

01/22/2024

Science Talk 22.1.2024

Martha Brinek

Schönen guten Abend hier in der Aula der Wissenschaften im Namen des Bundesministeriums heute mit dem Schwerpunkt Forschung. Mir wurde strengstens untersagt, das Unwort des heutigen Abends in den Mund zu nehmen, nämlich die Astrologie. Deshalb fange ich mit dieser an, weil für meine Begriffe Astrologie und Astronomie nur angehängtes Wörtchen trennt, nämlich Logos und vom Logos geht es bekanntlich zum Nomos, zum Gesetz. Also will ich ein bisschen provozieren, hoffe auf eine sehr angeregte Diskussion und eine endlich klärende Aussage darüber, was mir die Sternkonstellationen über das Leben auf dieser kleinen Erde verraten. Stellvertretend für das Podium möchte ich Tanja Drexler begrüßen. Sie ist Wissenschaftsredakteurin des Standard, was schon einiges heißt, vielfach ausgezeichnet mit Förderpreisen, auch mit dem Wissenschaftsbuch des Jahres und was überhaupt besonders bequem ist, sie ist Physikerin und die Physik ist ja bekanntlich ein Teilbereich der Astronomie, wenn ich es richtig sage und nicht der Astrologie. Einen schönen Abend wünsche ich Ihnen, danke.

00:01:39 Tanja Traxler

Ja, herzlich willkommen, sehr verehrte Damen und Herren, schönen guten Abend beim Science Talk mit dem Titel Sterngucken mit Profis, astronomische Forschung in Österreich und mit der europäischen Südsternwarte ESO. Der Nachthimmel begeistert uns Menschen ja bekanntlich schon seit Jahrtausenden, aber gerade in den letzten Jahren und Jahrzehnten konnten ganz entscheidende wissenschaftliche Entdeckungen auf diesem Gebiet erzielt werden. Wir wissen inzwischen zum Beispiel, dass das Universum vor ziemlich genau oder ungefähr 13,8 Milliarden mit dem Urknall entstanden ist. Wir haben auch unsere engste Nachbarschaft in unserem Sonnensystem genauestens erforscht. Über die Oberfläche des Mondes sind wir zum Beispiel besser informiert als über die Tiefsee auf der Erde und laufend erreichen wir uns neue Erkenntnisse von den anderen Planeten in unserem Sonnensystem und ihren Monden. Seit den 1990er Jahren wissen wir zudem, dass auch andere Sterne von Planeten umkreist werden und fast täglich kommen neue Funde von Exoplaneten hinzu. Wir haben hier heute eine Runde von renommierten Experten und einer Expertin, die uns Einblicke in ihre Erfahrungen aus erster Hand mitteilen werden. Wir werden von der Beobachtung ferner Galaxien hören bis hin zur Erforschung von Exoplaneten und so hoffen wir, Sie auf eine kleine Reise durch das

Universum mitnehmen zu können. Insbesondere interessiert uns natürlich auch, welche Beiträge österreichische Forscherinnen in diesem Zusammenhang leisten und insbesondere auch mit internationalen Kooperationen wie der Europäischen Südsternwarte ESO. Ich darf Ihnen unser hochkarätiges Podium kurz vorstellen. Ich beginne mit Ihnen zu meiner Rechten, Schor Alves, Sie haben in Lissabon Physik studiert und sind 2010 als Professor für Astrophysik an die Universität Wien berufen worden. Zu Ihren Forschungsgebieten zählen unter anderem die Entstehung von Sternen und Planeten und Sie nutzen in Ihrer Forschung auch die Europäische Südsternwarte, wo Sie uns dann sicher auch noch mehr dazu erzählen werden, wie das abläuft. Herzlich willkommen. Dankeschön. Daneben darf ich mit Ihnen begrüßen, Ronny Ramlau, Sie haben Mathematik an der Universität Potsdam studiert und wurden 2008 zum Professor für Industrielle Mathematik an die Johannes Kepler -Universität Linz berufen. Was die Mathematik, insbesondere auch die industrielle Mathematik mit der Astrophysik und der astronomischen Forschung zu tun hat, das werden wir später noch hören. Zu Ihren Forschungsschwerpunkten zählen eben auch mathematische Probleme in diesem Bereich zu lösen. Herzlich willkommen. Linda Tacconi, ich komme nur zu Ihnen. Sie haben an der University of Massachusetts in Amherst in den USA Astrophysik studiert und sind als Senior Scientist am Max -Planck -Institut für extraterrestrische Physik in Garching bei München tätig. Sie waren bis vor Kurzem, bis 31. Dezember des Vorjahres Ratspräsidentin der europäischen Südsternwarte ESO, haben überhaupt schon mit der ESO auf verschiedenen Ebenen zu tun gehabt und wir freuen uns dann mehr auch von Ihren Einblicken zu hören. Herzlich willkommen. Unser Podium komplettiert Daniel Weselka, Sie sind promovierter Physiker und Sie sind im Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung unter anderem auch für internationale Forschungsbeteiligungen zuständig, zu denen eben auch natürlich die ESO zählt, wo Sie von Anfang an mit dabei waren, wo wir sicher noch mehr hoffentlich hören werden. Sie leiten eben im Bundesministerium die Abteilung für Grundlagenforschung und Forschungsinfrastruktur, was vielleicht auf den ersten Blick etwas technisch klingt. Da verbergen sich sehr spannende Themen dahinter, die wir dann noch näher besprechen werden. Herzlich willkommen. Nun, da ich Ihnen das Podium kurz vorgestellt habe, würde ich gerne an Dr. Weselka übergeben, der Ihnen einige bildliche Eindrücke mitteilen wird oder zeigen wird, damit wir auch Bilder vor Augen haben, worüber wir heute Abend sprechen. Vielen Dank, ja, es ist mir eine Ehre und ein großes Vergnügen, hier zu Ihnen sprechen zu dürfen, ein bisschen aus dem Nähtäschchen zu plaudern, was macht denn der Weselka oder was macht jemand in einem Ministerium und wie funktioniert denn so eine internationale Einrichtung, was braucht es dazu und wie geht das? Also die ESO ist ungefähr so alt wie ich, um die 60 und ein Drittel dieser Lebenszeit haben wir beide gemeinsam verbracht, weil ich seit etwa 20 Jahren mit ESO sehr intensiv befasst bin. Ich kann das mit Erlaubnis meiner Frau sagen, es ist eine meiner Lieben, nicht die einzige, weil als zuständiger Abteilungsleiter für

Forschungsinfrastrukturen habe ich da viele andere auch und natürlich werden alle von mir gleich behandelt. Die Geschichte von ESO

00:08:51 Daniel Weselka

habe ich eben von Anfang an begleitet, fünf Jahre Vorbereitungszeit, bevor Österreich beigetreten ist 2009 und seither habe ich die Ehre und das Vergnügen im ESO -Council Österreich zu repräsentieren, gemeinsam mit dem Herrn Professor Alves und ich denke, dass wir die Zeit dort und diese Forschungsinfrastruktur nicht nur intensiv kennen, sondern dass es ein Vergnügen ist, dass Österreich dort dabei ist und mitforschen kann. Nun, der Weg zu den Sternen ist weit, ich möchte Sie einladen, ein Stück dieses Weges mit mir zu gehen und weil Bilder mehr sagen als tausend Worte, habe ich darauf bestanden, ein paar Bilder zu zeigen. Wir starten in Österreich, fliegen über den Großglockner, den Sie hier sehen, machen Zwischenstation in Madrid und kommen nach einem langen Nachtflug dann in Chile an. Sie sehen hier den Aconcagua, den höchsten Berg Südamerikas, der Flug entlang der Anden ist einfach unbeschreiblich. Es ist ein tolles Erlebnis immer wieder und es ist einfach großartig. Man landet in Santiago, ist dann mal ziemlich müde nach 13, 16 Stunden Flug und hat noch eine Pause, um am nächsten Tag dann weiter zu fliegen, über von Santiago in den Norden von Chile, da sieht man die Anfänge von ESO, nämlich La Silla, das allererste Teleskop in den 60er Jahren wurde in La Silla gebaut und dort ist die Geburtsstätte von ESO, dort hat die Erfolgsgeschichte begonnen, die dazu geführt hat, dass die europäische Astronomie heute die weltweit führende Astronomie ist. Wir fliegen weiter und landen in Antofagasta und fahren dann zwei Stunden auf diesen ikonischen Ort, vielleicht haben manche schon im James -Bond -Film dieses Hotel, das Sie auf Booking .com nicht buchen können, gesehen, das ist die Residencia von ESO, dort wohnen die Techniker, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, auch das Küchenpersonal, also alles, was man zum Betrieb des Hotels braucht, muss dort sein, man kann nicht einfach zum nächsten Supermarkt fahren, der ist zwei Stunden weit weg und in dieser Residencia ist eben das Leben konzentriert und oben am Berg, sehen Sie schon, das Ziel unserer Sehnsucht, die vier Teleskope, VLT, Very Large Telescope, das ist kein sehr einfallsreicher Name, die Astronomen sind in der Astronomie hervorragend, aber bei Namen erfinden, schlecht, VLT, Very Large Telescope und das neue Teleskop heißt auch nicht besonders original, ELT, Extremely Large Telescope, ich werde es Ihnen gleich zeigen. Also mit den Namen haben sie es nicht, aber damit man dort überhaupt leben kann, wurde ein Swimmingpool und ein Garten eingebaut, weil in der Wüste Atacama, die Sie vorher gesehen haben, Sie finden dort nicht einen Grashalm, es ist extrem trocken, 5 % Luftfeuchtigkeit, das Leben ist dort sehr schwierig, Sie

müssen trinken, trinken, trinken und damit es ein bisschen erträglicher wird, hat man das hier gebaut. Am Abend begibt man sich dann per Auto oder zu Fuß mit einer kleinen Wanderung auf den Gipfel des Berges, auf das Plateau und hier stehen die vier großartigen Teleskope, die Sie hier sehen, wir werden in das kurz hineinschauen, Jepun, Jepun steht für die Mapuche -Sprache und heißt Abendstern Venus. Sie haben, ja, die Teleskope, wenn die Sonne untergeht, gibt es eine einstündige Prozedur, um die Teleskope in Betrieb zu nehmen, das passiert hier gerade im Hintergrund und wir schauen uns so ein Teleskop an, so ein Gebäude ist 28 Meter hoch, also das sind riesige Anlagen und Sie haben wahrscheinlich noch keins gesehen, Sie sehen hier nur einen kleinen Ausschnitt, der wichtigste Teil des Teleskops ist dieser zentrale Spiegel, der hat 8,20 Meter im Durchmesser und er sorgt dafür, dass man Objekte sehen kann, die eine Milliarde Mal empfindlicher sind oder lichtschwächer sind, als unser Auge beobachten könnte. Mit diesem Spiegel wird das Licht gesammelt, man kann die vier Teleskope zusammenschalten, das ist überhaupt weltweit einmalig, das hat niemand anderer zusammengebracht, das nennt man Interferometrie und damit ist es möglich, ein Objekt von der Größe einer Ein -Euro -Münze von der Erde auf den Mond zu sehen. Das macht natürlich niemand, weil da liegt kein Ein -Euro, aber ich will Ihnen nur zeigen, wie gut die ESO wirklich ist, also das ist ein spitzen Ding. Was sieht man, wenn man durchs Teleskop sieht? Ja, Sie werden enttäuscht sein, die schönen Bilder, die Sie kennen, sieht man zunächst einmal nicht, weil man durchs Teleskop heute nicht mehr so durchschaut, wie vor 100 Jahren, Sie sehen Computerbildschirme, das ist der Operator, der Wissenschaftler sieht das, das sind Sternspektren einer Galaxie, die 70 Millionen Lichtjahre weit weg ist und hier sieht man die atmosphärischen Turbulenzen, die dann mit Computerhilfe aus den Bildern herausgerechnet werden, das führt dazu, dass die ESO auf der Erdoberfläche Bilder machen kann, als ob sie im Weltraum stationiert wäre, also eine großartige Technik, wo wir mehr vom Herrn Ramelau später noch hören werden. Wenn wir das jetzige Teleskop verlassen, das Sie hier sehen, wir machen eine kleine Reise, 40 Kilometer, dann fahren wir an diesen Anlagen vorbei, die ESO erzeugt ihren gesamten Strom, den sie braucht, 9 Megawatt inzwischen mit Photovoltaik, also auch das ist ein Schritt, an dem Österreich immer wieder durch Anregung und durch stetes Insistieren, dass man vom Diesel wegkommen muss, die ESO umgesetzt hat, vorbildlich ist, glaube ich, die erste große Organisation, die das geschafft hat. Wo ist unser Ziel? Nun vom Cerro Paranal, von diesem Berg gehen wir auf den Cerro Amalago und jetzt zeige ich Ihnen, wie man ein Teleskop baut. Wenn Sie 1,4 Milliarden Euro haben, dann kriegen Sie das, Sie gehen zur ESO, die hat die Blaupause, dann können Sie das, wenn Sie einen Berg haben, nachbauen. Hier sehen Sie das Ganze im Zeitraffer, beginnend mit dem Jahr 2019. Hier ist die Pandemie, da ist die Baustelle stillgestanden, es tut sich nichts, aber keine Sorge, all das Versäumte wurde jetzt in den Jahren danach mit extremen Eifer und einer hervorragenden Baustellenorganisation aufgeholt. Das Teleskop wächst und hat mit Stand

jetzt, Dezember, einen Bauzustand erreicht, den Sie in ca. 30 Sekunden sehen werden. Dieses Teleskop ist riesig, es ist so groß wie die Dachgeschosshöhe des Stephansdoms, 80 Meter hoch, müssen Sie sich die Kuppel vorstellen, die hier gerade im Entstehen ist. Das sind die Einzelteile, das Ding ist 600 Tonnen schwer und wird vibrationsfrei gedreht, wenn es mal fertig ist. Das ist eine Leistung, die es sonst nirgends gibt, das ist weltweit einmalig. Die Technologie hat ESO entwickelt, mit Firmen umgesetzt, also das ist Technik vom Feinsten und so sieht es aus, wenn man davorsteht, eine riesige Kuppel und wenn Sie sich den Spiegel anschauen, den es dort geben wird, dann hat er diesen Durchmesser. Das sind 39 Meter, der Spiegel hat 1000 Quadratmeter und besteht natürlich nicht aus einem einzigen Spiegel, sondern aus mehreren 100 Einzelspiegeln und die werden mit der Technik, der Mathematik aus Linz gesteuert. Ja, jetzt habe ich schon meine Zeit überzogen, aber ich wollte Ihnen ein paar dieser Bilder zeigen, weil ich denke, das ist so großartig, das muss man sehen und Österreich und ESO ist eine Erfolgsgeschichte. Danke für Ihre Aufmerksamkeit.

00:16:48 Tanja Traxler

Ja, vielen Dank für diese Einblicke. Das macht die Europäische Südsternwarte in Chile, die so weit weg erscheint, doch viel greifbarer für uns hier. Frau Tacconi, Sie waren ja auf so vielen Ebenen in der ESO aktiv. Wollen Sie uns vielleicht von Ihrer Praxis auch als Forscherin erzählen, wie die internationale Zusammenarbeit so abläuft bei so einem großen Projekt? Vielen, vielen Dank erstmals für die Einladung, hier heute Abend zu sein. Erstens muss ich mich entschuldigen, mein Deutsch ist nicht so gut. Ich probiere ein bisschen in Deutsch zu erklären, aber vielleicht dann nach ein paar Sätzen nach Englisch und ich habe einen tollen Übersetzer hier in meinem Kollegen, Herr Weselka. Also dann, ich bin in den USA geboren, aufgewachsen, promoviert und habe mich entschieden, am Ende der 80er Jahre nach Europa umzusehen. Erst in den Niederlanden und dann nach Deutschland. Und warum? Man hat immer gedacht, dass in den USA alles Nummer eins ist, aber das ist nicht der Fall. Und warum? Weil in Europa

00:18:09 Linda Tacconi

machen wir etwas anderes, wir machen eine Kooperation. Und deshalb diese tollen Bilder, die Herr Weselka geschaut hat, das ist erstmals, wir sind in ein paar Jahren vor die anderen Großteleskopen, zum Beispiel in den USA. Und jetzt dann, ich gebe ein bisschen einen eigenen Einblick, was von meiner Seite, warum ist es in dem Fall. Und ich wechsele jetzt in Englisch. No country can do a project in science by itself like this. Astronomy is very large, very expensive and even a few countries in Europe couldn't do this by themselves. It took now 16 member states of ESO to come together to decide to

build this telescope and we are. Also kein Land alleine, nicht einmal die Vereinigten Staaten können ein Projekt dieser Größen in seiner Vielfalt, selbstverständlich können die USA auch ein Teleskop bauen, aber in der Vielfalt, ESO ist noch viel mehr, als wir Ihnen hier gezeigt haben, ist das Erfolgsmodell die Kooperation. ESO hat mit sechs Mitgliedsstaaten begonnen und hat jetzt 16 Mitgliedsstaaten

00:19:53 Daniel Weselka

und die Zusammenarbeit ist das Erfolgsmodell von ESO. What this cooperation brings is also a stability that is unknown in the rest of the world, because ESO is an intergovernmental organization, its budget is determined by a convention. We are not in ESO dependent on the government, on any single government if the government changes. We have a stable budget and can do things that the rest of the world cannot do. Der große Vorteil einer intergovernmentalen Organisation wie ESO oder auch der CERN, die durch Staatsverträge abgesichert ist, ist, dass diese Mitgliedsstaaten nicht beliebig wieder austreten oder sagen können, heuer haben wir kein Geld. Also es gibt eine Langzeitplanung und Sicherheit, die notwendig ist, um so große finanzielle Projekte zu stemmen und durchführen zu können.

00:21:28 Daniel Weselka

Es gibt zwei Konkurrenzprojekte in den USA, die alle in Schwierigkeiten stecken, daher auch viele Jahre hinter ESO sind. ESO hat alle Probleme gemeinsam, auch die finanziellen Probleme, durch die Pandemie haben sich Kostensteigerungen ergeben. Das wurde aber gemeinsam gelöst und in dem Vertrauen und in der Sicherheit, dass man an einem Strang zieht und zwar auch in eine Richtung.

Linda studiert, also ihr Arbeitsgebiet ist die Entstehung von Galaxien und wie sie sich im Laufe der Zeit weiterentwickeln, sodass sie heute zum Beispiel so aussehen wie unsere eigene Milchstraße.

ESO hat heute die besten Teleskope in der Welt und das war ein Grund, warum die Linda in die entgegengesetzte Richtung, wo normalerweise der Trend oder die Karawane zieht von Europa nach Amerika. Hier ist es in der Astronomie umgekehrt, von Amerika nach Europa, weil dieses Kooperationsmodell die Sicherheit gibt, dass die Dinge entstehen und dass gemeinsam daran gearbeitet wird und also das Erfolgsmodell schlechthin ist. Danke schön.

00:23:29 Tanja Traxler

Vielen Dank für diese spannenden Einblicke und natürlich auch für die Simultanübersetzung. Nicht professionell, aber ich hoffe, es ist hinübergekommen. Es war ganz großartig. Sie haben auch ein bisschen eine Kontextualisierung mitgeliefert. Herr Alves, ich würde gerne jetzt zu Ihnen überleiten und zwar auch zu Ihrer Forschungspraxis zu sprechen kommen. Welche Rolle spielen denn da so internationale Kooperationen wie mit der ESO? Welchen großen, offenen Fragen können Sie da in Ihrer Forschung nachgehen, wo Sie sonst keine Beiträge leisten könnten?

Joao Alves

Am Ersten muss ich mich entschuldigen. Mein Deutsch ist sehr, sehr schlecht. Das ist das Schlechte und ich muss mit meinen Freunden helfen, mein Englisch zu übersetzen. Okay, it is a great pleasure to be here. I am a professor at der Sternwarte, in der 18. Bezirk. You should all come and visit us. We have a beautiful park, the Sternwarte Park. So the invitation is on. Now back to the question. The big discoveries, if you look back in history, the largest discoveries in astronomy, they are always attached to steps in technology. We have the first telescope, we went from Via Lactea as, oh no, it's full of stars. We're not just, there's not only these stars here, there's the stars everywhere. Alle großen Entdeckungen hatten immer im Zusammenhang mit technologischem Fortschritt stattgefunden. Also Teleskope oder die Chipentwicklung und so auch hier bei ESO. Und am Anfang hat er noch eine Einladung ausgesprochen. Er ist Professor an der Astronomie an der Sternwarte der Universität Wien. Wenn Sie die Sternwarte noch nicht gesehen haben, dort gab es vor 125 Jahren das damals größte Teleskop der Welt. Also in Wien war auch einmal große Astronomie. Dann bitte war eine Einladung, dass Sie das besichtigen. Genau. Dankeschön. By the way, when the Sternwarte was built, it was the ELT of the world. It was the largest telescope in the world when it was built in 1878. But back to your question. The biggest discoveries are attached to biggest jumps in technology. The biggest jump in technology at the moment by far is the ELT and it is unique and an honor for me to be here in Austria, taking all chances possible of being able to be part of large collaborations that make the instruments, that make the telescopes. They have now Austrian know-how, not only from Linz. We have in our institute at the Sternwarte, we have people that are working on software to predict what the ELT will see. This helps us prepare the instruments, make plans for the future and this is done in Austria. So it is a great honor for me to be able to do this work here and there's no better project in astronomy in the world at the moment to be in. So here we are. I'll start at the end. He says there is no better astronomy project in the world and Austria is a just place here. The goal of the Ministry of Science was that we, the Austrian astronomy, that we open a gate to space for it.

And that Professor Alves is here is a result of the ESO and it was possible to occupy several new positions in order to use ESO. Because the contribution to ESO alone, that's one thing. Then you have to submit applications to ESO. So it's not like you just go there and say, I would like to look through the telescope now. That's not possible. You submit an application and 75 percent of the applications are rejected because there is not so much observation time. Austria and Professor Alves are also very successful. We have 2.3 percent ESO share and we have about 4 percent observation share. So that's just great what's happening with your tax money. And to come back to his technology leaps, which are very important. And ESO not only develops the telescopes, but the whole system around it. They need software, they need hardware and, of course, corresponding engineers, not just astronomers. And that's what ESO offers in one go. And it offers it in a complete package, so not turn-key, so key-ready, but for the astronomers, for the astronomers, if they have a project. In the meantime, it's not even necessary to go to Chile. You can do it remotely from Europe. And this complete package is unique and the technological leadership of ESO is not only undisputed, but the most important asset for Austria as an access to the world. Thank you.

00:29:20 Tanja Traxler

Ja, vielen Dank für diese Einblicke aus der Forschungspraxis. Herr Ramlau, wir haben schon gehört, dass Ihre Arbeit und auch Ihr Forschungsbereich einen ganz wesentlichen Beitrag leistet, damit das Werk läuft, wie man so schön sagt. Könnten Sie uns kurz erklären, welche Rolle da genau die Industriemathematik spielt, dass ebenso große Teleskope wie dann, ja, wie an der ESO und künftig auch mit dem ILT, dass das alles funktioniert? Das kann ich versuchen, das mache ich jetzt. Ich tue es erst mal meinen beiden Vorrednern oder meiner Vorrednerin und meinem Vorredner gleich und entschuldige mich erst mal für meinen schrecklichen Berliner Dialekt, den ich draufhabe. Also, den werden Sie jetzt ertragen müssen. Das haben 20 Jahre Österreich nicht gereicht, um den wegzukriegen.

00:30:15 Ronny Ramlau

Worum geht es? Also, was macht ein Mathematiker in der Astronomie, im Teleskopbau? Was ich sozusagen immer sagen würde, Mathematik ist überall, Sie sehen sie nur nicht. Und letztendlich überall in den Naturwissenschaften haben Sie mathematische Probleme, die gelöst werden müssen. Und was meine Arbeitsgruppe oder was wir in Linz am RICAM, dem Akademieinstitut oder an der Industriemathematik bei mir an der Uni machen, ist, wir lösen Gleichungen. Wir lösen Gleichungen basierend auf Messdaten und versuchen rauszubekommen, was diese Messdaten eigentlich verur-

sacht hat. Und das ist ein ganz allgemeines Problem, was überall auftritt und es hat sich dann herausgestellt, dass das etwas ist, was für das Teleskop ziemlich wichtig ist. Das ging dann bei den Verhandlungen um In-Kind-Contributions, um diese Themen, was man da machen könnte. Und da hat sich herausgestellt, dass also adaptive Optik, wie es genannt wird, etwas ist, was man für den Teleskopbetrieb unbedingt braucht. Worum geht es? Wenn Sie bessere Bilder bekommen wollen mit dem Teleskop, dann ist die einfachste Antwort, wie man das hinkriegen kann, ist, Sie bauen größere Teleskope. Das stimmt prinzipiell, vor allen Dingen, wenn Sie Teleskope haben, die im Weltraum sind. Wenn Sie Teleskope haben, die auf der Erde sind, dann gibt es irgendwo eine Größe, wo das nichts mehr bringt, weil Ihnen die Turbulenz in der Atmosphäre alles kaputt macht. Und da hat man in den 50er Jahren halt diese adaptive Optik erfunden. Und was macht die? Die macht im Prinzip Folgendes, die versucht abzuschätzen, wie ist die Turbulenz in der Atmosphäre und darauf aufbauend dann eben mit Spiegeln, die man verstellen kann, diesen Einfluss von der Turbulenz zu korrigieren. Nun ist die Turbulenz in der Atmosphäre extrem schnell, also die Turbulenz in der Atmosphäre ändert sich alle paar Millisekunden. Das heißt, was man machen muss, um wirklich hochqualitative Bilder zu bekommen, ist, man muss also diese Formation von diesen deformierbaren Spiegeln innerhalb von Millisekunden neu ansteuern. Vorher muss man mit bestimmten Sensoren die Turbulenzen oder bestimmte Messwerte aus diesen Turbulenzen messen. Dann muss man rechnen und dann kann man die Spiegel verformen. Und wie gesagt, das Ganze in Millisekunden und über die ganze Nacht hinweg, mehrere Stunden. Und das Problem war halt damals, als wir damit angefangen haben, dass das für die kleineren Teleskope, für das VLT, ging das noch ganz gut. Aber halt für das große ILT war klar, dass die Abschätzung für die Rechenzeiten, die man da braucht, dass das alles sprengt. Und da sind wir dann halt dazugekommen und haben gesagt, das ist unsere Spezialität, da können wir versuchen, das hinzukriegen und haben dann innerhalb von ein paar Jahren Algorithmen entwickelt, die, so wie alles hoffentlich dann gut geht, dann in wenigen Jahren dann auf dem Teleskop laufen werden und dann eben helfen, dass wir am Ende des Tages die Bilder, die Sie dann irgendwie vielleicht im Standard dann sehen, dann können Sie sich daran erinnern an unser Gespräch und dann sagen, ja, da ist auch Mathematik dahinter, die die Teleskope steuert. Vielen Dank für diese Einblicke, die uns auch sehr schön zeigen, wie Forschung, die an österreichischen Universitäten passiert, dann konkret zur Anwendung kommt bei so einem großen Projekt. Herr Wieselker, haben Sie was zu sagen? Ich würde gerne ergänzen, weil er hat es nicht gesagt, aber man soll doch, ich darf das sagen, ja, weil es mich stolz macht auf dieses Land und auf das, was wir hier leisten können. Die Algorithmen sind durch das Institut für Industriemathematik nicht um einen Faktor 2 oder 3 verbessert worden. Das ist üblich, oder das geht in einigen Jahren. Die haben mehr als einen Faktor 10 geschafft und hätten sie das nicht geschafft, würde man das ILT nicht betreiben können. Also mehrere

hundert Spiegel im Millisekundenbereich zu einem perfekten Parabol auszugleichen, das ist die Leistung, die dort dahintersteckt und die ist weltweit einmalig.

00:34:39 Tanja Traxler

Bevor Sie im Publikum die Möglichkeit bekommen, Ihre Fragen zu stellen an unser hochkarätiges Podium, möchte ich noch Frau Tacconi Sie bitten, weil wir jetzt schon ein wenig über die nächste Teleskop-Generation für die ESO, das Extremely Large Telescope, gesprochen haben. Können Sie uns so einen kurzen Ausblick geben, was der Zeitplan ist, auch was Sie persönlich sich davon erwarten für die Wissenschaft und künftige Durchbrüche? Okay, wie beim letzten Mal, ich probiere ein bisschen auf Deutsch anzufangen und die Zeitskala ist so, dass wir erwarten, dass wir fertig sind. Wir haben unser First Light bis Ende 28. Das ist nicht so weit weg. Wir haben noch viel zu tun, aber wir haben 50 Prozent erreicht schon und alles läuft sehr gut, muss ich sagen. But it is extremely complicated to do everything. We have just heard the news about 10 days ago that the first 18 segments of the mirrors reached Chile. Die gute Nachricht, dass die ersten 18 Elemente von diesen 780, beziehungsweise 900 im Endausbau.

00:36:19 Linda Tacconi

Die ersten 18 Elemente sind in Chile gut angekommen per Schiff und werden dort mit einer verspiegelt und sind die ersten Bausteine für das ELT. Und die Fertigstellungsdatum ist Ende 2028. And the very complicated instruments are also making progress. In fact, as an instrument our group in Garching is building together with the group in Austria and also groups in France, Italy and Finland, I believe, called Mikado. It will be the first instrument on this big telescope. So we will hope to study new planets, the specialty of Joao Alves, the youngest galaxies. And I expect that there will be so many new results. We will see things with a clarity that's much, much, a factor of 10 better than what the James Webb Space Telescope is delivering now. Because we're 39 meters instead of 6.5 meters. Also jetzt sollten Sie den Atem anhalten, weil das, was Linda gerade gesagt hat, das ist wirklich sensationell. Das ELT wird weit bessere Bilder liefern als das James Webb, das die NASA vor einiger Zeit

00:37:57 Daniel Weselka

in den Weltraum geschossen hat. Aber um zu beginnen, was die Linda erklärt hat, das Teleskop ist eine Sache. Wenn Sie das Teleskop haben, dann können Sie Licht sammeln, aber Sie brauchen sozusagen auch die Fotoapparate dafür. Das sind natürlich nicht so, wie man sich das heute vorstellt.

Diese Apparate, das sind die Instrumente. Mikado ist eines davon, Linda hat es erwähnt. Da sind hunderte Leute beschäftigt mit dem Bau dieser Instrumente. Diese Instrumente sind so groß wie dieser Raum. Also der Fotoapparat quasi ist auch riesig. Nicht nur das Teleskop ist groß, sondern auch noch die Instrumente, mit denen man dann arbeitet. Und auch die können nur in europäischer Kollaboration, wir haben einige Partner gehört, Deutschland, Österreich ist dabei, Niederlande. Also das ist arbeitsteilig, wird das aufgeteilt und so ein Fotoapparat kostet ungefähr 100 Millionen Euro, damit Sie eine Größenordnung haben. Und dann wird man hoffentlich eine zweite Erde finden oder was immer Sie, Planeten -Suche ist ein Thema, Galaxien. Was war noch? Just one more comment.

The reason we can build 39 -meter telescope is because of the adaptive optics. You cannot put a 39 -meter telescope in space. They're limited by six and a half meters and that costs 10 Milliarden. We have a bargain, 39 meters for one and a half billion, I think, and it's all because of the adaptive optics capability. Also selbstverständlich nichts gegen die Kollegen von der NASA und Kolleginnen von der NASA, die sind hervorragend, aber das James -Webb -Teleskop hat ungefähr 10 Milliarden Euro gekostet und hat einen 6 -Meter -Spiegel. Der ELT -Spiegel hat einen 39 -Meter -Durchmesser. Bedenken Sie noch einmal, das sind 1000 Quadratmeter Spiegelfläche. Das Ding ist einfach riesig und wird natürlich um einen Faktor 10 besser sein als James -Webb. Und das auf der Erde, weil es ist unmöglich, einen 39 -Meter -Spiegel im Weltall zu konstruieren. Und mithilfe der Mathematik wird es dann hoffentlich sehr schöne Bilder geben. Ganz sicher sogar, nicht hoffentlich. Ich kann vielleicht nochmal dazu sagen, also wir arbeiten zum Beispiel auch gerade mit einer italienischen Firma zusammen, die fürs ELT dann den verformbaren Spiegel, den großen verformbaren Spiegel produziert. Der wird dann mit mathematischen Formeln, wird die Oberfläche simuliert, wird angeschaut, wie der angesteuert wird, damit man dann am Ende wirklich, der kommt dann irgendwann, in hoffentlich nicht allzu langer Zeit, wird er dann von Italien, also von Südtirol nach Chile geliefert und wird dann da wirklich vor Ort sein. Und auch da ist dann wieder ein Stück österreichische Ingenieurkunst oder Mathematik mit drin. Zur Erklärung, das ELT hat insgesamt fünf Spiegel. Einen Hauptspiegel, der aus diesen Segmenten besteht und dann brauchen sie noch Sekundärspiegel, Tertiärspiegel, um das Licht eben bis zu den Instrumenten zu leiten. Und das ist ein komplizierter Spiegelweg, diese Spiegel. Einen davon, der ist so kompliziert, dass man überhaupt noch nie ein Modell davon gebaut hat, aber es gibt eine mathematische Simulation. Und am Ende wird das alles, das Puzzle, zusammengebaut und es wird funktionieren. Ein paar wenige Jahre müssen wir uns also leider noch in Geduld üben, aber dann werden wir mit dem Extremely Large Telescope definitiv den Kosmos mit anderen Augen sehen können. Online sind schon ein paar Fragen eingegangen. Ich werfe jetzt dennoch mal einen Blick ins Publikum hier bei Ihnen. Bitte gerne die Hand heben. Ja, wir haben da in der Mitte eine Frage. Es kommt ein Mikrofon zu Ihnen.

00:42:12 Aus dem Publikum

Vielen Dank. Ja, ich hätte eine Frage jetzt in der Diskussion mit Öffnungen und dem Standort, den Wettbewerben. Es wirft aber natürlich auch die Frage auf den Wettbewerb der Wellenlängen, weil natürlich in den letzten Jahrzehnten doch die Infrarot -Astronomie natürlich einen ganz zentralen Beitrag geleistet hat zu neuen Beobachtungs - und Erkenntnisfeldern. Die Frage ist es, um wie viel mehr wird jetzt sozusagen ein durch die Atmosphäre auf den visuellen Bereich beschränktes Großteleskop, wie wird sich da die Erkenntnisgewinn aufteilen zwischen den weltraumgebundenen und den terrestrischen Großteleskopen? Vielen Dank. Ja, zum Wettbewerb der Wellenlänge und den Unterschieden zwischen erdbasierten und weltraumbasierten Teleskopen. Herr Ramler, wollen Sie da was dazu sagen? Ich glaube schon, ja.

00:43:18 Joao Alves

So, the atmosphere, so Entschuldigung, nochmal. So, the atmosphere, we are looking at the cosmos like you are at the bottom of a pool looking up and there's waves in the pool and everything is dancing, okay. If you take your telescope and put it above the pool, nothing moves, everything is very sharp and that is the biggest advantage to take a telescope to space. So, what protects us, that we share it very much, which is our atmosphere, is not our friend when we want to observe the cosmos. Problem is, and Dr. Wieselke mentioned this, is very expensive, and Linda mentioned this, to take a telescope to space. The JWST actually flew like this and then it opened like a flower and that's just six meters. Now imagine 39 meters, we don't have a spaceship to take 39 meters to space. So, you get the advantage of not having an atmosphere, but you cannot be a very large telescope. Why do you want a very large telescope? Because a resolution, the capability to distinguish tiny little details in an image is a function of the size of the telescope. Bigger telescopes, high resolution, small telescopes, low resolution. Warum möchte man so ein großes Teleskop bauen? Weil die Auflösungsfähigkeit, das heißt die Fähigkeit winzige Details voneinander zu trennen. Stellen Sie sich zwei Scheinwerfer von einem Auto vor auf den Mond. Wenn Ihr Teleskop nicht eine hohe Qualität hat, sehen Sie nur eine einzige Lichtquelle. Die Auflösungsfähigkeit entscheidet darüber, ob Sie diese beiden Scheinwerfer trennen können. Und das ist eine direkte Funktion der Größe des Spiegels. Daher werden die Spiegel immer größer. Im Weltraum, es gibt aber keine bezahlbare Technologie, um einen 39 Meter Spiegel in den Weltraum zu bringen. Und daher die Analogie, die das JWST gebracht hat, wir sitzen mit unserem Teleskop auf dem Grund eines Pools, wo es Wellen gibt, die Störungen in der Atmosphäre, die gibt es im Weltraum nicht. Der Preis ist aber, dass wir auf der Erde einen größeren

Spiegel bauen können, mit einer besseren Auflösungsfähigkeit, also um bessere Details weit entfernte Objekte zu sehen. Und mit Hilfe der Mathematik eben dann die Störungen rauszurechnen. Und dann war noch die Frage der Unterschiede zwischen dem sichtbaren Licht und dem Infrarotlicht. ELT wird sehr viel im Infraroten machen. Das haben wir noch nicht erwähnt. Ja, so das ist eine neue Technologie, die Infrarot, neue, 20, 30 Jahre. Oh, I'm speaking German now, I have to go back to English. And the galaxy space, in particular near the sun, is full of dust. Not the dust, this dust, not this one, but tiny little particles of silicates. The proper word would have been smoke. When stars die, oh, sorry. Das Weltall ist zwar leer, aber trotzdem in dieser Leere gibt es ab und zu Sterne und dazwischen Staub. Dieser Staub ist kalt, also cold dust. Das sind Silikate, andere Mineralien. Also nicht der Staub, wie wir ihn unterm Bett haben, sondern eben Sternenstaub. Genau. Und der ist kalt. Und ist dunkel. Leuchtet nicht. Und es ist dunkel. Und das ist nicht gut, when we want to observe far, far away, we don't want a screen of dust. Infrarot, because of the size of this dust, this smoke, can see through the smoke. And you can see then much, much farther in the universe. You can see how stars form inside the wombs of big gigantic clouds of Staub und Gas. And that's like an ecography. You can see through and you can see the baby stars in the optical. None of that is possible. Also der Vorteil

00:48:08 Daniel Weselka

der Infrarot -Technologie ist, dass man durch den Staub, durch Staubwolken, durchschauen kann. Ein gutes Beispiel ist das Zentrum der Milchstraße. Zentrum der Milchstraße kann man mit einem optischen Teleskop nicht schauen. Da sind Staubwolken davor. Mit Infrarot -Technologie ist es möglich. Deswegen ist die Infrarot -Technologie so interessant für die Astronomie. Vielleicht kann ich noch ganz kurz ergänzen zu Space -Telescopes versus Erdbaum -Telescopes. Ich meine, da sind verschiedene Dinge, die da mit reinspielen. Die erste Frage ist relativ einfach. Versuchen Sie mal einen Handwerker zu bekommen, der Ihnen das Teleskop oben repariert. Das ist nicht so einfach. Das Zweite ist, Sie sammeln Unmengen von Daten. Die Daten müssen aus dem Weltall irgendwie zur Erde kommen. Das ist auch nicht ganz einfach. Wir sind zum Beispiel jetzt gerade auch in einem Projekt beteiligt, wo man über solche Sachen auch nachdenkt, wie man halt Datenkommunikation zwischen der Erde über Satelliten und so weiter machen kann, auch mit Hilfe von adaptiver Optik, wo man also Lasers zwischen Satelliten und Teleskopen hin und her schickt, um dann Daten zu transportieren. Aber das ist nicht einfach. Sie brauchen die entsprechende Energie, um das alles zu betreiben. Das ist wahrscheinlich das geringere Problem. Aber eben vor allen Dingen die Größe ist halt ein großes Problem. Versuchen Sie das hochzubringen, das ist schwierig. Und von der Auflösung her weiß ich es nicht

mehr hundertprozentig genau, aber bei den Turbulenzen in der Atmosphäre hat man sozusagen ohne adaptive Optik, ist man bei zehn Metern ungefähr, kommt man an die Grenzen. Danach wird es etwas komplizierter und ab da braucht man dann adaptive Optik für die größeren Teleskope und kriegt dann mit einem 39-Meter-Teleskop dann halt eine deutlich bessere Auflösung, als man mit dem James-Webb dann am Ende hinkriegen würde, wenn man vernünftig korrigiert und das aufständig macht. Ich habe noch mehr Fragen gesehen. Ja, es gibt da in der zweiten

00:50:15 Tanja Traxler

Reihe gleich eine Frage.

00:50:20 Aus dem Publikum

Ja, mein Name ist Hans Feichtinger von der Fakultät für Mathematik, Universität Wien. Ich hatte das Glück und die Ehre, zu Beginn der ESO-Mitgliedschaft auch eine Arbeitsgruppe zu leiten. Ich habe mich damals gefragt, warum das Zentrum der Southern Observatories in Garching ist und dass das nördliche dann wahrscheinlich irgendwo in Skandinavien sein wird. Nein, das ist in Südeuropa, weil es sich um die südliche Halbkugel geht, das haben wir schon gehört. Die Aufgabenstellung damals war, es hat drei Teams gegeben, die die In-Kind-Contributions gemacht haben. Es war damals so, dass die Astronomie weniger beobachtend tätig war, sondern mehr theoretisch, deswegen zwei Mathematikgruppen, eine eben in Linz und bei uns. Und ungefähr, was wir gemacht haben, war in die Richtung von, wenn man so ein Teleskop hat, dann schaut man ja in sehr kleine Ausschnitte und kriegt da sehr viele Informationen. Also stellen Sie sich vor, Sie kriegen da ein Tausendblätter Papier, wo lauter Ausschnitte zu sehen

00:51:22 Aus dem Publikum

sind und die man dann wieder zusammengleistern muss. Das kann man ja nicht mit Händisch machen. Also in diese Richtung ist unsere mehr signalverarbeitende Richtung gegangen. Also auch da war das eine große Herausforderung, um mathematische Methoden weiterzuentwickeln. Nur ich bin jetzt schon acht Jahre in Pension und ein Nachfolgeprojekt ist leider nicht genehmigt worden. Ja, vielen Dank für diesen Beitrag, der uns noch eine weitere Perspektive bietet auf auch Beiträge aus Österreich zu diesem Forschungsprojekt. Gibt es noch weitere Fragen aus dem Publikum an dieser Stelle? Ja, bitte.

00:52:06 Aus dem Publikum

Ja, mich würde interessieren, ob es Wellenlängenbereiche gibt, die nur im Weltraum oder im Weltraum besser beobachtet werden können als auf der Erde, wo ja immerhin die Atmosphäre dazwischen ist, die Absorptionseigenschaften hat, selektive natürlich. Können Sie das kommentieren, bitte? Ob das eine komplementäre Sache ist, das Space Teleskop und das erdgebundene, oder ob es wirklich, wie jetzt vor allem betont wurde, durch die Größe des Spiegels so viel besser ist als die Weltraumteleskope? Vielen Dank für diese weitere physikalische Frage. Wer von Ihnen? Ja, bitte.

00:53:40 Daniel Weselka

es ist eine sehr gute Frage Wenn es darum geht, das letzte Photon sozusagen zu sammeln, wenn man ganz weit zurück in der Zeit schaut, also an den Beginn des Universums, zu ganz faint, ganz schwachen Sternen, also da, wo sehr wenig Licht kommt, dann ist es besser, wenn man im Weltraum stationiert ist, weil dann eben keine atmosphärischen Störungen sind. Wenn es um die Auflösung geht, also um die feinen Details, dann ist das erdgestützte Teleskop von Vorteil, weil man da eben zu größeren Spielgrößen gelangen kann, zu vernünftigen, bezahlbaren Preisen. Ich glaube aber, die Frage war noch, ob es auch ergänzend, ob es Wellenlängenbereiche gibt, die man von der Erde aus nicht sehen kann. Stimmt das? War das auch Teil der Frage?

00:54:51 Joao Alves

Ist there some in the radiation which you can't look from the Earth? Oh, yes, yes, yes. Millimeter, submillimeter. So, there is also that. Thank you. I don't know if you want to talk about it. You perhaps can talk about wavelengths. Well, I can just add one comment to what you said, Joao, which is also that the space telescopes first of all tend to be able to image large areas of the sky, but they have a limited lifetime, and the complementarity as well comes from being able to do very detailed follow-up observations afterwards. Also, die weltraumgestützten Teleskope können Weitfeldbeobachtungen machen oder sind darauf spezialisiert, größere Himmelsausschnitte anzusehen, während die erdbasierten Teleskope eben auf Auflösung setzen, auf die höhere Auflösung und daher viel kleinere Himmelsausschnitte beobachten.

00:56:10 Daniel Weselka

Also, die Energieräche -Strahlung, vor der wir zum Glück auf der Erde durch die Atmosphäre geschützt sind, ultraviolette Strahlung, extrem ultraviolette Strahlung, weiche Röntgenstrahlung, Röntgenstrahlung, die kann man nur im Weltraum beobachten. Und das ist dann die Domäne von Satelliten.

Tanja Traxler:

Vielen Dank. Bei den Fragen, die online eingegangen sind, ist eine dabei, wo es um Exoplanetenforschung geht, wo wir bisher noch wenig darüber gesprochen haben. Hanna Ranftl fragt, was sind die Bedingungen, die bestimmen, ob ein Planet bewohnbar wird und ist die Erde immer noch einzigartig in ihrer Lebensqualität? Wer von Ihnen?

00:57:23 Joao Alves

Über die letzten Jahre fand in der, Entschuldigung, ich mache es kürzer, in den letzten Jahren fand, also in den letzten 15 Jahren gab es praktisch eine Revolution in der Astronomie und diese hängt zusammen mit der Entdeckung von Exoplaneten. Für jede fünf Sterne gibt es eines mit einer Erde.

00:58:06 Daniel Weselka

Also Sterne meint der Professor jetzt Sonnen, weil alle Sterne, die wir sehen, sind keine Planeten, also ausgenommen unser Sonnensystem, aber alles, was sonst im Himmel ist, sind andere Sonnen. Und diese haben mindestens die Hälfte davon auch Planeten. Genau. Und für jeder Fünfte dieser Sterne mit einem Planetensystem hat wohl auch so etwas wie eine Erde. Genau. Und alle haben Planeten. Alle haben Planeten. Ja, praktisch. Weil nur dieses sehr große Maße, massive Sterne, vielleicht nicht, aber alle Sterne haben Planeten. Also Planeten sind keine Ausnahme, sondern die Regel. Genau. Wir konnten sie nur bisher nicht sehen. Genau. Und das ist ein großes Ziel der IALT, die Bildung, Images zu machen über die Planeten in Orbit der Sterne. Um das vielleicht noch zu ergänzen, um die Exoplaneten zu sehen, brauchen sie keine adaptive Optik. Was sie brauchen ist extreme adaptive Optik. Also das ist sozusagen noch eine Stufe weiter. Sie brauchen spezielle Sensoren und sie müssen auch von der Rekonstruktion oder von der Korrektur für die Atmosphäre, muss man nicht nur im 2 Millisekunden -Takt korrigieren, sondern man geht hoch bis zu 3000 Hertz. Also sie haben 0,3 Millisekunden Zeit, um zu korrigieren und zu berechnen und das alles sozusagen wieder über die ganze Nacht durch. Also da braucht man nochmal ganz neue Algorithmen, um das durchzuführen.

Also da musste man Beschleunigung, um das wirklich möglich zu machen, Beschleunigung vom Faktor 800 oder so hinbekommen, damit das überhaupt rechenbar und durchführbar bleibt. Als wir angefangen haben mit adaptiver Optik, war das ein Problem, wo die ESO damals gesagt hat, wir wissen nicht, ob das überhaupt rechenbar ist. Jetzt ist klar, das geht. Also um überhaupt Exoplaneten zu sehen, braucht man extreme adaptive Optik.

01:00:22 Tanja Traxler

Gibt es weitere Fragen von Ihnen? Ja, weiterhin.

01:00:30 Aus dem Publikum

Danke vielmals. Ich wollte eine Frage stellen zu adaptiver Optik. Sie haben jetzt schon mehrere Anwendungsfälle von adaptiver Optik und deren Weiterentwicklung dargestellt. Wir sprechen ja von der ESO, von einer europäischen Sternwarte in Chile, warum es so hell ist in Europa. Wird es Ihrer Meinung nach irgendwann möglich sein, vielleicht mit adaptiver Optik die Lichtverschmutzung in Europa herauszurechnen sozusagen, damit wir wieder unsere eigenen Sternwarten in Europa bauen können?

Daniel Weselka:

Die Lichtverschmutzung hat ja eigentlich in dem Sinne nichts mit adaptiver Optik zu tun. Also wir korrigieren ja nicht irgendwie Licht raus, was irgendwie einfällt, sondern wir korrigieren Effekte, die das Licht verändern, also die einfallenden Wellen verändern. Ich glaube sozusagen, da sind einfachere Methoden wie Licht ausschalten eigentlich besser geeignet. Ich meine, da gibt es ja schon jede Menge Initiativen, die in die Richtung gehen. Das wir ein bisschen dunkler werden, also ob das so erfolgreich ist in Wien wahrscheinlich eher noch nicht, aber auf dem Land geht es schon manchmal ein bisschen besser. Auch Wien hat sehr viel getan. Die neue Beleuchtung, da wurde darauf geachtet, dass weniger Licht in den Weltraum gestrahlt wird. Wenn Sie das gesehen haben, in meiner Straße, die früheren Neonröhren, die wurden ersetzt durch LEDs. Also die Lichtausbeute und die Beleuchtung ist besser und die Lichtverschmutzung ist deutlich geringer. Also man kann hier viel tun. Warum ist die europäische Südsternwarte nicht in Europa? Nun, ich habe schon gesagt, ich hätte gerne gehabt, dass es in Österreich gebaut wird, aber wir haben vielleicht fünf Nächte, die wirklich perfekt zum Beobachten sind. In Chile sind 300 Nächte mindestens perfekt zum Beobachten. Der chilenische Sternenhimmel in der Atacama ist unbeschreiblich. An meinen Worten würde ich sagen, stellen Sie

sich schwarzes Samt mit Diamanten vor. Das ist der Himmel dort. Und den haben Sie an 300 Nächten. Sie haben eine Fernsicht, wenn Sie oben auf dem Cerro Amazones stehen, an gewöhnlichen Tagen. Also fast jeden Tag sehen Sie einen Vulkan, der 190 Kilometer entfernt ist und Sie sehen den scharf, nicht in irgendwelchen Dunstwolken. Die Fernsicht, die Atmosphäre, die Reinheit der Luft, das ist alles einzigartig. Die europäische Südsternwarte ist aber auch deswegen in Chile, weil das interessanteste Beobachtungsgebiet ist die Milchstraße und das Zentrum der Milchstraße. Das kann man von Europa aus praktisch nicht beobachten. Daher ist Europa nach Süden gewandert. Und zur Lichtverschmutzung. Die ESO besitzt eben als internationale Organisation 700 Quadratkilometer Land in Form einer Dauerleihgabe von Chile, das nicht verbaut werden darf, wo man keine Lampen aufstellen darf, wo also dafür gesorgt wird, dass es keine Lichtverschmutzung gibt. Und auch das kann man in Europa nicht machen. Es gibt keine 700 Quadratkilometer Fläche in Europa, wo keine Beleuchtung ist. In Südafrika, ja, in Namibia, das wäre noch besser. Namibia wurde als Standort untersucht. Es gab fünf mögliche Standorte für das ELT, aber der beste Standort ist einfach Chile. In Namibia wäre es zum Beispiel gewesen, dass sie dort keine 3000 Meter hohen Berge haben, weil ein Teil des Problems der Beobachtung bekommen sie weg, wenn sie einfach höher oben sind, weil dann die Atmosphärenticke geringer ist. Wir könnten stundenlang reden, ich weiß. Online ist auch eine Frage eingegangen, die mit der Rolle der Astronomie als besonders prädestinierter Wissenschaftszweig für Public Outreach zu tun hat. Die Frage von Peter Hutterer. Was tun Sie, um die europäische Bevölkerung für die Astronomie zu begeistern, den Nutzen dieser Wissenschaft einer breiteren Bevölkerungsschicht zu vermitteln? Wer von Ihnen möchte denn dazu eine Einschätzung geben?

01:04:43 Linda Tacconi

Ich kann probieren. Die Begeisterung des Publikums für Astronomie ist sehr groß. Wir haben in Garching ein sogenanntes Supernova Planetarium und Museum gebaut. Und ich wohne dann nur einen Kilometer oder so weit. Und jedes Wochenende ist es voll ausgebucht. Es gibt viermal am Tag Planetarium Shows und jede Show mit 100 Sitzplätzen, jedes Mal ist es ausgebucht. Jeden Tag kommen dann Schulbusse mit 50, 60 Schulkindern rein und die sind auch sehr begeistert. Also die Astronomie hat ein besonderes, das Himmel, das ist unglaublich, das ist faszinierend. Ich säße nicht hier, hätte ich nicht in der Volksschule ein Buch über Astronomie gelesen. Das hat mich so fasziniert, da kamen schwarze Löcher vor. Da dachte ich mir, ich muss Physik studieren und das habe ich gemacht. Und viele von uns geben dann Vorträge. Mein Chef übrigens ist ein Nobelpreisträger und er gibt 60 Mal

im Jahr ungefähr, 70 Vorträge zum Publikum über schwarze Löcher. Und letztes Mal habe ich mir gesagt, es war in Dortmund, ich glaube, er hat 1200 Leute im Aula. Das war Wahnsinn. Die Leute möchten mehr wissen über das Universum. Es ist wichtig für uns, es ist eine Aufgabe für uns.

Ronny Ramlau:

Wir in der Mathematik sagen immer, von den Astronomen lernen, was Outreach betrifft, heißt Siegen lernen. Also wenn wir so gut wären wie die Astronomen, die Mathematik in die Breite der Bevölkerung zu bringen, dann hätten wir mehr Mathematikstudenten und könnten dann am Ende auch den Bedarf viel stärker, also der Bedarf an Mathematikern ist ja größer als das, was wir eigentlich an Studenten kriegen, könnten das besser irgendwie auch abdecken. Aber auf der anderen Seite hilft uns jetzt die Astronomie wieder, also durch unsere Tätigkeit für die Astronomie mit den Vorträgen, die wir auch in den Schulen und zum Beispiel im Ars Electronica in Linz oder so machen, dass wir halt auch wieder das Bewusstsein einer Bevölkerung ein bisschen schärfen, wie wichtig Mathematik eigentlich für die Entwicklung generell ist, also für unsere Entwicklung als Gesellschaft oder auch in der Industrie oder in der Wissenschaft.

Tanja Traxler:

Herr Weselka, Sie sind ja an vielen Outreach-Aktivitäten beteiligt. Was ist Ihre Einschätzung zu diesem Thema? Es ist mir ein riesiges Anliegen, Outreach, und ich mache mit größtem Vergnügen Kinder -Uni. Wenn Sie Kinder im Alter von 8 bis 12 haben, schicken Sie sie zur Kinder -Uni, die werden auch zu mir kommen und ich garantiere Ihnen, die kommen begeistert zurück. Und Kinder stellen überhaupt die interessantesten und tollsten Fragen, also ich mache das mit großem Vergnügen. Aber dem Wissenschaftsministerium ist Gesamt -Outreach ein wirklich großes Anliegen, weil das, was wir hier gehört haben, was hier gemacht wird, das wird von Ihren Steuergeldern finanziert. Und daher ist es ein, also man kann es gar nicht diskutieren, es muss an der Gesellschaft zurückgegeben werden, was die Gesellschaft finanziert. Und Grundlagenforschung in diesem Bereich, und ich möchte jetzt eine Lanze, nicht nur, weil ich ja für die gesamte Naturwissenschaft zuständig bin im Ministerium, auch in den Life Sciences, in der Mathematik, die wird total unterschätzt. Die Mathematik beißt nicht, vor der braucht man sich nicht fürchten. Die Mathematik ist eine der faszinierendsten Wissenschaften überhaupt. Also wir sollten ihr nicht nur mehr Achtung entgegenbringen, sondern sie verdient, glaube ich, auch mehr Aufmerksamkeit, weil all das, was wir hier haben, an Technologie ohne Mathematik nicht geht. Ja, die Lanze für die Mathematik, aber auch die Life Sciences. Und deswegen sitzen wir ja hier und deswegen hat die Frau Brinig einmal im Monat dieses

Format hier mit den Science Talks, damit wir das, was die österreichische Wissenschaft leistet, zeigen und der Öffentlichkeit darbieten, die eingeladen ist zu schauen, was Wissenschaft bringen kann. Und es ist in jedem Fall eine der tollsten Bereicherungen des Lebens, zu wissen, woher kommen wir, wohin gehen wir. Das sind die alten Fragen. Und da gibt es viele Antworten. Die Astronomie liefert auch noch schöne Bilder, aber auch die Biologie oder die Life Sciences. Ich sehe sie nicht hier ohne die Ergebnisse der modernen Medizin. Und wir alle profitieren von der Wissenschaft in einem ungeheuren Maße. Vielen Dank, Herr Albers. Einmal im Monat, wir haben eine Sternwarte, wir haben nach der Sternwarte und es ist immer voll. Und es ist ein Vortrag und eine Führung mit Teleskop und wir sind alles voll.

Tanja Traxler:

Das ist schön zu hören. Die letzte Chance für Fragen aus dem Publikum, was Sie immer schon aus dem Kosmos, zum Kosmos lernen wollen. Wir sammeln ein paar Fragen. Wir haben hier in der ersten Reihe eine Frage und ich gehe dann auch weiter zu den anderen Fragen.

Aus dem Publikum:

I'm gonna ask in English, but you're welcome to answer in German. What are some of the most interesting and expensive projects that you have, where KI is involved? And do you have existing contracts with different countries, so that nobody is going to attack these telescopes in terms of protection? And lastly, what about payback period for some of these projects and how is it handled getting the investment back? Who takes care of that? Is it handed over to the private sphere or the Universitäten?

Tanja Traxler: Vielen Dank.

Joao Alves:

I can do the KI. Maybe you want to do the other. So for the KI, it's everywhere, as you realize now. It is also in astronomy. We are using KI or AI to help us go through the amount of data that we receive from telescopes on the ground and in space. My group in particular is developing algorithms to help us tell apart teenage stars from baby stars from middle -aged stars. And this is only done because we have avalanches of data that will take us years to process. But if you throw KI at them or AI, it makes a huge difference. It's just one application. So KI is here to stay. We have to learn how to live with it.

It is a tool. We shouldn't be afraid of everything. We should be careful, but we should not be afraid. Probably not the best in my opinion. We should be able to embrace it and know how to use it. And this is happening in astronomy as we speak. It's taking over everywhere. It's not a surprise that it's taking over in astronomy too. KI is already widespread in astronomy.

01:12:31 Daniel Weselka:

How is it in science in general? I would like to add, because I am also responsible for KI in the Ministry of Science and Technology. KI is a dual-use technology. So the discussion about it is diverse and not easy. In science, KI is certainly indispensable. How we deal with it as a society is a completely different question, an important question. And there, of course, the use is not easy. We just do it. Quite the opposite. It would require regulation. There is also an AI guideline from the European Union. But that's another discussion. You just have to see it. If you look at AI in science and medicine, it is indispensable. Maybe if I can add something.

01:13:27 Linda Tacconi / Joao Alves / Daniel Weselka:

KI is definitely important. But what you should always keep in mind is that KI is basically a system with a lot of buttons. And you set these buttons based on data with which you fed the AI. But that also means that KI is not necessarily physical. And you always have to keep in mind that an AI does not necessarily reflect a physical system. AI is excellent for data analysis and such things. But for example, new connections, new equations, which actually describe more than just certain processes, which perhaps describe this universe more strongly as a whole. AI can help with that. But that is often quite clear physics. Your question then also goes in the direction of what is returned, i.e. return on investment. An important question. I think astronomy is a very good example of this. Because it is one of the leading sciences in the public when you talk about science. And that is also a very positive image that the public has of astronomy. What we give back is something that you can best describe with the term culture. Astronomy tells us where we stand, where we come from. How the planetary system, how the solar system, how the universe works. These are questions that people have always dealt with. That is why astronomy is the oldest science, at least 20,000 years old. The Mayans were able to determine the earth's rotation to four decimal places more than 1,000 years ago. Because they had astronomy and a research infrastructure that enabled them to do this precisely. People have always been fascinated by the stars. And they have used them for many things. Also to predict the future. You have heard that we don't want to talk about this topic. We can talk about the future

of the universe, but not about our individual future. The return on investment, why Austria is involved in ESO with 2.3%, we get back. Data, data, data. We can train our students in Austria at a world-class level. They have access to the best infrastructure, to the best equipment in the world. That means if you study astronomy in Austria, you are happy. And the role of the ministry is to make this possible. And thanks to their taxes, we can do this. So we get back a lot more than what our 2% commitment here costs, if you look at it purely monetarily. Thank you very much. And when it comes to technology questions, Linda told me this in our pre-preparatory conversation. Schott, the company Schott, produces the glass rollers for the mirrors. And all the rest, please Linda, tell us. It is Syro-Dur.

01:17:08 Linda Tacconi/Daniel Weselka/Ronny Ramlau:

Syro-Dur, which is used in all telescopes now. Ein großes Problem bei der Spiegelherstellung, insbesondere je größer die Spiegel sind, ist ihre Wärmeausdehnung. Sie wissen, alle Materialien, wenn sie die Temperatur ändern, die schrumpfen oder bei steigender Temperatur dehnen sich aus. Das ist für einen Spiegel ganz schlecht. Der sollte sich am besten nicht bewegen, egal ob es minus 20 Grad hat oder plus 20 Grad. Also hat ein Professor aus Heidelberg gemeinsam mit der Firma Schott ein Material entwickelt, das in einem bestimmten Temperaturbereich eine konstante Form hat und sich also nicht in der Länge ändert. Syro-Dur. Aber es ist nicht nur nützlich für Teleskopen. Sie benutzen es wahrscheinlich jeden Tag. Wer eine Kochfläche hat, die aus Glas ist, Ceran, das ist Syro-Dur. Das wurde von Syro-Dur entwickelt. Auch wenn man ein Smartphone hat, das man mit dem Finger benutzen kann, hat das Glas auch einen Koffer. Das wurde von Syro-Dur entwickelt. Das wurde in einem sehr kleinen Kreis gemacht, um Teleskopen besser zu machen. Und jetzt ist die Investition in die Gesellschaft wirklich sehr groß. Jeder von uns hat ein Abfallprodukt aus der astronomischen Forschung in der Küche. Wenn Sie ein Ceran-Kochfeld haben, dann ist das aus Syro-Dur. Und das ist dieses Material, das mit Absicht für die Spiegel, für die Astronomie entwickelt wurde und das dann eine Anwendung fand im Everyday Life, also im Alltag von uns allen. Nur ein Beispiel. Man könnte jetzt über LCDs, über Kameras, über Fotoapparate vieles andere berichten. Wi-Fi, ja, also das WLAN, das wir haben, zum Beispiel. Wir können lange reden, die Zeit haben wir nicht. Ein sehr eindrucksvolles Beispiel. Herr Alves und Herr Ramlau, Sie hatten auch noch einen Beitrag dazu. Ich kann nur ganz kurz noch ein Beispiel nennen. Was wir gerade machen, also aus das wir einen Teil der Entwicklung, die wir für das ILT gemacht haben, für ein spezielles Adaptive Optics System, das haben wir jetzt im Rahmen eines Sonderforschungsbereichs mit der Medizinuniversität in Wien genommen und haben

das übertragen auf die Augenheilkunde. Das heißt, was wir damit machen können ist, oder was passiert ist, dass man ein Laser ins Auge schickt und mit diesem Laser wird die Retina abgescannt, um zu sehen, wie sich die Retina, vor allen Dingen wenn man älter wird, wie sie sich verändert. Und da das Auge als solches nicht komplett still ist, also da bewegen sich Dinge, braucht man wieder hochauflösende, adaptive Optik, um das hinzukriegen. Also das heißt, mit diesem neuen Sensor, den wir da eingeführt haben, erwarten wir, dass wir also mit wesentlich weniger Laserpower als bisher mehr in den Augen dann sehen können. Und das ist halt eine ganz klare Anwendung. Das wäre nicht passiert, wenn wir nicht am Teleskop gearbeitet hätten. So, just a very simple example. Your cameras. In the latest generation of telephones, you probably realize, they take pictures in the dark. You know, very low light and you touch the button and then magic happens.

01:21:03 Joao Alves:

And guess what the magic is? It's the algorithms developed by astronomers to observe the universe. It's exactly the same algorithm. And particularly on this phone, it's exactly the same algorithm that was used for HST. Also jeder von uns hat Astronomie in der Tasche, wenn er ein Smartphone trägt, ein neueres Smartphone, das also bei Nacht inzwischen Aufnahmen machen kann von unglaublicher Qualität. Das ist eins zu eins die Technik, die aus der astronomischen Forschung kommt und die eben jetzt in jedem Telefon, zumindest höherpreisigen, eingebaut ist. Man kann heute, ich habe Freihandaufnahmen mit 10 Sekunden Belichtungszeit in Chile gemacht. Das ist unglaublich. Sie sehen den Sternenhimmel, das ist scharf. Also ich war sowas von baff. Aber es ist kein Magic, es ist angewandte Astronomie. Im Telefon.

Tanja Traxler:

Wir haben also jetzt einige Beispiele gehört, dass die astronomische Forschung nicht nur unglaublichen Erkenntnisgewinn bringt, sondern auch ganz konkrete praktische Anwendungen. Ich muss mich an dieser Stelle entschuldigen, dass wir angesichts der fortgeschrittenen Zeit leider jetzt nicht alle Fragen aus dem Publikum und online beantworten können. Wenn Sie hier sind, können Sie vielleicht noch einen unserer SprecherInnen mit ihren Fragen kontaktieren. Ich würde jetzt gerne zur Schlussrunde kommen, zu einer ganz kurzen Schlussrunde, wo ich mit Ihnen gerne noch einen kleinen Ausblick in die Zukunft erwagen würde. Wir haben ja auch gesprochen über die künftigen Entwicklungen, die uns in der Astronomie bevorstehen. Und bei einem kleinen Ausblick in die Zukunft zum Schluss würde mich interessieren, worauf freuen Sie sich denn in der Astronomie in den kommenden Jahren? Herr Dr. Weselka, wollen Sie vielleicht beginnen?

Daniel Weselka:

Also ich kann es kaum erwarten, wenn das ELT in Betrieb geht und die ersten Bilder liefern wird. Das ist wie als James Webb die unglaublichen Aufnahmen vor kurzer Zeit uns zeigte, welche Schönheit, Ästhetik, aber das ist nur die eine Seite, welche großartigen Daten und Erkenntnisse wir bekommen werden. Vielleicht finden wir eine andere Erde. Das heißt nicht, oder das würde uns noch viel mehr dazu bringen, dass wir auf diese Erde aufpassen, weil wir werden nie zu dieser anderen Erde, es gibt keinen Reserveplaneten. Aber zu wissen, dass wir nicht alleine sind, das wäre schon sehr interessant. Allerdings.

Tanja Traxler: Frau Tacconi.

Linda Tacconi:

Erste Sterne. Wahrscheinlich. Die ersten Sterne. Das möchte ich dann forschen mit dem ELT.

Tanja Traxler: Herr Ramlau, was können Sie kaum erwarten?

Ronny Ramlau:

Naja, ich erwarte, dass wir sozusagen für die Mathematik zum Beispiel, dass wir jede Menge Daten bekommen werden, aus denen wir dann am Ende Bilder und aber auch neue Erkenntnisse dann rausziehen können. Unsere Kooperationen mit der Astronomie haben schon dazu geführt, dass wir also neue Probleme mit der Astronomie identifiziert haben, an denen wir arbeiten und für die wir halt Großrechner brauchen, um die zu lösen. Das sind Probleme, die bisher noch nicht gelöst worden sind. Und da freue ich mich drauf.

Joao Alves:

So, I don't even know where to start. So, we take another hour. Are we alone? What is the future of the sun? Does it matter where you live in the galaxy? And I can see Professor Kerbel. And we're just learning how the sun travels around the galaxy. Sind wir alleine im Universum? Was ist das Schicksal unserer Sonne? Wir lernen erst gerade, wie die Sonne sich in der Milchstraße bewegt. Was wird da alles noch auf uns zukommen oder was wird rauskommen? Can I continue now? Oh, ja, ja, ja. So, it is the big question. Why are we here? And it's very hard to explain. You cannot be touched by these large questions. So, I think these are the questions that keep fueling us and going forward. I think the

ELT is going to answer some of them. Dark matter, anyone? We have no clue about what dark matter is. We don't find it in the laboratories, in the physics experiments. Is it even there? All these big questions, I think, will be... Eine große Frage. Dunkle Materie. Wir wissen, dass sie da ist aus der Astronomie. Im Labor finden wir sie nicht. Große Frage. Was ist, was steckt dahinter? Es gibt so viele offene Fragen. Es wird nie langweilig. Das ist das Schöne an der Wissenschaft. Es bleibt spannend. Immer. Dankeschön.

01:26:10 Tanja Traxler:

Vielen Dank, sehr geehrte Damen und Herren, für Ihr Interesse, für Ihr Kommen, auch für die vielen Fragen hier und online. Herzlichen Dank an das Podium. Das war wirklich ein sehr vielfältiger Einblick in die astronomische Forschung. Und ich glaube, wir nehmen alle mit, dass da noch sehr viel zu erwarten ist, worauf wir uns freuen können. Danke vielmals. Ich wünsche Ihnen noch einen schönen Abend.