

RUDOLPHINA-PODCAST „An der Quelle“ #4, August 2024

## **Wie ein Teleskop die kosmische Vergangenheit offenbart**

**Mit dem Astrophysiker Manuel Güdel**

RUDOLPHINA

Wir befinden uns in der Universitätssternwarte der Uni Wien im 18. Bezirk, genauer gesagt oben in einer großen Kuppel, in der sich ein Ehrfurcht gebietendes, wenn auch schon längst nicht mehr für die Forschung verwendetes Teleskop befindet.

MANUEL GÜDEL

Das ist ein historisches Gerät, aber wird noch für Führungen verwendet...

...Das ist ein Gewicht das das Teleskop steuert, das den Sternen nachfährt und das beginnt jetzt zu drehen. Ein Gewicht wird hochgezogen und dann senkt dieses Gewicht und dreht das Teleskop mit, mit dem Himmel sozusagen...

RUDOLPHINA

Das ist Manuel Güdel. Der aus der Schweiz stammende Astronom wurde 2010 zum Professor für Astrophysik an die Universität Wien berufen. Er studierte an der ETH Zürich theoretische Physik mit Promotion in Astrophysik und arbeitete in verschiedenen renommierten Institutionen weltweit - von der ETH Zürich über die University of Colorado Boulder bis zum Paul Scherrer Institut.

Bekannt ist er für seine Forschung in der Röntgen- und Radioastronomie, insbesondere zur Sternentstehung und zu protoplanetaren Scheiben. Er ist an zahlreichen internationalen Forschungsprojekten beteiligt, unter anderem ist er Co-Principal Investigator des Mid Infrared Instruments auf dem James Webb Weltraumteleskop, wozu ich ihn gleich noch genauer befragen werde.

Hier herauf in die Kuppel, ein paar Stockwerke über seinem Büro, hat er uns mitgenommen um zu zeigen, wie hier früher einmal handfeste astronomische Forschung betrieben wurde. Dabei bleibt es freilich nicht, die Reise wird uns noch an den Ursprung und an die Quelle von Zeit und Raum zurückführen, zu Leben in Außerirdischen Welten bis hin zu Science-Fiction, mathematischer Musik und fleischfressenden Pflanzen.

Mein Name ist Mario Wasserfaller und ich heiße euch herzlich willkommen bei einer neuen Folge von An der Quelle!

RUDOLPHINA

MW

Wie alt ist das Teleskop?

MANUEL GÜDEL

1878. Wurde damals von Dublin geliefert, also das wurde nicht hier gemacht. Aber war damals das größte Teleskop auf der ganzen Welt....

...für eine kurze Zeit. Dann kamen größere, anderswo. ...Als Forschungsinstrument wird es nicht mehr verwendet, nein. Der Himmel in Wien ist viel zu hell, man sieht da nicht mehr so viel...

#### RUDOLPHINA

Es ist wahr, dass in man in der Großstadt wegen der Lichtverschmutzung keine optimalen Bedingungen zum Sternebeobachten vorfindet. Aber es ist möglich - wo solche Plätze zu finden sind, könnt ihr auf einer interaktiven Karte im Rahmen der Sommerserie von Rudolphina, dem Wissenschaftsmagazin der Uni Wien, nachschauen. Der Link ist unten in den Shownotes zu finden.

...Wir verlassen die Kuppel der Sternwarte und gehen wieder hinunter in das Büro von Manuel Güdel. Auch von dort ist der Blick nicht schlecht, inmitten des prächtigen Sternwarteparks lässt sich wohl trefflich spekulieren über die Ursprünge von Zeit und Raum - aber das ist natürlich nicht alles, worüber wir uns unterhalten, selbst wenn wir immer wieder irgendwie zu den unendlichen Weiten zurückkommen, sei es über Soundtracks zum Sternebeobachten oder über Science-Fiction-Filme.

+++++

#### RUDOLPHINA

Also von dem recht altertümlichen Teleskop das wir gerade angeschaut haben in der Sternwarte ist's ja ein doch recht weiter Weg zu professionellen Sternebeobachtungen und des Universums allgemein. Und du bist ja maßgeblich an einem der schönsten, größten besten Spielzeuge sozusagen der Astronomie beteiligt, nämlich das James Webb Weltraumteleskop.

#### GÜDEL

Das James Webb Space Telescope ist der Nachfolger des Hubble Space Teleskops, also eine Nummer größer als das Hubble. Und man hat hier zum ersten Mal die Möglichkeit mit einem riesigen Teleskop im Weltraum im Infrarotgebiet zu beobachten. Und Infrarot ist etwas verschieden von der optischen Astronomie. Also wir sehen da nicht was wir mit den Augen sehen, sondern wir sehen zum Beispiel Wärmestrahlung. Also jedes Objekt im Weltraum sendet Wärmestrahlung aus, hat eine Temperatur.

Und das James Webb Space Telescope hat eben die Möglichkeit, diese Strahlung aufzufangen. Das eröffnet Möglichkeiten, völlig neue Phänomene anzuschauen, zum Beispiel Planetenatmosphären zu untersuchen oder weit entfernte Galaxien. Wir schauen hin, wie diese Objekte entstehen, wie sie sich ändern, was die Zusammensetzung ist, diese zum Beispiel Planetenatmosphären.

Und dieses Teleskop ist wirklich das weitaus größte, das wir zur Verfügung haben in diesem Wellenlängenbereich, im mittleren Infrarot zum Beispiel. Das ist einfach nicht möglich von der Erde her zu beobachten, nämlich wegen der Erdatmosphäre. Die fängt dieses Infrarot, also nicht alles, aber das meiste vom Infrarot auf, so dass wir das am Erdboden nicht sehen. Und deshalb brauchen wir ein Instrument im Erdumlauf, brauchen wir ein Instrument im Weltraum, damit eben die Erdatmosphäre hier nicht stört.

RUDOLPHINA

Das Hubble-Weltraumteleskop ist ein wichtiger Bezugspunkt für alle, und dieses Teleskop ist jetzt ein bisschen weniger bekannt, schätze ich einmal. Kannst du ganz kurz erklären, was der Unterschied ist?

GÜDEL

Also das Hubble-Teleskop beobachtet eben im optischen Gebiet, also im sichtbaren Licht, das wir auch wahrnehmen, und im Ultravioletten, das sind kürzere Wellenlängen, ist aber nicht ausgelegt dafür eben im Infrarot, im mittleren Infrarotgebiet, da wo die Wärmestrahlung herkommt, zu beobachten. Das Hubble-Teleskop wurde berühmt durch die vielen, vielen Beobachtungen und Neuentdeckungen, das war vorher überhaupt nicht möglich, war einiges, was Hubble geliefert hat.

Und das James Webb Teleskop ist jetzt natürlich neu, es beobachtet, es macht Neuentdeckungen am laufenden Band, und ich denke, so in ein paar Jahren wird man vom James Webb Teleskop so reden, wie man vom Hubble-Teleskop spricht.

RUDOLPHINA

Viele Menschen kennen diese berühmten Pferdekopfnebel oder sonstige Bilder, diese spektakulären Nebel...Wenn man jetzt ein Bild vom James Webb Teleskop da drüber legt, wie unterscheidet sich das, was kann man Anderes darauf erkennen?

GÜDEL

Also auf den ersten Blick sind James Webb Bilder ähnlich wie die Bilder im sichtbaren Licht, wie sie Hubble macht. Sieht ähnlich aus, die Strukturen sind auch da, aber wenn man dann genauer hinschaut, ist doch alles ziemlich anders. Also wir sind empfindlich zum Beispiel auf Staub, das sind kleine Materieteilchen im Universum, die Wärmestrahlung abgeben. Man sieht also Staubstrukturen, die im Optischen vielleicht auch sichtbar sind, typischerweise sind sie ja sehr dunkel. Jetzt im Infrarot sehen wir die als Quellen von Licht, von Infrarotlicht. Oder wir sehen auch Strukturen, die aus Molekülen bestehen, also aus Gasen, die im sichtbaren Licht eigentlich nicht da sind, die Strahlen nicht, sind durchsichtig im sichtbaren Licht.

Oder wir sehen sie jetzt im Infrarot, wir sehen sie als Quellen von Infrarotlicht. Also obschon die Bilder ähnlich ausschauen wie Hubble-Bilder, sind sie doch im Inhalt doch einiges anderes, und geben uns jetzt eine ganz andere Mitteilung über die Zusammensetzung der Objekte.

INFORMATION JWST

Das James-Webb-Weltraumteleskop wurde am 25. Dezember 2021 von der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA an Bord einer Ariane-5-Rakete gestartet und befindet sich rund 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt am zweiten Lagrange-Punkt (L2). Entwickelt von NASA, ESA und der Kanadischen Weltraumbehörde CSA, ist es der Nachfolger des Hubble-Weltraumteleskops und bietet bedeutende Fortschritte in der Infrarot-Astronomie.

Das Herzstück des Geräts ist der aus 18 Segmenten bestehende Spiegel mit einem Durchmesser von 6,5 Metern. Damit ist das James Webb-Teleskop das leistungsstärkste und größte Spiegelteleskop im Weltraum. Gemessen wird mit einer

Vielzahl an Instrumenten wie Kameras und Spektrographen. Beides in einem ist das "Mid Infrared Instrument" (MIRI), an dessen Entwicklung auch Manuel Güdel ab 2003 federführend beteiligt war. Die Instrumente erlauben die Analyse von Planetenatmosphären, Sternentstehungsregionen und Galaxienstrukturen.

Der Urknall, also die Initialzündung für das Universum wie wir es heute kennen, fand vor ungefähr 13,8 Milliarden Jahren statt. Das James Webb Teleskop ermöglicht ein besseres Verständnis davon, wie die ersten Sterne und Galaxien in den ersten paar Hundert Millionen Jahren danach entstanden sind und sich entwickelt haben. Weil das Licht dieser frühesten Objekte Milliarden Jahre benötigt, um bis zu uns zu gelangen, ist dieser Blick in die Ferne immer auch eine Reise in die Vergangenheit.

RUDOLPHINA

Das ist ja ein riesengroßes Projekt, wo Tausende Leute daran beteiligt sind international. Und es gibt vier Instrumente, vier maßgebliche Instrumente an Bord. Und an einem warst du stark beteiligt, du hast es mit entwickelt. Kannst du das ein bisschen beschreiben.

GÜDEL

Ja, die vier Instrumente beobachten alle im Infrarotgebiet. Drei davon allerdings im sogenannten nahen Infrarot, das schließt sich direkt am roten Licht an, weil man zu etwas längeren Wellenlängen geht, kommt das Nahinfrarot. Und das Instrument, an dem ich beteiligt bin, schließt dann weiter an zu längeren Wellenlängen, das sogenannte Mittelinfrarot. Und das ist das einzige Instrument, das wir im James Webb Space Teleskop haben. Und dort eben ist gerade diese Wärmestrahlung oder die Strahlung, die von Gasen, von komplexen Gasen, Molekülen abgegeben wird, ist dort besonders wichtig.

Und wir haben im Instrument zwei, es sind mehrere Teilinstrumente, aber zwei Möglichkeiten, zwei Arten zu beobachten. Das eine ist eine Kamera. Wir sehen also im Prinzip eben so etwas wie ein Bild vom Objekt im Infrarotlicht. Und das andere ist, dass wir das Infrarotlicht wie in einem Regenbogen auffächern können. Und diese Regenbogen oder Spektren, wie wir sagen, die geben Aufschluss über die Zusammensetzung von Gasen und über die Temperatur von Gasen und so weiter.

RUDOLPHINA

Dieses Teleskop jetzt seit knapp zwei Jahren sozusagen einsatzbereit, hat eine lange Zeit gedauert, dass es wirklich am Einsatzort war. Und dass es dann auf der richtigen Temperatur war, die Sonnensegel aufgeklappt und so weiter. Und jetzt trudeln schon laufend Ergebnisse ein und es werden wahrscheinlich noch sehr, sehr viele nachkommen. Könntest du ein paar Highlights kurz beschreiben, die es bis jetzt schon gegeben hat an Entdeckungen?

GÜDEL

Ja, das James-Webb-Teleskop beobachtet tatsächlich jeden Tag, also laufend eigentlich. Und es gibt verschiedene Möglichkeiten zu beobachten. Wir kriegen zum Beispiel als Instrumententeam Beobachtungszeit sozusagen gratis. Also wir müssen es natürlich rechtfertigen, aber wir kriegen Beobachtungen als Belohnung für unseren Einsatz. Andere Teams beobachten, nachdem sie Anträge gestellt haben. Das wird evaluiert und ein Teil davon wird dann bewilligt und die kriegen Beobachtungszeit.

Highlights sind überall im Prinzip im Universum aufgetaucht, also bei der Entstehung von Galaxien, die ersten Galaxien im Universum. Wir kriegen jetzt dort wirklich Informationen, wann und wo die allerersten Galaxien entstanden sind. Wie schnell dieser Prozess ging, ging offenbar schneller, als wir gedacht haben. Wir kriegen aber auch sehr schöne Informationen über die Struktur von Galaxien, also wie unsere Milchstraße selber. Man sieht, wo Sterne entstehen, wie die Spiralarme ausschauen.

Dann etwas näher bei uns, protostellare Scheiben. Das sind Orte um Sterne herum, die gerade am Entstehen sind, wo Planeten entstehen. Das kann man jetzt beobachten. Wir finden zum Beispiel neue Planeten, die gerade am Entstehen sind, in diesen Scheiben drin. Und dann natürlich Exoplaneten, ein ganz großes Gebiet. Man ist jetzt gespannt, was James Webb über Exoplaneten herausfindet, zum Beispiel über die Zusammensetzung von Atmosphären.

Ich möchte nur ein Beispiel vielleicht erwähnen. Gase, die man nicht unbedingt erwartet hat, wie Schwefeldioxid, ob schon das natürlich nicht ein seltenes Gas ist. Aber wir sehen Schwefeldioxid in gewissen Planeten, die darauf hindeuten, dass der Stern selber, die Strahlung des Sterns, aktiv in die Atmosphäre eingreift und zum Beispiel die Ultraviolettstrahlung chemischer Prozesse bewirkt, die Schwefeldioxid produzieren.

RUDOLPHINA

Wir gehen gleich noch etwas näher auf die Exoplaneten und auch die Bedingungen für Leben und so weiter ein. Ich wollte nur noch fragen oder einhaken, du hast gemeint, man kann weiter zurück schauen oder die frühesten Galaxien beobachten oder Rückschlüsse drauf ziehen. Was ist denn neu an diesen Entdeckungen?

GÜDEL

Man hat eigentlich bisher gemeint, dass Galaxien eine relativ lange Zeit brauchen, um zu entstehen und sich aufzubauen, also mehrere hundert Millionen Jahre. Und wir sehen jetzt, indem wir sozusagen in der Zeit zurückschauen mit dem James Webb Space Teleskop und ganz weit hinausschauen, sehen wir Galaxien, die schon sehr, sehr früh relativ groß sind. Also wahrscheinlich nach 100, vielleicht 200 Millionen Jahren, das sind riesige Zeiträume, aber für uns ist das nicht sehr lang, bereits entstanden sind bzw. wachsen und in relativ großer Zahl.

RUDOLPHINA

Und wir sehen diese Galaxien in dem Zustand, wie sie vor vielen, vielen Milliarden Jahren waren. Also mittlerweile schauen die ja völlig anders aus, oder?

GÜDEL

Das ist richtig, wir schauen natürlich mit dem James Webb Telescope tatsächlich in der Zeit zurück. Das Licht braucht sehr lange, bis es bei uns ist. Diese Galaxien sind sozusagen weit entfernt räumlich, aber sie sind auch weit entfernt in der Zeit. Also wir gehen da 13 Milliarden Jahre und mehr zurück in der Zeit, als das Universum selber sehr jung war. Und wir beobachten diese Galaxien, wie sie damals entstanden sind. Die sind heute natürlich nicht mehr so, die sehen anders aus. Wenn wir wissen wollen, wie Galaxien jetzt ausschauen, dann schauen wir in der näheren Umgebung, dann sehen wir den Jetzt-Zustand sozusagen.

RUDOLPHINA

Und was auch entdeckt wurde jetzt schon, ist ja so ein kleines Sonnensystem oder Trappist 1 mit einer Reihe von erdähnlichen Planeten. Das Sonnensystem, wie ich verstehe, ist ja viel, viel kleiner als unseres, aber trotzdem irgendwie auch vergleichbar und aus manchen Gründen interessant.

GÜDEL

Das Trappist 1-System hat damals wirklich große Wellen geworfen, als es entdeckt wurde von einigen Jahren. Und eben weil die Planeten alle etwa die Größe der Erde haben. Und das ganz besondere bei diesem System ist, dass einige Planeten in der richtigen Distanz vom Stern ihre Bahn ziehen, so wie die Erde um die Sonne. Man könnte also erwarten, dass dort angenehmes Klima herrscht, wenn eine Atmosphäre dort ist. Man redet auch von der sogenannten habitablen Zone, das heißt, der Abstand vom Stern, wo Leben im Prinzip möglich wäre, wo es flüssiges Wasser geben könnte.

Und natürlich schaut man jetzt besonders gut hin bei diesen Planeten, um Atmosphären zu finden und dann auch zu spekulieren, ob da im Prinzip Leben möglich wäre. Trappist ist etwas anders als das Sonnensystem. Der Stern ist nämlich ein sehr kleiner Stern, etwa zehnmal kleiner in der Masse, aber auch im Durchmesser sehr klein. Die Planeten sind auch sehr viel näher beim Stern als bei uns im Sonnensystem, die inneren Planeten, die gesteinsähnlichen Planeten. Und diese Andersartigkeit vom Stern führt dazu, dass die ganze Abfolge in der Zeit völlig anders verläuft. Wir sind selber daran, das zu modellieren. Wir wissen, dass der Stern sich sehr langsam entwickelt. Und in der Frühzeit eines Sternlebens ist ein Stern sehr aktiv, wie wir sagen.

Er sendet sehr viel Ultraviolettstrahlung aus, sehr viel Röntgenstrahlung, sehr viel mehr als die Sonne gegenwärtig. Und dieser Zustand dauert sehr lange an, bis zu mehreren Milliarden Jahren. Das Trappist-System ist etwa sieben Milliarden Jahre alt und dieser Stern ist immer noch sehr aktiv, im ultravioletten Röntgengebiet. Und diese Strahlung hat leider zur Folge, dass Atmosphären sozusagen verdampfen in den Weltraum hinaus, weil die Strahlung die obere Atmosphäre erhitzt.

Und wenn die Atmosphäre zu heiß wird, dann dampft sie ab in den Weltraum. Das kann dazu führen, dass die ganzen Atmosphären sozusagen vernichtet werden, im Weltraum abströmen und nichts mehr da ist. Und leider ist es so, dass bisher noch keine Atmosphäre auf diesem Planeten gefunden wurde. Man hat mit James Webb hingeschaut, aber bisher sind die Resultate negativ. Man hat noch keine gefunden. Wir haben das selber modelliert und kommen genau zum Schluss, dass eine Atmosphäre eigentlich nicht überlebensfähig ist auf diesem Planeten.

RUDOLPHINA

Es gibt ja, nach Stand jetzt ungefähr mehr als 6.900 Exoplaneten, je nach auch Definition, und das hat dich ja auch zum Teil nach Wien gebracht, wie ich's verstehe. Du hast auch gemeint vorher einmal, dass das vielleicht das größte astronomische Thema gerade auch in Österreich ist. Und jetzt würde uns natürlich interessieren, was muss denn alles zusammenpassen bei so einem Exoplaneten, das heißt ein Planet der außerhalb unseres Sonnensystems irgendwo ist, dass dort vielleicht auch Bedingungen für Leben sind.

## GÜDEL

Das ist eine der ganz großen Fragen herauszufinden, was eigentlich es möglich macht. Wir sehen hier auf der Erde natürlich, was bei uns wichtig ist. Wir haben eine Atmosphäre, wir müssen eine Atmosphäre haben. Wenn wir flüssiges Wasser wollen, Leben, so wie wir es kennen, braucht flüssiges Wasser. Also Eis geht nicht, Wasserdampf geht nicht. Und zwar einfach darum, weil die Chemie sich im Wasser, im flüssigen Wasser, in einem Lösungsmittel, um genau zu sein, abspielt.

Und Wasser ist ideal. So funktioniert es hier auf der Erde. Das Klima muss eine gewisse Temperatur haben, nicht zu heiß, nicht zu kühl, sonst funktionieren eben die chemischen Vorgänge auch nicht. Und das ist aber nicht alles. Ich meine, es gibt dann viel weitere Faktoren. Zum Beispiel der Stern muss sich benehmen in einer Art, dass die Atmosphäre nicht sehr verändert wird, dass die Atmosphäre nicht zerstört wird. Die chemische Zusammensetzung muss stimmen. Wir müssen Gase haben, die einigermaßen lebensfreundlich sind, wie zum Beispiel auf der Erde Stickstoff, das an sich nicht viel tut. Kohlendioxid, interessanterweise ist ein durchaus gutes Gas für Leben. Sauerstoff ist nicht so einfach. Das ist ein schwieriges Gas, aber bei uns jetzt erfolgreich für Leben. Und andere Gase, da funktioniert es halt nicht. Also die ganze Geologie eines Planeten spielt ebenfalls eine Rolle. Man muss wissen, was zum Beispiel über Vulkane ausgegeben wird.

Dann ist die Umgebung des Planeten selber wichtig. Zum Beispiel ob man eine Magnetosphäre hat um einen Planeten herum. Das ist auch ein bisschen umstritten. Nützt die Magnetosphäre, also das Magnetfeld um die Erde, oder nützt es nicht? In gewissen Fällen schützt es uns vor kosmischer Strahlung.

Es gibt weitere Einflüsse, zum Beispiel wo sind die anderen Planeten im System? Also die möchte die Erdbahn relativ ungestört haben. Das ist bei uns durchaus der Fall. Die Erdbahn ist stabil, aber in anderen Systemen könnte es passieren, dass die Erdbahn sehr elliptisch wird durch die Störung von anderen Planeten. Und dann ändert das Klima im Laufe eines Jahres enorm. Also komplett heiß. Und dann friert die Erde sozusagen ein halbes Jahr ein. Das geht auch nicht. Also es sind sehr, sehr viele Bedingungen, die stimmen müssen.

## RUDOLPHINA

Also die Bedingungen sind ja eine Sache. Jetzt ist die andere Frage noch, welche Biosignaturen gibt es denn, die Rückschlüsse zulassen, ob irgendwo auf einem Planeten oder auf einem Mond jetzt vielleicht schon Leben ist? Welche Kandidaten gibt es denn da? Du sagst, da schaut es sehr gut aus.

## GÜDEL

Man sucht in der Regel nach Gaskombinationen. Nicht einzelne Gase, sondern Kombinationen von Gasen, die hindeuten auf vielleicht Leben. Also zum Beispiel eine bekannte Kombination ist Methan und Sauerstoff. Methan und Sauerstoff vertragen sich nicht. Die reagieren miteinander und sowohl Sauerstoff wie Methan werden dann in chemischen Reaktionen verbraucht. Finde man aber Methan und Sauerstoff zusammen, dann weiß man, dass irgendetwas diese Gase nachliefern muss. Das könnten theoretisch Vulkane sein, ist beim Sauerstoff eher nicht so der Fall. Aber Leben macht genau das. Also auf der Erde zum Beispiel wird ein Teil des Methans von Leben produziert und natürlich Sauerstoff von Pflanzen. Also da hätten wir ein Beispiel.

Nun Sauerstoff allein wird auch immer wieder ins Spiel gebracht, ist aber eigentlich nicht eine Biosignatur. Also wir können nicht sehr viel lernen, wenn wir Sauerstoff finden. Sauerstoff war in der Erdgeschichte, wenn man die Hälfte der Erdgeschichte zurückgeht, vor zweieinhalb Milliarden Jahren, war das Sauerstoff eigentlich ein Giftgas. Das Leben damals konnte damit überhaupt nicht umgehen, wurde aber von einzelnen Lebensformen entwickelt. Und das hat zu einem ziemlichen Umsturz sozusagen in der Evolution geführt. Jetzt ist Sauerstoff eine Energiequelle. Damals war es eigentlich ein Gift für viele Lebewesen.

RUDOLPHINA

Als Wissenschaftler bist du natürlich nicht für Spekulationen zu haben, aber wenn du jetzt eine Wette abschließen müsstest, welcher Himmelskörper Leben schon jetzt hat oder was darauf hindeutet, worauf würdest du denn setzen?

GÜDEL

Bei den Exoplaneten suchen wir natürlich danach. Also wir haben noch keine Exoplaneten mit guten Biosignaturen gefunden. Das könnte irgendwo in den nächsten zehn Jahren möglich sein mit dem James Webb Teleskop. Was wir auch beachten müssen, ist wie gesagt der Stern. Also ich tippe eher auf Sterne, nicht diese kleinen Sterne wie Trappist, die eben sehr schwierig sind, sondern ich würde tippen auf Sterne, die ähnlich wie die Sonne sind. Wir haben den Erfolg schon einmal, wir wissen, dass Leben entsteht um oder entstanden war damals um die Sonne.

Die Sonne ist ein relativ ruhiger Stern, also die Bedingungen sind ideal um solche Sterne herum. Mehr kann man im Moment noch nicht sagen. Wir wissen natürlich auch nicht, was Leben ist. Wie Leben entstehen könnte, was es für andere Lebensformen gibt.

RUDOLPHINA

Das heißt es könnte eine komplett andere Chemie auch zugrunde liegen. Wir gehen immer von unseren Annahmen aus, wie die es kennen. Das könnte ja auch ganz was anderem basieren, auf anderen Elementen undsoweiter...

GÜDEL

Genau, also wir haben - auf der Erde sind wir angewiesen auf Kohlenstoff. Kohlenstoff ist ein häufiges Element. Viele Verbindungen basieren auf Kohlenstoff, die wir fürs Leben brauchen. Es gibt aber auch Spekulationen, dass man durchaus andere Chemie für lebensähnliche Formen verwenden könnte. Und das ist zum Beispiel im Sonnensystem gibt es einen Mond um Saturn herum, das ist der Titan. Dann eine relativ dichte Atmosphäre und diese Atmosphäre besteht aus Stickstoff und als Methan überwiegend. Das sind Gase, Stickstoff haben wir auch, aber Methan ist auf der Erde nicht sehr häufig. Dort ist es allerdings ein sehr wichtiges Molekül, das aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht.

Und es wurde vor einigen Jahren spekuliert, ob vielleicht irgendeine Chemie ablaufen könnte auf Titan, die auch so etwas wie Zellen oder große Moleküle produzieren könnte. Und das ist tatsächlich ... in ersten Rechnungen gibt es Hinweise, dass das möglich ist. Zum Beispiel, wenn wir eine lebende Zelle bilden wollen, müssen wir Membrane haben. Also die Zelle ist eine abgeschlossene, sozusagen kugelförmige ungefähr, eine abgeschlossene Einheit. Und wir müssen eine Membrane haben um die Zelle herum, in der sich dann die ganze Chemie

abspielt. Und das hat man simuliert chemisch und gefunden, dass in flüssigem Methan, statt Wasser, auf Titan gibt es flüssige Methanseen, und das im flüssigen Methan tatsächlich eine Möglichkeit gibt, Zellmembrane zu bilden aus stickstoffhaltigen Molekülen. Das ist ganz anders als auf der Erde. Da haben wir andere Moleküle, die Zellmembrane machen.

RUDOLPHINA

Aber es gibt in unserem Sonnensystem auch noch einen Kandidaten, wo man Leben durchaus vermuten könnte, und da spielt ein Ozean eine Rolle.

GÜDEL

Ja, das ist ein anderer Mond. Es gibt beziehungsweise zwei, mindestens, vielleicht sogar drei Monde bei Jupiter und bei Saturn, die haben unterirdische Ozeane. Man ist sehr sicher, dass diese Ozeane existieren und es sind Wasserozeane. Man weiß sogar, dass mindestens einer dieser Ozeane salzhaltig ist.

RUDOLPHINA

Das ist Europa, oder?

GÜDEL

Genau, das ist der Jupitermond Europa. Und man hat auch nachgewiesen vor kürzerer Zeit, dass auch Kohlenstoff in diesem Ozean vorhanden sein muss, nämlich durch Ablagerungen an der Oberfläche, die offenbar von so einer Art Geysiren ausgestoßen wurden, wo man Kohlendioxid sieht. Und da ist natürlich Kohlenstoff drin.

RUDOLPHINA

Ja, es ist noch viel Spannendes zu erwarten von dem James Webb Teleskop. Das ist jetzt einmal, ich glaube, vor zehn Jahren, so berechnet, die Lebensdauer. Was würdest du denn sagen, kann man sich denn noch erwarten, in der nächsten Zeit, oder in dieser Lebensdauer?

GÜDEL

Ich denke, wir haben erst gerade angefangen mit dem James Webb Teleskop. Man kratzt ein bisschen an der Oberfläche, man schaut überall mal hin, was gibt es, was fehlt. Und was jetzt kommt, ist die systematische Untersuchung vieler dieser Phänomene. Also zum Beispiel, was Exoplaneten - um beim Thema zu bleiben - betrifft, wir brauchen mehr Beobachtungen. Wir werden systematisch hinschauen, was sind die Klassen von Planeten, was gibt es an Variationen. Wir suchen natürlich nach Atmosphären bei Exoplaneten, die werden sicher mal gefunden, also bei den kleinen Planeten, bei großen gibt es Atmosphären. Aber bei erdähnlichen Planeten müssen wir sie noch suchen. Wir wollen dann wissen, was die Systematik der Zusammensetzung ist, woraus bestehen die Atmosphären und so weiter.

Ich glaube, die nächsten Jahre mit dem James Webb Teleskop werden sehr stark verwendet dazu, dass man größere Gruppen von Objekten anschaut und Systematik zu suchen beginnt. Es gibt sehr viele offene Fragen, eben die chemische Zusammensetzung von Planeten. Und das gleiche gilt auch für andere Objekte. Ich meine, das frühe Universum, also man hat da erst gerade mal angefangen, es braucht größere Beobachtungs-Serien, um mehrere Objekte anzuschauen und tiefer und weiter zurück noch zu gehen, bis man vielleicht wirklich die allerersten Galaxien im Bildungsstadium sieht.

RUDOLPHINA

Es gibt ja im Universum noch viele, viele große Fragen und Rätsel, die die Physik beschäftigen, Astrophysik beschäftigen und die auch sehr grundlegend sind, wenn man da drauf kommt. Schwarze Löcher, Multiversen, dunkle Materie, dunkle Energie. Gibt es da eines dieser Themen, das dich persönlich jetzt auch besonders fasziniert oder wo du wirklich drauf brennen würdest, wo es Antworten geben sollte?

GÜDEL

Ja, also eines der ganz seltsamen Themen im Universum, für mich jedenfalls, ist, dass überhaupt alles funktioniert. Ich meine, wir beschreiben die Natur mit Mathematik, wir haben viele Gleichungen gefunden und man beschreibt die und das funktioniert alles. Das ist aber nicht selbstverständlich. Zum Beispiel die Kräfte, die wir haben im Universum, wie die Schwerkraft oder die elektrische Anziehung oder Abstoßung von geladenen Teilchen, die haben alle ihre bestimmte Stärke. Und die Verhältnisse dieser Stärken, der fundamentalen Kräfte, die sind irgendwie, wenn man das genau untersucht, anscheinend ganz fein justiert.

Wenn die ein bisschen anders wären, dann hätten wir keine Atome oder wir hätten kein Universum. Das Universum würde expandieren sehr schnell, Sterne würden nicht entstehen, Leben wäre nicht da, wir wären nicht da. Oder wenn sie ein bisschen zu klein sind, irgendein Verhältnis zu klein ist, dann kollabiert das Universum wieder.

Oder eine ganz seltsame Geschichte sind die Dimensionen, und zwar meine ich jetzt die geometrischen Dimensionen. Wir sind in einem dreidimensionalen Raum, jeder Gegenstand hat eine Breite, eine Länge und eine Höhe. Das sind die drei Abmessungen eines Körpers und das ganze Universum ist dreidimensional.

Und seltsamerweise, wenn man das untersucht mathematisch, findet man heraus, dass nur in einem dreidimensionalen Weltall überhaupt es möglich ist, dass Planeten ihre Bahn ziehen. Die Planetenbahnen wären nicht stabil in einem vierdimensionalen Universum. In einem zweidimensionalen geht anderes nicht, hat man zu wenig Freiheit einen Körper aufzubauen, da kreuzt sich alles auf einer Ebene.

RUDOLPHINA

Und da haben wir noch gar nicht von Raumzeit, Wurmlöchern und Zeitreisen gesprochen, aber das wäre eine separate Folge, fürchte ich. Zu diesem offiziellen Teil würde ich gerne eine abschließende Frage stellen, wohin bewegt sich die Astronomie deiner Meinung nach insgesamt gerade und womit wird man sich in den nächsten 20, 30 Jahren beschäftigen?

Die Astronomie ist sehr vielfältig und bewegt sich natürlich in viele Richtungen, aber was ich sehe in den letzten 10, 20, 30 Jahren und sicher der Trend in der Astronomie ist die Erklärung der Ursprünge von Objekten. Also wir wollen eigentlich verstehen, woher und wie die Galaxien entstanden sind, woher sie kommen, wie sie entstanden sind, die ganz ersten Anfänge.

Wir wollen dasselbe verstehen bei Sternen, wie entsteht ein Stern? Das ist ein relativ komplexer Vorgang, der einige Millionen Jahre in Anspruch nimmt. Wir kommen der Sache näher und näher, es gibt viele offene Fragen, dasselbe natürlich bei Planeten, wie entsteht ein Planet genau? Das ist nicht alles so klar, es gibt Spekulationen zum Teil und jetzt kommen

auch die Beobachtungen und helfen uns natürlich diese Ursprünge zu verstehen. Dasselbe gilt natürlich auch für die Ursprünge des Lebens. Also die Frage nach den Ursprüngen und unserer Herkunft, wird die Astronomie in den nächsten Jahrzehnten mit Sicherheit dominieren?

+++++

RUDOLPHINA

Den letzten Teil verwenden wir dazu, ein wenig über dich zu erfahren. Also was war denn dein persönlicher Urknall für die Astronomie oder die Forschung überhaupt?

GÜDEL

Ja, also das hat alles mal ein bisschen zufällig tatsächlich angefangen. Ich meine, ich war damals gerade am Anfang meiner Schulzeit mit sieben Jahren, da waren damals die Mondlandungen, das war 1969. Und ich fand das sehr interessant, also meine Familie hat das ein bisschen mitverfolgt, mein Vater zum Beispiel, auch mein Bruder - ist drei Jahre älter, haben da Zeitungen angeschaut und ich war fasziniert, ich wusste damals nicht viel, was das Ganze soll, habe das mitverfolgt, Bilder gesammelt.

Und das war eigentlich so mein Anfang für das Interesse an Weltraum, ich habe mich gewundert, was da alles ist, was da draußen noch so seine Kreise zieht, Sterne, was ist ein Stern, woher kommt das alles, und damals hat das eigentlich wirklich angefangen. Und ich bin wirklich froh, dass man so eine Initialzündung hatte irgendwann und ja, seitdem bin ich sehr motiviert, Forschung wirklich zu machen und das Universum zu untersuchen.

RUDOLPHINA

Jetzt bist du schon sehr lange im Feld und als Laier weiß man wirklich nicht genau, was ein Astronom so den ganzen Tag macht oder wie das tatsächlich aussieht und es gibt vielleicht auch viele Mythen und Missverständnisse - darum, möchtest du gerne irgendetwas davon geraderücken?

GÜDEL

Also was nicht mehr so häufig vorkommt ist die Reise zum Teleskop. Es gibt es schon, es gibt Kolleginnen und Kollegen, die natürlich zu Teleskopen reisen, um ihre Aufnahmen oder ihre Beobachtungen zu machen. Es ist nicht mehr so üblich, zum Beispiel ich selber, wenn ich beobachte, beobachte ich mit Satellitenteleskopen, zum Beispiel mit James Webb Teleskop oder Röntgen-Teleskopen, da kann man nicht hin natürlich, da muss man nicht reisen. Man wartet zu Hause bis die Beobachtungen gemacht sind, da kriegt man die Daten und dann wird man halt zum Schreibtischtäter, also Computerschreibtisch und das ist eher mein Ablauf, ein Tagesablauf, dass ich wirklich hinter dem Computer Daten anschau oder Modelle rechne oder Modelle entwickle.

Und das geht auch meinen Leuten, meiner Gruppe so, das ist der Alltag und das ist sehr spannend. Also da fehlt nichts, die Arbeit selber ist auch sehr spannend.

RUDOLPHINA

Gibt es für deine Laufbahn jetzt einen Schlüsselmoment, als jetzt nicht in der Kindheit mit der Mondlandung sondern wirklich wo du dich schon mit Astronomie beschäftigt hast, gibt es da jetzt so einen Moment, der vielleicht entscheidend war für dich?

GÜDEL

Es gibt eigentlich viele Momente, die entscheidend sind, auch mal weil es zufällig sind. Also ich habe nie lange geplant im Voraus, man weiß nicht so richtig, wo man dann irgendwo endet. Ich habe verschiedene Themen bearbeitet, zuerst war ich in der Sonnenphysik, ging dazu Sternen und da gibt es mal auch zufällige Begegnungen. Einmal bin ich an einer Konferenz einem Kollegen begegnet, völlig zufällig und ich kannte ihn überhaupt nicht damals. Ich habe aber zufällig gesehen, dass der Kollege an einem Stern arbeitet, an dem ich gerade auch dran war. Ich habe eine Publikation bearbeitet, ich wollte die dann einreichen.

Und der Kollege auch, habe ich dann rausgefunden, zufällig in einem Konferenzraum und da stellte sich heraus, dass wir am genau gleichen Stern forschten, den niemand sonst eigentlich überhaupt ins Visier genommen hat, der war völlig unbekannt. Und das war ein Stern, das eine Art junge Sonne darstellt, so wie die Sonne halt mal war wahrscheinlich, als die Erde gerade mal im Stadium der Entstehung war und vielleicht auch die ersten Ozeane entstanden auf der Erde.

Und deshalb war dieser Stern so interessant und ist es weiterhin. Und wir haben dann uns sofort gefunden, wir haben zusammen zu arbeiten begonnen. Und damals kam auch das Thema auf dieser Stern, erzählt uns vielleicht etwas über die junge Erde, also die frühe Erde am Anfangsstadium. Und damals kam ich in Kontakt mit Exoplaneten, indirekt. Es war noch kein einziger Exoplanet entdeckt zu dieser Zeit, aber das hat dann angehalten und ich bin heute genau an diesem Thema weiterhin interessiert.

RUDOLPHINA

Wozu eigentlich jetzt die astronomische Forschung, es werden astronomische Summen für Raumfahrtmissionen und für Erkundungen ausgegeben und wie ein oft gehörtes Argument ist, das ist der Geldverschwendung, wir haben es hier auf der Erde ja nötiger als Geld, was entgegnest du denn darauf?

GÜDEL

Die Frage kommt tatsächlich sehr oft, es ist ein Dauerbrenner und es ist an sich nicht so schwierig zu beantworten. Ich meine, schauen wir mal, was die Astrophysik uns gebracht hat in der Vergangenheit. Die Astrophysik erzählt uns über Kultur und die Welt und zum Beispiel unsere als selbstverständlich genommenen Einsicht, dass die Sonne irgendwo im Zentrum des Sonnensystems steht, dass die Erde drum herum kreist, dass das Universum riesengroß ist, die kommt daher, dass wir Forschung machen.

Das hat unser Weltbild komplett geändert. Und ich glaube, die wichtigste Erkenntnis, die leider noch nicht durchgesickert ist überall, ist, dass wir nicht das Zentrum und nicht die Wichtigsten sind. Wir relativieren eigentlich auch unseren Standort. Wir sind in einem kleinen Ort der Welt, wir sollten Sorge tragen dazu. Und wir sind nicht die Spitze der Evolution und des Weltalls, sondern relativ bescheidene Existenzen. Und ich glaube, diese kulturelle Einsicht ist sehr wichtig und die hat die Forschung immer gebracht, über

Jahrhunderte, und es geht auch weiter. Ich glaube, die Forschung zeigt uns, wo wir eigentlich stehen und wer wir sind.

Das Zweite ist natürlich auch die Technologie, nicht? Forschung bedingt Technologie. Forschung macht Technologie möglich. Wir leben in einer Welt der Technologie, die ist ohne Forschung überhaupt nicht möglich. Das geht Hand in Hand. Viele Produkte, die wir benutzen, kommen aus der Forschung und wurden durch Forschung möglich gemacht. Was die finanziellen Bedingungen betrifft, ja, ich weiß, es wird immer wieder behauptet, Forschung ist sehr unglaublich teuer.

Auf den ersten Blick scheint das so zu sein, aber ich möchte vielleicht mal ein paar Zahlen in Relation setzen. Das James Webb Teleskop hat etwa 10 Milliarden US-Dollar gekostet. Das war viel mehr als vorgesehen. Man hat es wirklich billiger machen wollen. Aber trotzdem, bleiben wir mal mit den 10 Milliarden Dollar. Ich meine, das Gesamtbudget der NASA ist größer pro Jahr, 25 Milliarden Dollar.

Aber jetzt setzen wir das mal ein bisschen in Relation, wozu sind diese 25 Milliarden Dollar pro Jahr gut. Zum Beispiel werden sie eingesetzt für Technologieentwicklung, nicht für Astronomie. Sie werden eingesetzt, um die Erde zu beobachten um zum Beispiel Brände im Regenwald zu entdecken oder das Klima zu verfolgen und zu sagen, wie schlimm es mit dem Klima steht, mit der Umweltverschmutzung und so weiter. Erdbeobachtung ist ein ganz großer Posten in diesem Budget.

Es gibt andere wichtige Zusammenhänge. Wir müssen auch berücksichtigen, dass das James Webb Teleskop 20 Jahre Entwicklungszeit in Anspruch genommen hat. Also diese 10 Milliarden verteilen sich auf 20 Jahre. Das ganze amerikanische Budget, um mal bei den USA zu bleiben, ist nicht im 10 Milliarden Bereich, sondern im 5 Billionen US-Dollar-Bereich. Das ist eine wahnsinnig viel größere Zahl. Das sind im Prinzip 10.000 Mal mehr, als das James Webb pro Jahr gekostet hat für die Entwicklung.

RUDOLPHINA

Was ist denn dein persönlicher Soundtrack zum Sternenschauen? Also ich gebe dir Optionen, wo man das auch anfühlen kann. Major Tom, völlig losgelöst oder lieber das Original Space Oddity oder auch was anderes?

GÜDEL

Major Tom.

RUDOLPHINA

Major Tom, cool. Und du hast mir aber auch noch eine andere musikalische Referenz genannt, die interessant ist.

GÜDEL

Ja also ich befasse mich gerne mit Minimal Music. Das ist eine Stilrichtung seit den 60er Jahren und eigentlich bis heute. Eine sehr spannende Art Musik, also sehr repetitiv. Und ich höre sehr viel Minimal Music, also zum Beispiel John Adams ist mein Lieblingskomponist. Schreibt auch Opern in diesem Stil oder hat geschrieben, ist ein bisschen in andere Richtungen jetzt gegangen. Und das ist Musik, die sehr repetitiv ist, mit ganz kleinen

Elementen arbeitet und so ein bisschen nach Mathematik klingt. Also da werden kleine Passagen ständig wiederholt, langsam abgeändert. Und es gibt so einen Klang, der durchaus sehr spannend zu verfolgen ist.

RUDOLPHINA

Wir kommen vom Hören zum Sehen, nämlich Wissenschaft und Fiktion kommen ja in der Science Fiction zusammen. Darum gleich die Entscheidungsfrage zu Beginn: Star Wars oder Spaceballs?

GÜDEL

Star Wars.

RUDOLPHINA

Star Wars, auch gut. Okay, aber ernsthaft, was fällt dir denn da besonders im Science Fiction Bereich? Bist du eher in der Hard-SciFi unterwegs oder auch im Fantasy-Bereich?

GÜDEL

Also ich lese eigentlich Science Fiction nicht allzu sehr. Sehr selten. Was mich interessiert sind Filme zu Science Fiction. Da gibt es sehr schöne, es gibt leider auch sehr viel Leerlauf, also Filme, die wirklich nicht gut gemacht sind, gerade im Science Fiction Bereich. Es gibt einige ganz hübsche, die ich durchaus immer wieder mal anschau. Also zum Beispiel der Marsianer, den finde ich sehr gut. Und zwar einfach deshalb, weil er ein bisschen Realität zeigt. Also so könnte es ja sein in zehn Jahren.

Dagegen andere Serien wie Star Trek finde ich auch sehr interessant und zwar nicht wegen der Astronomie, das ist alles sehr unrealistisch, aber weil es Charakterdarstellungen sind. Es geht auch mehr ums Soziale, ums Kulturelle, um die Charaktere, die miteinander spielen, also alles sehr spannend.

Ein ganz besonderer Tipp, den ich sicher gerne gebe, aber der sehr anspruchsvoll ist, ist ein ganz komplizierter Film: Primer. Wurde 2004 geschrieben oder gefilmt. Bei Primer geht es um Physik und zwar um sehr komplexe Physik, im Prinzip auch eine Art Zeitreisen. Der Film ist sehr realistisch aufgebaut, ist sehr spannend, extrem kompliziert, man muss ihn mehrfach schauen. Und zeigt Physik, Zeitreisen auf eine Art, was passiert, wenn man in der Zeit zurückkehrt und dann sich selbst nochmal sieht und mit sich selbst zu kommunizieren beginnt. Also ein sehr spannender Film, ist ein Low Budget Film, es wurden gerade mal 7.000 US-Dollar verwendet, um diesen Film zu drehen. Und es ist wirklich Kult.

RUDOLFINA

Abseits der Astronomie, was sind denn deine irdischen Beschäftigungen denen du gern nachgehst?

GÜDEL

Ab und zu müssen wir auch was anderes tun. Also ein Hobby von mir, wenn ich mal Zeit habe, lese ich, und wenn ich lese, dann lese ich sehr gerne über römische Geschichte. Also mich interessiert vor allem die Periode, so etwa 60 bis 27 vor unserer Zeitrechnung, das ist nur gerade eine bis zwei Generationen. Aber ich finde das ganz besonders spannend, was damals passierte, also Namen wie Caesar, Cicero, Augustus oder Octavian zuerst, also ihm

wurde auch Augustus, und andere, die die Welt damals, die bekannte Welt in Europa beherrschten und änderten, zum Teil manipulierten.

Und es ist eine sehr interessante Zeit, was mich besonders fasziniert ist, was daraus geworden ist. Irgendwie erinnert mich das ein bisschen an die Gegenwart, also das 20. Jahrhundert und die Zeit jetzt, wo ja auch sehr unklare Umwälzungen stattfinden oder stattgefunden haben, und man sich fragt, was wird daraus? Sind wir erfolgreich, werden wir das in eine Zukunft bringen, die anders ist vielleicht und die besteht? Und das war damals eigentlich auch die Frage.

Und es ist natürlich wirklich auch etwas daraus geworden. Ich meine, es ging weiter, die ganze Politik im Römischen Reich hat sich geändert, es kam eine ganz neue Zeit. Und man lernt aus der Geschichte sehr viel.

RUDOLPHINA

Und du hast auch noch ein recht kurioses Hobby genannt, nämlich Pflanzenzüchter?

GÜDEL

Ja, ich befasse mich mit Insektivoren, also Fleisch fressende, also Insekten fressende Pflanzen, die sind ganz spannend und ich habe sehr viele zu Hause, die ich aufziehe. Es ist nicht sehr schwierig, die meisten sind ganz einfach.

RUDOLPHINA

Die musst du dann immer füttern?

GÜDEL

Nein, ich muss sie nicht füttern, die sind selbstständig. Also die fangen ihre Insekten selber. Das ist ganz einfach.

RUDOLPHINA

Du hast ein gelsenfreies Zuhause?

GÜDEL

Also Gelsen gibt es, es gibt Bienen, Wespen, aber Bienen wollen wir natürlich nicht drin haben, aber Wespen und Fliegen zum Beispiel werden da sehr stark angezogen. Ich helfe nicht nach, also das ist halt, wie die Natur funktioniert. Und es sind schöne Pflanzen.

RUDOLPHINA

Ganz schön, das heißt, es gibt auch ein Leben Abseits der Astronomie. Und zum Dank für dieses heutige Gespräch, als spezielle Serviceleistung, habe ich dir dein heutiges Horoskop herausgesucht. Du bist im Sternzeichen "Stier" geboren und das sagt: Bist du schon am Morgen sauer, weil du dir zu viel aufgeladen hast? Verantwortung kann ganz schön drücken. Nimm dir trotzdem Zeit für dich zu sorgen, je besser es dir geht, desto leistungsfähiger bist du! Das ist doch eine unschätzbare Weisheit?

GÜDEL (lacht)

Das ist schön. Wunderbar, ich glaube das stimmt alles.

RUDOLPHINA

Also ist es doch nicht weit zur Astrologie, oder?

GÜDEL (lacht)

Nein.

RUDOLPHINA

Vielen herzlichen Dank für das Gespräch.

GÜDEL

Danke auch, vielen Dank.

RUDOLPHINA

Fest versprochen, mit Horoskopen und dergleichen werden wir euch in Zukunft verschonen. Im Gegensatz dazu lügen die Sterne der Astronomie nicht. Wie schon zu Beginn angedeutet könnt ihr euch auf der Webseite von Rudolphina, dem Wissenschaftsmagazin der Uni Wien, ein paar Tipps zum Sternebeobachten in Wien holen - der Link ist in den Shownotes zu finden, wie auch zu unserer Sommerserie mit wunderbaren Anregungen für alle Sinne. Wir würden uns sehr freuen, wenn ihr unseren Podcast weiterempfiehlt, liked und uns folgt auf dem Podcast-Portal der Wahl.

Ansonsten wünsche ich einen glasklaren Himmel, fantastisch leuchtende Himmelskörper und möge die Nacht mit euch sein - auf Wiederhören, bei An der Quelle.