischen diesen sehr kleinen Massen tatsächlich bewegt.

Das heißt, wir wollen versuchen, die Lücke, die momentan besteht zwischen den Quantenexperimenten auf der einen Seite und den Gravitationsexperimenten auf der anderen Seite zu schließen, um dann möglichst in einem weiteren Experiment beide Phänomene in einem Aufbau messen zu können, um diesen Widerspruch aufzulösen zwischen Quantenphysik und Gravitationsphysik.

+++

RUDOLPHINA 07:28

Hallo Markus, es freut mich sehr, dass du heute unsere Quelle der Quantenforschung bist. Dein Kollege Hans hat es schon kurz angesprochen, was bei eurem Experiment am Conrad-Observatorium gemacht wird und warum die Bedingungen dort dafür ideal sind. Jetzt wollen wir's aber doch ein bisschen genauer wissen, was ihr dort herausfinden möchtet.

ASPELMEYER

Hallo Mario, danke für die Einladung. Worum es uns geht konkret jetzt bei diesem Experiment im Conrad-Observatorium, ist herauszufinden, wie klein wir eine Masse machen können und immer noch ihr Gravitationsfeld messen können. Also heißt: Wie gut können wir eigentlich Gravitationsfelder messen?

Wir haben erst neulich, das haben wir noch in Wien in der Innenstadt gemacht, in der Boltzmann-gasse ein Experiment gemacht, bei dem wir das Gravitationsfeld von einer ein Millimeter großen Goldkugel gemessen haben. Die wiegt gerade einmal so viel wie Marienkäfer und hat aber trotzdem ihr eigenes Gravitationsfeld, zieht also andere Objekte auch nur durch ihre Schwerkraft an und der Effekt der ist 30 Milliarden mal kleiner als die Anziehung der Erde auf Objekte. Und trotzdem ist es uns gelungen, den Effekt nachzuweisen. Wir haben das Gravitationsfeld von einem von einer Goldkugel gemessen, die so viel wiegt wie ein Marienkäfer. Und die Frage ist halt jetzt na gut, können wir noch kleiner werden? Also wir haben uns jetzt ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Wir wollen jetzt noch mal einen

Faktor 10.000 kleiner werden. Da sind wir also schon bei Massen, das nennt der Physiker die Planckmasse. Das klingt toll, ist aber eigentlich nur eine ganz kleine Masse.

RUDOLPHINA 09:18

Und die ist glaube ich bei so 22 Mikrogramm oder so, dass man sich das vorstellen kann?

ASPELMEYER

Ja genau. Ich merke mir immer, da sind zehn hoch 18 Atome drin, also 1 Milliarde mal 1 Milliarde Atome. 22 Mikrogramm merkt man sich immer so schwer, da muss man es in Kilogramm umrechnen usw.

RUDOLPHINA

Aber das ist eine fixe Größe und die hat eine große Bedeutung für euch.

ASPELMEYER 09:39

Die hat in unserem Fall eigentlich eher psychologische Bedeutung, weil man erwartet jetzt nichts, was da passieren würde innerhalb der Gravitation. Die Gravitation gilt eigentlich für alle Massen, ob klein oder groß. Die gilt sogar für Photonen, also für Lichtteilchen die wir sagen, sind masselose, aber trotzdem Energie usw. Also Gravitation gilt für alles, auch für die Planckmasse. Aber für uns ist die Herausforderung eher: Wie klein kann man es machen?

Und wir haben gesagt, den Faktor 10.000 sollte man eigentlich von der Sensitivität her hinbekommen. Und dazu müssen wir allerdings die ganzen Umwelteinflüsse noch besser ausschalten. Also hier in der Innenstadt zum Beispiel, da haben wir alles gesehen. Also wir haben zwar im Keller der Boltzmanngasse gemessen, aber wenn tagsüber Leute im Haus unterwegs waren, das haben wir gesehen, wenn an der Straßenkreuzung, die 70 Meter weit weg ist, die Autos und die Tram stehen bleiben und anfahren. Das haben wir gesehen.

RUDOLPHINA

Gesehen - im Sinne von Ausschlag gegeben in den Daten?

ASPELMEYER

Ja, genau das siehst du in den Daten. Ja, also wir haben gesehen, dass die Leute am Freitag und am Samstagabend mehr unterwegs sind als an den anderen Tagen. Also all diese Dinge. Es war nachts, war es dann wirklich am ruhigsten. Und deswegen haben wir dann immer nur nachts gemessen, zwischen Mitternacht und 5:00 Uhr früh. Aber selbst da haben wir Dinge wie den Nachtbus gesehen, der da, der gefahren ist. Und wir haben sogar dann späte Nachtbusse gesehen. Es war sehr lustig. Wir haben also die Wiener Stadtwerke sind wirklich toll. Die Wiener Linien, die sind ganz pünktlich. Wir haben nur einen Bus gehabt, der ein bisschen zu spät war. Deswegen sind wir drauf gekommen. Überhaupt, dass das Signal, weil es so regelmäßig war, dass das Signal Busse sind, weil einer mal zu spät kam.

RUDOLPHINA 11:26

Was man nicht alles mit der Quantenphysik herausfinden kann. Aber im Kern geht es um die Gravitation. Und wieso ist die Gravitation jetzt so interessant? Weil da steckt ein großes Theoriegebäude

dahinter. Es geht um die vier fundamentalen Wechselwirkungen in der Physik, die mehr oder weniger die ganze Welt oder die Welt im Kleinen erklären können. Und alles lässt sich gut erklären, aber bei der Gravitation, da gibt es ein bisschen Probleme mit den großen Weltbildern, zwischen der Quantenphysik und der Allgemeinen Relativitätstheorie. Kannst du das einmal versuchen, ganz kurz näher zu bringen?

ASPELMEYER 12:01

Ja, wir sind in einer total witzigen Situation derzeit. Wir haben jetzt als zwei große Säulen der modernen Physik haben wir auf der einen Seite die Quantentheorie, wie schon gesagt hast. Und da ist es so: Wir haben im Augenblick kein einziges Experiment, das irgendwo im Widerspruch mit den Vorhersagen der Quantentheorie wäre. Deswegen nennen wir es eine erfolgreiche Theorie. Also seit 100 Jahren liefert die Quantentheorie erfolgreich die richtigen Vorhersagen für alle möglichen Experimente, die wir machen. Jetzt schauen wir auf die Gravitationstheorie, also in ihrer heutigen Form, wie wir sie verwenden, die Allgemeine Relativitätstheorie von Einstein. Und da ist es auch so: Seit 100 Jahren, mehr als 100 Jahren, liefert die Vorhersagen für Experimente, die wir alle bestätigen.

Es gibt kein einziges Experiment derzeit, das irgendwie im Widerspruch stünde zu den Vorhersagen der Gravitationstheorie. Also im Prinzip ist das alles super. Wir haben, wenn wir Quantensysteme beschreiben verwenden wir die Quantentheorie. Wenn wir Phänomene der Schwerkraft beschreiben, verwenden wir die Allgemeine Relativitätstheorie und es funktioniert immer. Ja, das können wir. Eigentlich sollte man happy sein.

RUDOLPHINA 13:14

Also die Gravitation kann man ja auch irgendwie leicht erklären. Also im Prinzip so ein Planet wie die Erde hat eine riesige Masse und die hält uns darauf praktisch gefangen, weil es eine so große Masse hat und weil es sich selber die Raumzeit krümmt. So hätte das Einstein gesagt, oder?

ASPELMEYER 13:29

Genau. Ursprünglich, also vor Einstein, hat man im Prinzip das Ganze so behandelt, wie man elektromagnetische Kräfte behandelt. Man sagt, Masse ist so was wie eine Ladung, die die zieht dann andere Massen an, da gibt es eine Kraft. Und Einstein hat das ein bisschen präzisiert, oder? Also eigentlich, wenn man mal ehrlich ist, er hat den Kraftbegriff quasi rausgekegelt aus der ganzen Diskussion. Der Einstein hat dann letztlich gesagt: Na, eigentlich muss man sich das so vorstellen, dass sich Materie in einer Raumzeit bewegt und diese Raumzeit kann gekrümmt sein. Und wie sich die Raumzeit krümmt, das sagt wiederum Materie im Raum.

Also Massen krümmen die Raumzeit und andere Massen bewegen sich dann in dieser gekrümmten Raumzeit. Und weil eben die Bewegung nicht geradlinig ist, sondern in einem gekrümmten Raum ist, darum schaut es für uns so aus, als ob eine Kraft wirken würde. Ja, das heißt also, das ganze Hintergrundidee der der allgemeinen Relativitätstheorie ist: die Materie, die im Raum so verteilt ist, die definiert eine Hintergrund-Raumzeit, in der sich dann alles bewegt, in der die Uhren ticken, in der sich Massen bewegen usw. Die ist aber wohldefiniert. Wir können zu jeder Zeit exakt sagen, wie die Raumzeit überall im Universum ausschaut. Man spricht dann von der Metrik der Raumzeit.

Das ist aber jetzt ein Problem für den Quantenphysiker, weil in der Quantentheorie gibt es Zustände Natur in der Natur, die erlaubt sind, bei denen man nicht mehr sinnvoll über, sagen wir jetzt exakt den Ort von einem Objekt, von einer Masse sprechen kann. Ja, man kommt sogar im Widerspruch zum Experiment, wenn man annimmt, dass eine Masse zu jedem Zeitpunkt einen wohl definierten Ort hat. Man kann dann Experimente durchführen, deren Ausgang im Widerspruch steht zu der Annahme, dass meine Masse jetzt entweder an einem Ort war oder hier am anderen Ort war. Das heißt also, die Quantentheorie kann mit dieser immer wohldefinierten Lage von Materie und damit der Metrik der Raumzeit nichts anfangen.

Das nennt man in der Quantenphysik das sogenannte Quanten-Superpositionsprinzip, das es erlaubt, dass Massen in einer...Wir sprechen immer von einer Überlagerung, weil letztlich genau das, was ich gesagt habe, der Ort ist dann einfach nicht mehr wohldefiniert oder gewisse Eigenschaften sind nimmer wohldefiniert. Und das ist ein fundamentales Konzept der Quantenphysik, das wir auch experimentell bestätigen können, das aber jetzt völlig da quer liegt mit dieser fundamentalen Annahme der Gravitationstheorie, dass es zu jedem Zeitpunkt die Raumzeit gibt, die wohl definiert ist. Das heißt, wir haben diese zwei großen Theorien, die so erfolgreich sind in allem, was wir die letzten 100 Jahre experimentell gesehen haben, Aber die fußen beide auf Weltbildern, die sich gegenseitig ausschließen. Und das ist total spannend.

RUDOLPHINA 16:27

Wie kann man diese beiden Theorien zusammenbringen? Das ist eine große Anstrengung derzeit in der Physik überhaupt. Und wie nähert ihr euch diesen Fragen an - und, und da geht es ja auch um einen bestimmten Grenzbereich?

ASPELMEYER 16:40

Genau. Also man kann es jetzt zum einen natürlich von der Theorieseite her angehen. Man kann fragen ja, kann ich es von der Theorie einfach auflösen? Kann ich nicht einfach zum Beispiel eine Quantentheorie der Gravitation hinschreiben? Stellt sich raus: Ja, das geht. Es gibt Quantentheorien der Gravitation, die im Prinzip dieses Problem auflösen. Man könnte auch sagen na ja, nachdem wir ja keine Experimente haben, die nicht im Widerspruch zur Einstein'schen Theorie sind. Vielleicht kann man Gravitation gar nicht quantisieren. Da gibt es Leute wie den Sir Roger Penrose, der da ein sehr großer Proponent dieser Ansicht ist, der sagt, man sollte eher die Quantenphysik gravitisieren, bevor man die Gravitation quantisiert.

Den Standpunkt kann man auch vertreten und das ist momentan so die Situation in der Theorie. Wir haben also Theorien für eine Quantenbeschreibung der Gravitation. Wir haben aber auch Theorien, die sagen: Nein, nein, Gravitation bleibt klassisch und mit der Quantentheorie stimmt was nicht. Also es ist so ein typisches „anything goes“, also alles ist möglich. Auf der Theorieseite gibt es also da nicht wirklich Inkonsistenzen. Die Natur könnte beides realisieren. Wir wissen aber nicht, welches von den beiden sich realisiert. Und unser Zugang jetzt, das war ja deine Frage. Unser Zugang ist von der experimentellen Seite. Wir fragen uns: Gibt es Phänomene in der Natur, die eine klassische Theorie der Gravitation, also unsere heutige Theorie der Gravitation nicht mehr korrekt beschreiben kann?

Also das ist die Frage: Kann man irgendein Experiment bauen, dessen Ausgang sich nicht mehr durch die Einstein'sche Allgemeine Relativitätstheorie verstehen lässt?

RUDOLPHINA 18:22

Und dazu musst du halt eine besonders kleine Masse nehmen.

ASPELMEYER

Genau. Die Hintergrundidee, also das hat der Physiker Richard Feynman - den Namen kennt man wahrscheinlich, er hat tolle Bücher geschrieben -, der hat das schon vor fast 70 Jahren hat der sich diese Frage auch gestellt und der hat ein Gedankenexperiment vorgeschlagen. Das ist immer, wenn man ein Experiment nicht bauen kann, dann stellt man sich es vor und sagt: Na, irgendwann wird es jemand bauen können. Und die Idee, die dahinter gesteckt hat, war zu sagen: Naja, nehmen wir mal an, wir können eine Masse haben, die wir in diese Quanten-Superposition bringen, also das heißt in einen Zustand bringen, bei dem wir nicht mehr sinnvoll über den Ort sprechen können. Die ist jetzt in einer Überlagerung.

Wie schaut es denn dann mit dem Gravitationsfeld von dieser Masse aus? Weil die Masse erzeugt ein Gravitationsfeld. Wir haben also eine Raumzeit, die diese mit der Position der Masse korreliert. Wenn das jetzt in der Superposition ist, dann sollte doch auch das Gravitationsfeld, also die Raumzeit selber, die Metrik der Raumzeit auch in dieser Überlagerung sein, wenn die Quantenphysik Recht hat. Und das könnte man tatsächlich testen, indem man ein zweites Teilchen nimmt und das zweite Teilchen bewegt sich ja jetzt in dieser Raumzeit. Und wenn die Raumzeit in Überlagerung ist, dann weiß das Teilchen ja nicht, wo es hin soll und dann wird sich das Teilchen auch in eine Überlagerung entwickeln. Und was man dann hat, ist eine Superposition von gemeinsamen Eigenschaften von zwei Teilchen. Und das nennt man Verschränkung.

Das heißt jetzt ist die Frage: Könnte man es schaffen, ein Experiment zu bauen, bei dem die Massen hinreichend klein sind, dass sie Quanteneffekte zeigen, hinreichend schwer sind, dass sie ein messbares Gravitationsfeld erzeugen und dann versuchen, zwei Massen so miteinander wechselwirken zu lassen über die Gravitation, dass sie sich verschränken.

RUDOLPHINA 20:10

Und das ist praktisch das, worauf ihr da jetzt auch hinarbeitet. Also sowohl in dem Experiment im Conrad Observatorium, was wir gesehen haben, als auch hier in der Boltzmann-gasse, da gibt es ja auch mehrere Aufbauten dazu und das soll irgendwie einmal alles zusammenpassen, wenn es gut läuft?

ASPELMEYER 20:25

Ja, genau. Weil letztlich brauchst du jetzt auf der einen Seite die Fähigkeit, also die experimentelle Fähigkeit, die musst du dir beibringen, Gravitation extremst genau zu messen, weil du musst letztlich wissen, dass nur Gravitation zwischen den Teilchen wirkt. Du musst alle anderen Wechselwirkungen, da gibt es ja elektrische, elektromagnetische Wechselwirkungen, Ladungen usw. - das ist alles viel viel stärker als Gravitation und die das musst du lernen, wie man das im Experiment ausschaltet, also dass man wirklich nur Gravitation misst. Deswegen machen wir diese Experimente wie im Conrad Observatorium, wo wir die Frage stellen, wie klein können wir eigentlich Massen machen und immer noch den wirklich Gravitationsfeld messen und nicht irgendwelche anderen Effekte?

Und auf der anderen Seite müssen wir lernen, wie wir immer größere Massen dazu bringen, sich nach den Gesetzen der Quantenphysik zu verhalten. Und die Experimente hast du heute Vormittag schon besucht, bei uns in der Boltzmannngasse. Da haben wir im Keller aber Aufbauten, wo wir unter anderem kleine Glasteilchen, die sind ein paar 100 Nanometer groß. Das sind dann 1 Milliarde Atome, die da drin sind. Die fangen wir im Vakuum. Also, es sind wirklich kleine Glaskugeln, die sich im Vakuum, also im luftleeren Raum befinden. Da schießt man mit Licht drauf und können mit, durch die Wechselwirkung von Licht, wenn Licht dann dort reflektiert wird von den Teilchen, können wir die Bewegung so beeinflussen, dass sich das Glasteilchen nur noch nach den Gesetzen der Quantenphysik verhält. Also man kann dann die Bewegung des Teilchens beschreiben durch ein Wellenpaket, so wie es der Schrödinger eingeführt hat. Man muss dann ein Wellenpaket verwenden und kann dann nicht mehr sagen, das ist ein Teilchen.

RUDOLPHINA 22:20

Wenn du jetzt ein Kurz-Resümee jetzt einmal machst. Was braucht es denn jetzt noch auf dem Weg dahin, bis ihr das wirklich nachweisen könnt, was ihr wollt? Wie lang könnte es vielleicht dauern? Und was könnte denn auch schiefgehen vielleicht dabei?

ASPELMEYER 22:33

Also was es braucht, ist Zeit, Geld, Geduld und Talent. Also das ist, glaube ich, alles das, was man sich jeden Tag, jede Woche, jeden Monat hart erarbeiten muss. Also jedes dieser vier Dinge tatsächlich. Ich glaube, am wesentlichsten ist, ein tolles Team zu haben. Und das haben wir. Wir haben also wahnsinnig tolle, junge, motivierte Leute mittlerweile aus 17 verschiedenen Nationen weltweit, die bei uns im Team arbeiten, die diese ganzen verschiedenen Aspekte der Fragestellung bearbeiten und und jeden Tag was Neues rausfinden und neue Ideen mit einbringen, wie man denn jetzt noch besser messen können, wie man vielleicht Dinge anders machen sollten, sehr schnell erkennen, was schief läuft. Und so weiter und so fort.

Die andere Frage war was kann schief laufen? Naja, es kann eins von den vier Dingen ausgehen, also das das kann jederzeit schief laufen. Das ist aber eher glaube ich eine organisatorische Frage, dass das nicht passiert. Ansonsten, die großen Unbekannten derzeit sind wahrscheinlich nach wie vor die Umwelteinflüsse. Das Ganze steht und fällt damit, dass man möglichst massereiche Objekte für möglichst lange Zeit im Quantenregime behält. Also es muss für möglichst lange Zeit Quanteneigenschaften aufweisen. Und das kennt man von diesem berühmten Gedankenexperiment von Schrödingers Katze.

INFO SCHRÖDINGERS KATZE 24:10

1935 stellte der österreichische Physiker Erwin Schrödinger mit seinem berühmten Gedankenexperiment „Schrödingers Katze“ die Übertragbarkeit quantenmechanischer Prinzipien auf die makroskopische Welt infrage. In einer verschlossenen Kiste befindet sich eine Katze mit einer radioaktiven Substanz, einem Detektor, einem Hammer und einem Giftbehälter. Zerfällt ein Atom, löst dies eine Kette von Ereignissen aus, die zum Tod der Katze führt.

Solange die Kiste ungeöffnet bleibt, ist unklar, ob das Atom zerfallen ist – es befindet sich in einem überlagerten Zustand. Da das Schicksal der Katze davon abhängt, gilt dasselbe für sie: Sie

ist gleichzeitig lebendig und tot, eine sogenannte „Superposition“ beider Zustände. Erst durch eine Messung, also das Öffnen der Kiste, nimmt das System einen eindeutigen Zustand an.

Es gibt einen Grund, warum die Katze in der Kiste ist, also um sie abzuschirmen vor allen möglichen Umwelteinflüssen. Und genau so etwas ist es bei uns auch. Sobald nur ein bisschen Wechselwirkung mit der Umwelt passiert, sind die Quanteneigenschaften schon weg. Also nur als ein Beispiel. Wenn ein einzelnes Gasmolekül, das sich irgendwo verirrt hat, ins Vakuum unser Teilchen trifft, dann war's das. Deswegen braucht man wahnsinnig gutes Vakuum, damit das ja nicht passiert oder die Wahrscheinlichkeit sehr klein ist innerhalb von ein paar Sekunden, dass ein Gasteilchen trifft.

Wenn die Umgebung zu warm ist, dann gibt es Wärmestrahlung, die das Teilchen sieht. Auch das führt dazu, dass die Quanteneigenschaften verschwinden. Also das sind die Dinge, bei denen wir wahnsinnig viel Technologieentwicklung betreiben müssen. Und da ist die Frage, wenn man da irgendwo in eine Grenze laufen, die einfach technologisch nicht mehr zu meistern ist.

RUDOLPHINA 26:00

Aber es läuft auf einen Showdown durchaus hinaus, hast du schon angedeutet, quasi. Das heißt wirklich, eine der großen Theorien wird in der Frage Recht behalten. Wagst du schon eine ungefähre zeitliche Prognose? Kann man das irgendwie sagen, wann ihr hofft, vielleicht an einen Punkt zu gelangen? Und wie könnte das dann ausschauen?

ASPELMEYER 26:23

Ich sage meinen amerikanischen Kollegen immer, wenn mir die Frage gestellt wird. Die Antwort ist ganz einfach. Das Experiment wird in 15 Jahren passieren. Und dann schauen sie mal an und sagen: Ja, wie kannst du das so genau sagen? Das ist ganz einfach. In Europa gibt es die Zwangspensionierung von Wissenschaftlern, ich werde in 20 Jahren zwangspensioniert. Und das heißt, ich muss einen Puffer von fünf Jahren einbauen. Also muss es in 15 Jahren funktionieren.

RUDOLPHINA

So einfach ist das...

ASPELMEYER

So einfach ist das.

RUDOLPHINA 26:45

Das heißt, es wird einmal, wenn es gut läuft, da stehen: Die Quantentheorie hat recht in der Frage, oder die Relativitätstheorie. Aber wenn du wetten müsstest, würdest du klar auf etwas setzen, oder?

ASPELMEYER

Ja, tatsächlich. Darf ich vielleicht nur ganz kurz...Du hast völlig recht. Natürlich ist das Experiment so design, dass man eine Ja/Nein Antwort bekäme. Also quasi, wenn man Verschränkung sieht würde die Allgemeine Relativitätstheorie nicht recht haben. Würde man keine Verschränkung sehen und würde man wissen, dass man nichts falsch gemacht hat im Experiment, dann würde die Quantentheorie nicht recht haben. Da wäre ein großes Problem. Aber natürlich, ich denke, realistischerweise wird. Also das ist ein sehr, sehr schwieriges Experiment und wir sind sehr neugierig, wie nah man an das

Ganze herankommt. Aber deine Frage war, was erwarte ich? Also, ich wäre geschockt, tatsächlich. Also wirklich bis aufs Mark geschockt, wenn die Quantentheorie nicht recht behalten würde.

RUDOLPHINA 28:00

Und was wären denn vielleicht mögliche Konsequenzen? Also wenn jetzt wirklich die Quantentheorie recht behält und ihr findet da wirklich etwas heraus, was ja eigentlich wahrscheinlich ein ziemliches Erdbeben in der Welt der Physik auslösen würde?

ASPELMEYER

Ich denke schon, dass die Erwartungshaltung der meisten Forscherinnen und Forscher ist, dass die Quantentheorie Recht behalten wird. Momentan gibt es sehr viel Aufwind für Meinungen, die sagen nein, nein, die Gravitation ist so fundamental anders, die kann man nicht quantisieren. Also tatsächlich gibt es da jetzt mehr Dynamik. Es gibt mehr Meinungen, die sagen na ja, es kann eigentlich nicht sein. Aber ich würde doch sagen, das Gros würde das erwarten. Was man bewerkstelligt ist, tatsächlich experimentell sagen zu können: Ja, die Natur realisiert diese Option, weil das ist etwas... Momentan ist es reines Raten. Wir haben keine Möglichkeit derzeit zu sagen, die Natur ist mehr Quanten, wenn man so sagen will oder hat was fundamental Klassisches, an das wir noch nicht gedacht haben. Und das ist unbefriedigend.

Und das ist, glaube ich, das ist ja die Aufgabe innerhalb der Physik durch Beobachtungen, durch die Prüfung an der Erfahrung, so hat's der Einstein einmal gesagt, immer zu schauen, welche meiner Theorien muss ich wegwerfen, ja, und das, also das ist die eigentliche Leistung des Experiments und das wird mit Sicherheit dann für die, die an was anderes glauben, erdbebenartig sein, aber notwendig auch. Man muss immer wieder. Man braucht diesen Prozess, dass man durch neue Experimente manche Meinungen schlichtweg obsolet macht.

RUDOLPHINA 29:48

Aber überspitzt gesagt ist es das, was man immer mit der Weltformel bezeichnet, oder? Weil das ist ja, wenn man schon davon spricht, dass die Physik die ganze Welt beschreibt. Und dann hast du die beiden größten Theorien die sich doch dann gemeinsam erklären lassen oder auch nicht. Dann ist man einen großen Schritt in diese Richtung weiter, oder?

ASPELMEYER 30:03

Also so wie ich es sehe, man schafft viel freie geistige Kapazität durch diejenigen, die dann ihre Theorie, die man ausschließt, nicht mehr weiterverfolgen können, um dann an den anderen vielversprechenden Dingen zu arbeiten. Ich glaube, das ist der, das ist der eigentliche intellektuelle Mehrwert. Wenn man Verschränkung sehen würde, könnte man trotzdem noch nicht den Finger drauf legen, welche der Theorien, der Quantentheorien der Gravitation letztlich dann die richtige ist. Also man gibt Legitimierung dafür zu sagen ja, es macht Sinn eine Quantentheorie der Gravitation aufzuschreiben, weil scheinbar ist es der Weg den die Natur geht.

Und jetzt muss man sich darauf fokussieren, welche der möglichen Theorien sind es. Die Experimente jetzt ... Der Grund ist, dass wir hierbei sehr im Vergleich zu der Größe des Universums kleinskalige Experimente machen und manche Aspekte der Gravitation natürlich erst bei großen Skalen und großen Massen, sehr großen Massen, sehr großen Energien auftreten. Und die Unterschiede in den

verschiedenen Quantentheorien der Gravitation, die treten erst dort auf. Also die können wir in Laborexperimenten gar nicht auflösen.

RUDOLPHINA 31:21

Aber das heißt, man kann sagen, einige Türen werden sich schließen und andere werden sich öffnen.

ASPELMEYER

Ja, definitiv.

RUDOLPHINA

Wenn eine zukünftige Vereinigung der Gravitation mit den anderen Elementarkräften jetzt eine neue Theorie hervorbringt, was hätte denn das wirklich für andere, mögliche Konsequenzen?

ASPELMEYER 31:44

Also man geht davon aus, dass zum Beispiel die Strukturentstehung im Universum, also die Tatsache, dass wir überhaupt, dass sich Galaxien geformt haben, dass sich überhaupt Materie in Clustern zusammengetan hat, was dann überhaupt Leben in der Form, wie wir es kennen, ermöglicht hat, dass die Ursprünge für die Strukturentstehung in Fluktuationen ganz in der Früh-, in der Frühphase des Universums verursacht wurden und also das sind Schwankungen in der Dichte, und dass diese Schwankungen ihren Ursprung in der Quantenphysik haben, sogenannte Quantenfluktuationen verantwortlich sind dafür. Und tatsächlich wäre dazu natürlich eine Vereinheitlichung dieser Theorien notwendig, damit es Sinn macht.

Also insofern ist die Relevanz schon sehr groß. Wir gehen derzeit davon aus, weil es die eleganteste Theorie ist, die wir haben, auch für die Frühphase des Universums, dass wir die Quantenursprünge haben. Aber natürlich wäre es schön, hier mehr zu wissen. Also die Frage danach gibt es im. Gibt es in der Astrophysik beispielsweise irgendwelche beobachtbaren Phänomene, die in irgendeiner Art und Weise nicht klassische Signaturen haben? Ist eine ganz große, die derzeit gestellt wird. Das ist ein großes Forschungsfeld. Ja, also es ist total spannend.

RUDOLPHINA 33:06

In der klassischen Physik folgt alles einer Logik und in der Quantenwelt regiert der Zufall. Kann man dem Zufall überhaupt auf die Schliche kommen?

ASPELMEYER

Der Zufall ist schon logisch, muss man dazu sagen. Also die weil die Gesetze der Quantenphysik sind ja wohldefiniert. Es ist nur die Frage, was sie jetzt aussagen über die Natur, die heiß diskutiert wird. In Ihrer jetzigen Form der Quantentheorie ist der Zufall absolut. Wir sprechen vom objektiven Zufall, weil wir für das Auftreten eines zufälligen Events... Also wir können jetzt Experiment bauen. Da haben wir ein Ergebnis, bei dem die Quantentheorie uns vorhersagt, dass mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit das Event auftritt. Deswegen Zufall. Also das Event kann, kann aber auch nicht auftreten und wir können die Wahrscheinlichkeit angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit das passiert.

Nur wir können auch nicht mehr als das tun. Wir können keine Ursache für dieses Event innerhalb dem innerhalb des Rahmens der Quantentheorie angeben. Normalerweise in der klassischen Physik, wie du gesagt hast, es folgt einer gewissen Logik insofern, dass wenn ein Event eintritt oder nicht, eintritt, dann gibt es eine Begründung, eine logische Verknüpfung, eine Kausalkette.

RUDOLPHINA 34:35

Das heißt wie wenn ich eine Kugel irgendwo anschubse und die fällt dann über die Tischkante runter. Das ist eine Kausalkette.

ASPELMEYER

Ganz genau, richtig. Ein Ereignis führt zum nächsten. Es gibt immer Wirkung und Ursache. Und diese Kette, diese Kausalkette von vielen Wirkungen und Ursachen führt dann zum Eintreten oder nicht Eintreten meines Events, das ich dann beobachten kann. Und in der Quantenphysik ist es jetzt so, dass es Events gibt, beobachtbare Phänomene, bei denen es diese Kausalkette nicht mehr gibt. Wir können also eine Wirkung haben, also ein beobachtbares Phänomen ohne Ursache. Es tritt auf und wir können nicht sagen, warum es jetzt in anderen Fällen nicht auftritt und warum es jetzt genau in diesem konkreten Fall jetzt aufgetreten sind.

RUDOLPHINA 35:20

Jetzt gibt es viele total verrückte Phänomene, kann man fast schon sagen, weil sie eben mit der Logik nicht greifbar sind wie Verschränkung, Teleportation. Aber bei euch am wichtigsten, hast du mir gesagt, ist die Superposition oder Überlagerung.

ASPELMEYER

Diese Idee der Quantensuperposition ist eine ganz fundamentale Idee innerhalb der Quantenphysik. Und letztlich sagt sie nichts anderes als: Es gibt Phänomene in der Natur, Experimente, die ich durchführen kann, deren Ausgang im Widerspruch steht zu der Annahme, dass mein Objekt, das ich jetzt beobachte, entweder in einem oder dem anderen von zwei möglichen Zuständen ist. Also bekanntes Beispiel ist hier von meinem Kollegen Markus Arndt und Anton Zeilinger ein ganz berühmtes Experiment des Moleküls, das jetzt auf einen Doppelspalt geschickt wird. Und damit hat das Molekül die Möglichkeit, entweder den linken oder den rechten Spalt zu durchqueren. Und das Experiment, das man durchführt, dessen Ausgang steht im Widerspruch zu der Annahme, dass das Molekül entweder den einen oder den anderen Weg gegangen ist.

Völlig skurril. Was uns das eigentlich sagt, ist, dass wir diese Kategorisierung - ein Objekt hat zu jedem Zeitpunkt einen wohl definierten Ort für diesen Zustand, den die Natur erlaubt, diesen Superpositionszustand - nicht mehr durchführen können. Also unsere klassischen Kategorien des Alltagsdenkens - ein Objekt, hat zu jeder Zeit einen wohl definierten Ort, Eigenschaften usw. die lassen sich auf manche Zustände in der Natur, die die Quantenphysik zulässt, nicht mehr anwenden.

++++++

RUDOLPHINA 37:29

Markus, wo würden wir sitzen und worüber würden wir sprechen, hättest du deinen Berufswunsch als 10-Jähriger konsequent verfolgt?

ASPELMEYER

Tatsächlich fehlt mir einiges an bewusster Erinnerung an diese Zeit. Ich glaube, als ich als 14-jähriger wollte Wirtschaftsinformatiker werden, da habe ich gerade gelernt, Assembler zu programmieren. Und, du weißt schon, da fährst du mit der Schule irgendwie zum Arbeitsamt. Damals war das ja noch so, die Leitz-Ordner durchblättern, was es für tolle Berufe gibt und aus irgendeinem Grund war damals war das in den 80ern war das ein ganz tolles Thema.

RUDOLPHINA 38:03

Und wie hat es dich dann von der Wirtschaft zur Physik verschlagen eigentlich?

ASPELMEYER

Das total spannende Frage. Ich habe mir das, ich habe mich das öfter selber gefragt, vor allem wenn du dann natürlich selber Kinder hast und dann du ja den Nachwuchs sich frei entwickeln lassen möchtest, habe ich mir oft die Frage gestellt: Was war eigentlich bei mir der Auslöser? Es stellt sich raus, es war eine Mischung aus populärwissenschaftlichen Büchern, die gerade zu der Zeit rauskamen, die gerade voll in meine Lesewut sozusagen hineinkamen und die ich verschlungen habe, und unglaublich motivierenden Physiklehrer. Also diese, diese Mischung hat es ausgemacht und dann ... die Feynman Bücher sind gerade rausgekommen, vom Harald Fritsch gab es ein tolles Buch. Da gibt es eine ganze Reihe von populärwissenschaftlichen Büchern zur Physik, die gerade in dem Alter unglaublich motivierend und anregend waren.

RUDOLPHINA 38:52

Was hat dich dann speziell zur Quantenphysik und auch speziell nach Wien gebracht?

ASPELMEYER

Ich habe eigentlich in der Physik meine Doktorarbeit in einem ganz anderen Thema gemacht. Die war in der Materialwissenschaft witzigerweise und ich habe mich schon immer für Quantenphysik interessiert. Also das war tatsächlich ein Thema, das klarerweise durch die spannenden, auch philosophischen Fragestellungen immer ein Thema für Diskussionen auch im Studentenkreis natürlich waren konstant. Und am Ende der Promotion habe ich mir die Frage gestellt: Naja, wofür interessierst dich jetzt eigentlich am meisten und wovon verstehst dann wenigstens und mit dem Verständnis, dass natürlich, man kann nur dann etwas wirklich verstehen und gut lernen, wenn man in dem Gebiet arbeitet. Das war so, das war die Idee dahinter.

Und das zweite, was wichtig ist, was ich auch damals schon mal versucht habe: Wenn man was lernen will, dann muss man von den Besten lernen. Und damit war es klar. Die Kombination Quantenphysik, grundlegende Fragestellung der Quantenphysik, da gab es die beste Gruppe weltweit in Wien. Und dann habe ich mich beworben und hatte das große Glück, dass Anton Zeilinger damals schon unkonventionell war, was das Einstellen angeht, dass er einen völlig Fachfremden sozusagen dann mit in sein Team geholt hat.

RUDOLPHINA 40:30

Immer wieder kommt man im Kontext der Quantenmechanik oder -physik mit Philosophie irgendwie in Berührung, wenn man das weiterdenkt. Du persönlich hast ja auch einen Philosophiehintergrund, hat ja direkt mit Physik zu tun gehabt, oder ist das nur so entstanden?

ASPELMEYER

Nein, ursprünglich ist es rein aus dem Interesse heraus damals gewesen in München während des Studiums. In dem Studentenwohnheim in dem ich war gab es eine bunte Mischung aus Bauingenieuren, Physikern, Mathematikern, Philosophen, Theologen und da ist immer ganz viel diskutiert worden. Und ich glaube, diese Mischung war es, die das Interesse geweckt hat, die Philosophie ein bisschen mehr im Detail anzuschauen. Und da gab es in München die Möglichkeit, da gab es eine philosophische Hochschule direkt. Und ja, das habe ich dann irgendwann mir näher angeschaut.

RUDOLPHINA 41:17

Gibt es jetzt eine philosophische Stoßrichtung, die mit Quantenphysik zu tun hat, die du besonders interessant findest?

ASPELMEYER

Tatsächlich fehlt die noch, muss ich sagen. Also wenn du, wenn du historisch schaust. Philosophie war immer der Unterbau für die Physik. Weniger Wegbereiter, sondern erst im Nachhinein der Unterbau. Also du hattest die Physik von Galileo, da hat Descartes später dann den philosophische Bild entworfen dafür, den philosophischen Unterbau. Dann kam Newton, da war es Kant, der letztlich mit seiner, mit seinem Wurf der Philosophie deren Unterbau geschaffen hat, also quasi das konsistente Weltbild jeweils dafür geliefert hat. Jetzt haben wir die Quantentheorie und der große Wurf der Philosophie fehlt noch tatsächlich, und das eine total spannende Herausforderung.

RUDOLPHINA 42:05

Was bedeutet Wissenschaft für dich ganz persönlich? Also wenn du quasi eine ganz subjektive Definition davon bringen müsstest.

ASPELMEYER

Wie es der Name sagt, Wissen zu schaffen. Das ist für mich ein wahnsinnig kreativer Prozess, der alles andere ist als Exceltabellen und Citation Indices usw.

RUDOLPHINA 42:27

Gibt es beim Hypethema Quanten - muss man ja auch sagen, Sachen, die dich ein bisschen ärgern oder auch dauernd kolportierte Missverständnisse bis hin zu esoterischen Verwirrungen, die du gerne ein bisschen geraderücken würdest?

ASPELMEYER

Also was bedauerlich ist, ist, dass man mit dem Schlagwort Quanten mittlerweile automatisch beim Thema Quantencomputer ist, Thema Quantentechnologie ist, beim Thema Dual-Use, bei Anwendungen, die sicherheitsrelevant sind und man völlig vergisst, wie vielseitig und breit die Quantenphysik ist. Also ich denke, da braucht es mehr Ruhe, weniger Hysterie und auch mehr Aufklärung, was die verschiedenen Bereiche der Quantenphysik jeweils leisten möchten und können.

RUDOLPHINA 43:17

Beschreibe uns vielleicht einmal ganz kurz, dein Leben abseits der Quanten. Obwohl, das gibt es ja technisch gesehen gar nicht. Aber du weißt was ich meine.

ASPELMEYER

Ich koche sehr gerne tatsächlich, das sind unsere Wochenendbeschäftigungen mit der Familie. Wir sind gerne draußen mit der Family... Es gibt immer so Phasen, bei denen so viel passiert im Labor, dass es total schwer ist, sich zu entkoppeln. Also da ist es total schwierig, Phasen außerhalb des Berufs zu definieren. Das gibt es schlichtweg nicht, da laufen manche Sachen tatsächlich dann eher parallel und da gibt dieses Abschalten gar nicht. Aber dann gibt es natürlich wieder die anderen Phasen, in denen man in denen man gerne abschaltet. Und da ist es dann so, dass ich unglaublich gerne koche. Da profitieren hoffentlich alle davon. Da müsste man mal fragen.

Wir sind als Family totale Spielefanatiker. Also wir spielen gern Brettspiele, lösen gerne Rätsel, haben wahrscheinlich schon jeden Escape Room gefühlt gemacht, den es irgendwo weltweit gibt. Ja, also. Ja, also das sind so Dinge, die wir gerne...wir reisen gerne als Familie, also das ist etwas was wir versuchen.

RUDOLPHINA 44:35

Du kannst auf ein Bier gehen, mit einem Quantenpionier aus allen Zeiten. Mit wem würdest du gehen? Was würdest mit ihm reden?

ASPELMEYER

Wer mich total fasziniert hat, was seine und von wem ich wahnsinnig profitiert habe, was das Schreiben angeht: Heisenberg. Total spannend. Unglaublich. Unglaublich spannend.

RUDOLPHINA

Dem wir ja auch dieses 100-jährige Jubiläum jetzt verdanken.

ASPELMEYER

Genau.

RUDOLPHINA

Ein besonders wichtiges Buch in deinem Leben?

ASPELMEYER

„Eine Formel verändert die Welt“ von Harald Fritsch. Es ist ein fiktiver Dialog zwischen Galileo, Newton und Einstein.

RUDOLPHINA

Und Musik? Da gibt es den Higgs Boson Blues von Nick Cave. Oder auch ganz was anderes.

ASPELMEYER

Nein. Queen.

RUDOLPHINA

Queen? Ja, auch schön.

RUDOLPHINA

Ganz kurz noch das Phrasenschwein zu füttern. Was ist der Heilige Gral der Physik für dich?

ASPELMEYER

Immer wieder was Neues zu entdecken. Keine Weltformel.

RUDOLPHINA 45:30

Hattest du persönlich schon einen Heureka-Moment?

ASPELMEYER

Doch, schon ständig. Du willst ein Beispiel hören?

RUDOLPHINA

Ja, wirklich - so ein Moment, der etwas heraussticht, wo du sagst, ok wow!

ASPELMEYER

Na, wir hatten schon ein paar Mal bei unseren Experimenten - und das war tatsächlich jedes Mal ein Heureka-Moment, wo ich wahnsinnig stolz war, dass uns das dann gelungen ist so einen Durchbruch, wo man sagt okay, dieses Phänomen gab es vorher nicht und es ist uns gelungen, es zu zeigen. Zum Beispiel diesen Quanten-Grundzustand von unserem Glaskügelchen, das ist, was der hat 50 Jahre vorher hat der (Arthur) Ashkin so ein Glaskügelchen zum ersten Mal im Vakuum gehalten, gefangen und fast auf den Tag genau 50 Jahre später, total lustig, unsere Veröffentlichung ist um zwei Tage oder so versetzt 50 Jahre danach konnten wir diese Kugel jetzt mit Quanteneigenschaften ausstatten, das war toll.

Und da gab es aber Beispiele und ich bin sehr stolz, dass das dem Team so toll gelingt, immer wieder so einen Punkt zu setzen, wo man sagt, man arbeitet sich voran und hat immer wieder mal diesen Erfolg etwas zu zeigen, experimentell zu zeigen, nachzuweisen, das vorher noch keinem gelungen ist.

RUDOLPHINA 46:40

Wie könnte denn die übernächste Quantenrevolution ausschauen?

ASPELMEYER

Boah...Ich hoffe ja nach wie vor, dass dieses ganze Hin und Her mit der Dunklen Materie sich entweder als Gravitationseffekt herausstellt. Das wäre die eine Möglichkeit. Aber die andere Möglichkeit, was noch viel cooler wäre, dass wir völlig, völlig radikalen neuen Ansatz brauchen, um weiß ich nicht, irgendeinen Aspekt der Natur zu beschreiben. Das wäre. Das wäre toll. Das wäre die dritte Quantenrevolution. Irgendwie eine Einsicht, völlig radikal in der Raumzeit, wo die Quantenphysik vielleicht eine Rolle spielt und was immer dann da rauskommt.

RUDOLPHINA 47:24

Wie geht es bei dir jetzt weiter in der näheren Zukunft?

ASPELMEYER

Na jetzt. Wir werden bei unseren Experimenten weitermachen. Wir haben jetzt derzeit sieben Experimente parallel, die jede jedes für sich einen gewissen Aspekt an dieser Schnittstelle Quantenphysik und Gravitation beleuchtet. Und jedes dieser Experimente setzt quasi einen Schritt in einen Bereich, der bislang noch nicht experimentell untersucht wurde. Das ist sehr spannend. Das heißt, wir gehen überall Richtung Terra incognita. Und da arbeiten wir uns jetzt daran ab. Immer kleinere Gravitationsfelder, immer massivere Quantenphänomene und dann hoffentlich eines Tages die beiden zusammen und zu sehen, ob Verschränkung erzeugt wird.

RUDOLPHINA

Ich hoffe du kommst dann wieder in unseren Podcast und erklärst uns dann, was es damit auf sich hat.

ASPELMEYER

Ja, danke vielmals. Wenn es nicht funktioniert hat.

RUDOLPHINA

Es war äußerst spannend. Vielen lieben Dank für das Gespräch.

ASPELMEYER

Danke vielmals, Mario.

RUDOLPHINA

Auch wenn sich die Quantenphysik unserem logischen Verstand entzieht, können wir zumindest mitnehmen, dass von den Experimenten des Teams rund um Markus Aspelmeyer ein fundamentaler Einblick an der Schnittstelle der beiden großen Theoriegebäude der Physik zu erwarten ist.

Dieser Podcast ist selbst aber auch nur ein Puzzleteil im großen Gefüge der aktuellen Semesterfrage der Uni Wien - Wie verändert Quantenforschung unsere Wirklichkeit? In Rudolphina, dem Wissenschaftsmagazin der Uni Wien könnt ihr alles Wissenswerte zur Quantengravitation und allen anderen Aspekten der Quantenphysik nachlesen, verständlich erklärt und informativ aufbereitet. Schon jetzt könnt ihr euch den 16. Juni vormerken, da findet die Podiumsdiskussion zur Semesterfrage an der Uni Wien statt - Markus Aspelmeyer wird übrigens auch daran teilnehmen.

Damit sage ich auf Wiederhören und bis bald - bei **An der Quelle!**