ein Grund ist, warum viele die Exoplaneten so spannend finden.

Angesichts der Trilliarden von Sternen muss es ziemlich viele Exoplaneten geben. Denn wir wissen, dass im Durchschnitt alle Sterne in der Milchstraße Planeten haben – auch wenn wir sie nicht einzeln beobachten können. Bislang wurden etwas mehr als 6.000 Exoplaneten entdeckt. Manche durch ein Weltraumteleskop, das sie oft nur als einen verschwommenen Klecks offenbart. Die meisten sogar nur indirekt, etwa durch Helligkeitsschwankungen einzelner Sterne, aus denen sich die Existenz sie umkreisender Planeten ableiten lässt. Wir sind also ziemlich weit davon entfernt, zu wissen, wie es auf Gliese 1214 b, K2-18 b und all den anderen Exoplaneten aussieht.

## DUNKLE MATERIE

Woher wissen Astronominnen und Astronomen eigentlich all das über den Weltraum, seine Ausmaße, seine Objekte, sein Alter? Tatsächlich durch ständige Beobachtung mit immer besseren Hilfsmitteln. Neben dem sichtbaren Licht können auch Röntgenstrahlung, Radiowellen, Gravitationswellen und einiges mehr aus dem All gemessen werden. Kombiniert mit dem Wissensstand der Physik ergeben sich Theorien und Modelle, wie alles zusammenhängen könnte.

Manchmal passen Beobachtungen nicht ins Modell. Man ahnt: Wir kennen und verstehen nicht alles. Beispielsweise drehen sich die Sterne am äußeren Rand von Galaxien schneller um deren Zentrum, als sie laut Modell sollten; so schnell, dass sie eigentlich aus der Galaxie geschleudert werden müssten. Ungefähr so ist man auf die dunkle Materie gestoßen.

Das Blöde: Man sieht sie nicht, weil sie keine elektromagnetische Strahlung aussendet, also auch kein Licht. Aber sie bewirkt etwas, zieht also mit ihrer Schwerkraft an sichtbaren Objekten, und das lässt sich beobachten. Inzwischen gehen Forschende davon aus, dass mehr als 80 Prozent der Materie des Universums dunkle Materie sind. Woraus genau sie besteht, ist ein großes Rätsel.

## URKNALL

Wann und wie alles begann, darüber sind sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ziemlich einig: Vor etwa 13,8 Milliarden Jahren war unser gesamtes bekanntes Universum in einem unendlich kleinen und unendlich dichten heißen Punkt konzentriert.

Danach knallte es zwar nicht, aber der Punkt dehnte sich schnell aus. Zunächst zu einem ultradichten, ultraheißen Brei aus Einzelteilchen, aus dem dann nach und nach die Sterne und die weiteren uns bekannten Strukturen des Weltalls wurden.

Das Universum dehnt sich bis heute aus: Der Abstand der Galaxien wird im Durchschnitt immer größer, sie fliegen voneinander weg. Das ist von der Erde aus zwar nicht mit bloßem Auge zu sehen, aber mit Teleskopen.

Unklar ist dagegen, wie es zu Ende gehen könnte, ob es ein Gegenstück zum Big Bang gibt. Dehnt sich das Universum immer weiter aus und stirbt schließlich einen Kältetod, den „Big Freeze“? Zerreißt es irgendwann in einem „Big Rip“? Oder kehrt sich die Entwicklung um, und am Ende gibt es den „Big Crunch“, alles zieht sich wieder in einem Punkt zusammen – und geht vielleicht mit einem neuen Urknall von Neuem los?

## Weltraumaufzug #1

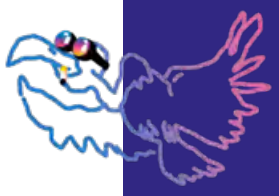
### Vom Erdgeschoss bis auf 25 Milliarden Kilometer Höhe: Unser Aufzug fährt wichtige Stationen im All an

(Distanz zur Erde, mittlere Werte, gerundet)

**5,6 km**

Das **höchste Teleskop** der Erde steht auf einem Vulkangipfel in der Atacama-Wüste. Die japanische TAO-Sternwarte untersucht zum Beispiel Kometen und andere Galaxien.

**11,3 km**



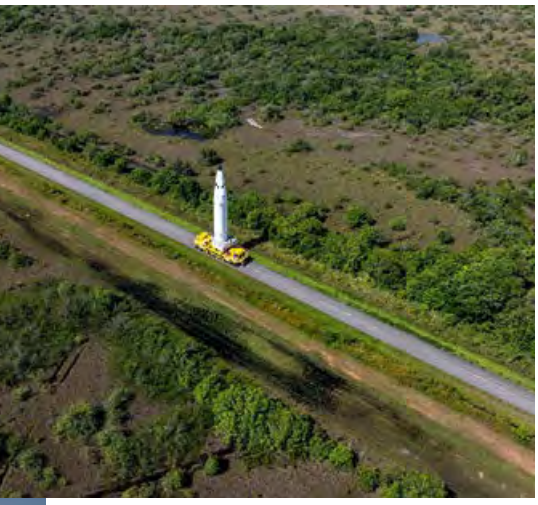
Als höchstfliegender Vogel gilt ein **Rüppell-Geier**. Er kollidierte 1973 mit einem Passagierflugzeug. Es konnten genug Federn geborgen werden, um den Geier zu identifizieren.

**100 km**

Die **Kármán-Linie** ist die vom internationalen Luftsportverband (FAI) festgelegte Grenze, an der der Weltraum beginnt. Nicht alle erkennen sie an. Für die NASA beispielsweise beginnt das All schon auf 80 Kilometern Höhe.

dass sie den Start bald nachholen“, sagt Ronan de la Jousse-Lilieux. In einer Woche müsse er zurück nach Bordeaux.

Rund 7.500 Kilometer Luftlinie von Kourou, in einem Industriegebiet im hessischen Darmstadt, befindet sich eine weitere irdische Außenstelle der ESA: das Europäische Raumfahrtkontrollzentrum. Vom ESOC aus wird ein großer Teil der ESA-Satellitenmissionen gesteuert und überwacht. Will heißen: Hebt die Ariane mit einem Satelliten ab, sorgen sie in Darmstadt dafür, dass der Satellit auf seiner Umlaufbahn bleibt und dort arbeiten kann.



Im Kontrollzentrum des ESOC sitzt eine Handvoll Menschen und starrt auf Bildschirme. Dafür, dass sie einen Raketenstart simulieren, ist die Stimmung recht angespannt. Ein Mitarbeiter, „Spacecraft Operations Manager“ genannt, erklärt, dass man hier alle Szenarien durchspiele, die es bei einem Satellitenstart und der Platzierung geben könnte. Was machen wir, wenn eine Bombe gefunden wird und die ESOC evakuiert werden muss? Was, wenn die interne Kommunikation ausfällt oder wenn unser Team Lead krank wird? „Better safe than sorry“, sagt der Spacecraft Operations Manager. Bei einer der letzten Missionen sei ein Satellit mit Weltraumschrott kollidiert – ein Szenario, das sie so nicht geübt hatten.

„Es passiert hoch-, hoch-, hochselten, dass bei den tatsächlichen Satellitenstarts etwas schiefgeht“, sagt Rolf Densing, der Direktor der ESOC, später in breitem Hessisch. Und wenn, hätten sich immer Wege gefunden, die Satelliten doch sicher zu fliegen. Das sei es, was die Europäische Raumfahrt ausmacht, sagt Densing. „Qualität!“ Er findet nicht, dass sich Europa im internationalen Vergleich verstecken muss.

Zurück in Kourou. Drei Tage nach dem verschobenen Startversuch haben sich wieder Menschen auf der Ibis-Plattform versammelt. Ronan de la Jousse-Lilieux ist auch da, heute in einem Fanshirt, auf dem groß die Ariane 6 zu sehen ist.

Auch eine Gruppe Österreicher steht in der Menge. Sie bereisen zwölf Länder in zwölf Tagen, erzählen sie, und heute eben – zufällig zum Raketenstart – Französisch-Guayana. „Wir waren vor Jahren am Cape Canaveral und haben Elon Musks Falcon-Rakete starten sehen“, sagt Bernd. Eine echte Show sei das gewesen. Die Reisegruppe nickt eifrig.

Die Sicht von der Plattform ist trüb. Es regnet, und über dem Meer aus Bäumen hängt Nebel. Die letzten Minuten vor dem Start verstreichen – diesmal wechseln alle Kontrollpunkte von Rot auf Grün. Der Countdown ertönt: „Huit, sept, six, cinq.“ Wie bei einem schüchternen Geburtstagsständchen steigen sie auf der Plattform erst spät ein. „Quatre, trois, deux, un …“

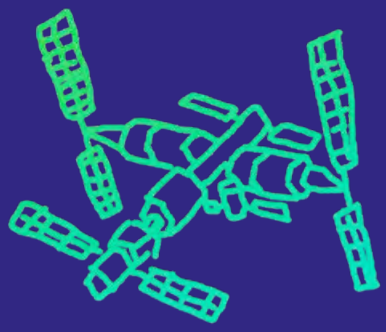
Als der Countdown bei null ankommt, durchzieht ein Donner die Luft. Eine Rakete ist nicht zu sehen. Mit zusammengekniffenen Augen erkennt man ein bisschen Feuer, das aus den Düsen schießt. Dann sieht man die Ariane 6 durch die Wolkendecke brechen. Und weg ist sie.

Die Zuschauenden starren gen Himmel. Ein paar lachen auf, andere applaudieren kurz. „Wie jetzt? Das war’s?“, fragt Bernd, der Tourist aus Österreich. Er stemmt sich kopfschüttelnd von der Holzbank. „Cape Canaveral war viel geiler.“

## Weltraumaufzug #2

**390 km**

Die chinesische Raumstation **Tiangong** („Himmelspalast“) fliegt dauerhaft um die Erde. In der Regel sind drei Taikonauten oben, um Experimente durchzuführen. Frühestens Ende 2026 soll ein neues Weltraumteleskop dazukommen, das auf derselben Umlaufbahn unterwegs ist und an Tiangong andocken kann, wenn es gewartet werden muss.



**415 km**

Die Internationale Raumstation **ISS** betreiben NASA, ESA, Roskosmos (Russland), JAXA (Japan) und CSA (Kanada) zusammen. Die Station ist etwa so groß wie ein Fußballfeld und dauerhaft bewohnt. Eine Crew bleibt in der Regel ein halbes Jahr oben, ebenfalls um Experimente durchzuführen

**693 km**

**Copernicus Sentinel-1D** startete Anfang November 2025 vom europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana. Der Satellit liefert hochauflösende Radarbilder von der Erdoberfläche, die Katastrophenschutzteams, Umweltbehörden und Klimaforschende nutzen.

**700 km**

Bisher lagern Daten in Clouds auf (sehr irdischen) Speichern. Um Energie zu sparen und die **Datenübertragung** zu beschleunigen, wollen Unternehmen Server ins All auslagern. Dort ist genug Sonnenlicht, um die Server über Solarenergie zu versorgen, gleichzeitig kann man sie im Erdschatten kühlen. Ada Space aus China betreibt bereits ein Rechenzentrum aus zwölf Satelliten, eine europäische Weltraum-Cloud ist auch geplant.

vatorium, aber inzwischen ist auch das nicht mehr sicher vor dem Licht.

Mitten in der Nacht geht es auf einer Sandpiste auf einen Hügel. Motor aus, Licht aus. Luciano zeigt, was ihm Sorge bereitet. Im Norden wächst San Pedro. Im Nordwesten ist schon der Lichtschein von Calama zu sehen. Und im Nordosten flackern kleine Lichter, „vom Bergbau“, sagt Luciano. Die Atacama-Region liegt im sogenannten Lithium-Dreieck, der Abbau ist ein Milliardengeschäft. Noch schlimmer finden die Anzas aber ein Bauvorhaben auf dem Nachbargrundstück: Ein Luxushotel soll entstehen. Es wäre das Ende ihres Observatoriums.

Früher war der Himmel für die Lickan Antay wie ein Buch, das jede Nacht aufgeschlagen wurde. Heute wüssten die meisten Jugendlichen in San Pedro nichts mehr über den Himmel, sagt Luciano. „Ich selbst habe

erst in der Pandemie angefangen, mich damit zu beschäftigen.“ Als im Lockdown die Touristen ausblieben, zeigte ihm sein Vater die Teleskope. Gemeinsam haben sie blaue Streifen auf die weiße Kuppel des Observatoriums gestrichen. Nun erinnert es an R2-D2 aus „Star Wars“. In Chile nennen sie den Roboter „Arturito“, eine charmante Fehlübersetzung des englischen „Ar-Two-Dee-Two“.

César hofft, dass Luciano seine Arbeit einmal weiterführen wird. Der zweifelt: „Das geht nur in der Dunkelheit, und die wird es nicht mehr lange geben. Ich möchte einen Beruf mit Zukunft.“ Daran arbeitet César. Er will mit dem Betreiber des neuen Hotels verhandeln: Nachts soll das Hotel die Lichter bitte abschalten. Ein vergleichsweise kleiner Handgriff, und das Lama, der Fuchs, der Weg der Seelen und das Observatorium der Anzas wären vorerst gerettet.

## Weltraumaufzug #3

**bis 2.000 km**

Jede Umlaufbahn bis zu dieser Höhe gilt als niedrige Erdumlaufbahn. Stellt man sich den Weltraum als Verkehrsnetz vor, ist der **LEO** (low earth orbit) die dicht befahrene Innenstadt: Ein Großteil der Satelliten und des Weltraumschrotts fliegt hier herum.

**ab 2.000 km**

Als mittlere Erdumlaufbahn **(MEO)** zählen Bahnen bis etwa 36.000 Kilometer Höhe. In unserer fiktiven Weltraumstadt haben wir die Vorstadt erreicht. Hier ist es ruhiger: weniger Satelliten, weniger Schrott.

**bis etwa 10.000 km**

Die **Erdatmosphäre** ist eine gasförmige Hülle, die die Erde umgibt. Sie schützt vor schädlicher Strahlung, reguliert das Klima und ermöglicht organisches Leben.

**35.786 km**

Über dem Äquator bewegen sich Objekte mit derselben Geschwindigkeit um die Erde, mit der sich die Erde um sich selbst dreht. Das nennt sich geostationäre Umlaufbahn **(GEO)** und ist praktisch für Wettersatelliten, weil sie permanent dieselbe Erdregion beobachten können.

**323.000 km**

**Lagrange-Punkte** sind Orte, an denen sich die Gravitationskräfte zweier Himmelskörper aufheben. Heißt: Raumschiffe verbrauchen wenig bis keinen Treibstoff, wenn sie dort schweben. Es gibt nicht viele Lagrange-Punkte, die für die Raumfahrt relevant sind, daher könnte es Streit um sie geben. Der Lagrange-Punkt 1 zwischen Mond und Erde etwa eignet sich für Mondmissionen, weil man dort treibstoffsparend eine Zwischenstation für Raumfahrzeuge oder Kommunikationssatelliten betreiben könnte.

## Weltraumaufzug #4

**384.000 km**

Der **Mond**. Der letzte Mensch war 1972 da. Dann war es lange still um ihn. Bis es der indischen Sonde Chandrayaan-3 vor zwei Jahren als erster gelang, in der Südpolregion des Mondes zu landen, wo große Mengen an Wassereis vermutet werden. Die NASA möchte in den kommenden Jahren wieder Menschen zum Mond schicken, China will sogar eine Mondforschungsstation an dessen Südpol errichten.

**1,5 Mio. km**

Um den **Lagrange-Punkt 1** im Erde-Sonne-System halten sich einige Sonden auf. Denn L1 ist ideal, um das Weltraumwetter und Sonnenwinde zu beobachten.

**1,5 Mio. km**

Am **Lagrange-Punkt 2** zwischen Erde und Sonne haben Teleskope eine ungestörte Sicht ins All. Das James-Webb-Teleskop und Euclid blicken von dort ins Universum, um mehr über seinen Ursprung, Exoplaneten und dunkle Materie herauszufinden.

**11 Mio. km**

Wie schützt man die Erde vor dem Einschlag eines Asteroiden? **Dimorphos** wurde einfach weggeschubst. Elf Millionen Kilometer von der Erde entfernt, war er der erste Asteroid, den eine Sonde auf eine andere Bahn stieß. Die europäische Raumsonde Hera fliegt gerade zu Dimorphos, um die Folgen des Stoßes zu untersuchen. Erwartete Ankunft: Dezember 2026.

professor und Mitglied des Wissenschaftsrats der GWUP. Sie unterstützt uns (scheinbar) im Alltag, im Job, beim Dating, sie kann Gemeinschaft fördern und verspricht einfache Lösungen. Das macht Astrologie attraktiv, gerade in Krisenzeiten. Während der Coronapandemie trendeten Sternzeichen-Memes, Millionen checkten auf der App Co-Star ihr Horoskop. Daran lässt sich gut verdienen. Marktforschungsinstitute schätzen, dass der weltweite Markt für Astro-Dienstleistungen bis 2031 auf knapp 20 Milliarden Euro wächst.

Den Boom begründen die Marktforscher unter anderem mit dem „Wunsch der jüngeren Generation nach Hilfe von außen“. Der ist gerade in Zeiten politischer Unsicherheit stark. Studien zeigen, dass Menschen besonders empfänglich für Astrologie sind, wenn sie einen Kontrollverlust erlebt haben.

Christoph Bördlein sieht darin ein Problem. „Die Kontrolle, die Astrologie verspricht, ist eine Illusion.“ Man könne Horoskope mit einem Augenzwinkern lesen. „Wer aber tatsächlich glaubt, dass die Sterne das Handeln bestimmen, vertritt ein unwissenschaftliches Weltbild und gibt Verantwortung ab.“ Denn ihre pauschalen Lösungen können auch schaden: weil sie Lebensumstände ignorieren oder Menschen trennen, die angeblich nicht zueinander passen.

Während wir zum Mond fliegen können, Exoplaneten und die Entstehung unseres Universums entschlüsseln, bleibt eine Pseudowissenschaft wie die Astrologie präsent. Das verrät mehr über unsere Zeit als über die Kraft der Sterne.

## Weltraumaufzug #5

**150 Mio. km**

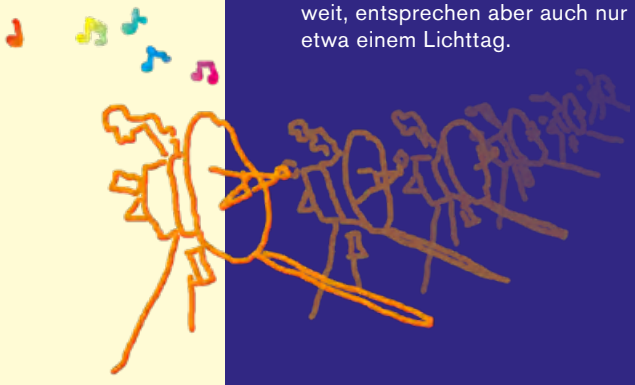
Die **Sonne**. Ohne sie gäbe es kein Leben auf der Erde. Wie jeder Stern wird auch sie irgendwann aufhören zu leuchten. Laut Schätzungen in fünf Milliarden Jahren. Bis dahin ist die Erde aber eh unglaublich heiß und unbewohnbar.

**228 Mio. km**

Auch auf dem **Mars** ist es echt ungemütlich. Er ist trocken und staubig, die Strahlung ist tödlich. Ressourcen gibt es auch nicht, soweit wir wissen. Roboter erkunden derzeit seine Oberfläche, um herauszufinden, wie es früher auf dem Mars war und ob es dort Leben gab.

**300 Mio. km**

**Ryugu** ist der erste Asteroid, von dem Material zur Erde zurückgebracht wurde. 2020 kehrte die japanische Sonde Hayabusa2 mit 5,4 Gramm Ryugu heim.

**25 Mrd. km**

Die **Voyager-1-Sonde** ist 1977 losgeflogen. Und fliegt. Und fliegt. 25 Milliarden Kilometer ist sie jetzt entfernt, weiter als jedes andere Objekt, das Menschen je ins All geschickt haben. Wobei: 25 Milliarden Kilometer klingen weit, entsprechen aber auch nur etwa einem Lichttag.