

flüter:

Weltraum

Finde den Fehler !

Der
TikTok-Account
@generation_klartext
beschäftigt sich
mit Rechtsextremismus.
Es geht darum, wie er
aussehen kann,
wie gefährlich er ist
und wie man ihm
begegnet

H



Nicht von dieser Welt:
Chewbacca ist wohl einer der bekanntesten
Weltraumbewohner. Produzent George Lucas ließ
sich für die Figur von seinem Hund inspirieren,
als er einen treuen Begleiter für sein
„Star Wars“-Universum suchte

Heute schon darüber nachgedacht, dass du gerade auf einer riesigen Kugel im Nichts sitzt, die um eine noch riesigere, superheiße Kugel aus Gas und Plasma rast, die nur eine von Trilliarden superheißer Kugeln ist?

Klingt völlig verrückt, und ist trotzdem die Realität. Dank der Wissenschaft wissen wir: Wir sind nicht das Zentrum der Schöpfung, sondern ein Zufall auf einem von unzählbar vielen Planeten, irgendwo im Universum. Der Weltraum bestimmt mit, wer wir Menschen sind.

Mit Modellen und Beobachtungen nähern wir uns langsam den Antworten auf die großen Fragen, wie alles zusammenhängt und was es da draußen noch so geben mag. Trotzdem wissen wir vieles nicht, und das lässt Raum für Fantasie. Science-Fiction gehört zu den größten Genres der Popkultur. Sie malt uns fremde Welten aus, die oft Spiegel unserer Gesellschaften sind und es – von irdischen Zwängen befreit – erlauben, politische Utopien und Dystopien radikal weiterzudenken.

Der Weltraum war aber nie nur ein Sehnsuchtsort. Er ist auch mehr als das Prestigeobjekt, zu dem er im Kalten Krieg zwischen der Sowjetunion und den USA hochgejazzt wurde. Heute ist der Weltraum vor allem in Reichweite: Was da oben rumfliegt, greift unweigerlich in die Geschicke auf der Erde ein. Ohne Satelliten gäbe es kein mobiles Internet, Navis und Wetterdienste wären viel unpräziser, Kriege wären ohne die Lagebilder und Raketenabwehr aus dem All ganz andere. Die Forschung im All hilft, die Geschichte unserer

Erde, den Klimawandel und die menschliche Biologie zu entschlüsseln, und nebenbei fallen Erfindungen wie Wasserfilter, Akkuschrauber oder kratzfeste Brillengläser ab, die wir auf der Erde nicht mehr missen wollen.

Die Zukunft der Erde wird auch im All entschieden. Künftig könnten im Weltraum Ressourcen abgebaut oder energiehungreige Technologien platziert werden. Die Frage, wer sich welchen Teil des Weltraums unter welchen Bedingungen aneignen darf, ist so aktuell wie lange nicht mehr. Dabei reden nicht nur Staaten mit, sondern auch Unternehmen, die nach ihren eigenen Regeln spielen.

Unser Ende steht schon fest. Spätestens in ein paar Milliarden Jahren ist es so weit, dann ist die Erde so nah an die Sonne herangerückt, dass sie von ihr verschluckt wird. Was bis dahin zwischen dem Menschen und dem Weltraum noch geschieht, steht nicht in den Sternen, sondern liegt in unseren Händen.

Sabrina Gaisbauer

Inhalt

05 10, 9, 8...

Seit März ist Rabea Rogge, 29, die erste deutsche Astronautin. Hier ist ihr Tagebuch aus dem All

Den fluter
gibt's zwar nur
auf der Erde,
dafür aber kosten-
los nach Hause:
fluter.de/hefte

10 Wer wir sind

Diese Grüße an Außerirdische erzählen davon, was es heißt, ein Mensch zu sein

12 Endliche Weiten

UrknaLL, Lichtgeschwindigkeit und schwarze Löcher so erklärt, dass selbst wir es verstehen

14 Völlig losgelöst

Unsere Reporterin war dabei, als mit der Ariane 6 die modernste Rakete der europäischen Raumfahrt startete. Warum brauchen wir die?

18 Reza sendet ein Signal

Wie Regimegegner versuchen, Iran online zu halten

20 Cosmic Girl

Cosma Heckel, 18, will Astronautin werden. Ihr Weg führt über Leipzig und künstliche Mondlandschaften

24 Kosmische Rendite

Im All warten Tonnen wertvoller Ressourcen. Ob die jemand abbauen darf, ist aber unklar

26 Himmel und Herde

Bislang waren mehr Fische als Frauen im All

28 13 Tonnen schwer, 20.000 Teile, 12 Kilometer Kabel

Ohne ESM wird's nichts mit der nächsten Mondlandung. Wie baut man so ein Teil?

30 Der helle Wahnsinn

In Chile schwindet der dunkle Nachthimmel. Für Astronomen und die Familie Anza eine Katastrophe

35 Bitte nicht krümeln

Heute gibt's auf Raumstationen richtige Festessen. Die sind eine Wissenschaft für sich



20



46

- 38 **Was siehst du, wenn du in den Himmel schaust?**
Ein Weltraumoffizier, eine Meteorologin, ein Mandalorianer und andere antworten
- 40 **Putzplan**
Auch im All muss mal einer den Müll runterbringen. So könnte es gehen
- 42 **E.O.S. und die Nanoiden**
Diese KI ist zu klug, um an ihre Schöpfer zu glauben. Ein Sci-Fi-Comic
- 46 **Liebe Fische, ihr müsst jetzt bitte ganz stark sein**
Astrologie ist unwissenschaftlich, aber vielen ist das egal
- 48 **Ist da wer?**
Diese Frau überlegt, was die Begegnung mit Aliens für die Menschheit bedeuten würde
- 50 **Vorschau & Impressum**



10,
9,
8,



Drei Tage und 14 Stunden im All mit Rabea Rogge, der ersten deutschen Astronautin



Montag
31. März 2025
Countdown

In den Tagen vor dem Start war ich echt aufgereggt: Ich hatte Angst vor der Angst, die beim Start eintreten könnte. Als es dann ernst wurde, war ich aber entspannt. Ich saß in unserer Crew-Dragon-Kapsel, vor mir der Livestream unseres Starts. Die Rakete wurde gerade betankt, ich sah die Blitze im Hintergrund, ein Gewitter. Heute starten wir

eh nicht. Dachte ich. Dann zog das Gewitter vorbei. 21.46 Uhr Ortszeit auf der Raketenbasis in Florida, der Countdown zählt runter, ich spüre das Grollen der Triebwerke und denke: Passiert das gerade wirklich?

Flug ins All

Die ersten Kilometer sind recht sanft. Nach ein paar Minuten hat es mich aber heftig in den Sitz gedrückt

- und dann nach vorne geschleudert. Das passiert, wenn die Triebwerke der ersten Stufe ausgehen. Die zweite Stufe zündete, und wir wurden wieder nach hinten gepresst. Als die Triebwerke ausgingen, sind wir wieder nach vorne gefallen - diesmal aber nicht mehr zurück. Wir waren auf der Erdumlaufbahn, schwerelos. Crazy.

Wir sind da!

Es dauerte nur zehn Minuten - und wir waren auf der Umlaufbahn. Da oben ist es wie auf einem Boot: Der Körper muss sich erst an die Umgebung gewöhnen. Mir wurde sofort übel, als etwas vorbeischwebte. Meine Crewmitglieder spielten schon mit der Schwerelosigkeit, haben sich kopfüber gedreht. Ich wollte auch, habe

aber erst mal in eine Tüte gekotzt. Das hatten wir vorher zum Glück geübt.

Schwerelos

Nach zwei, drei Stunden hatte ich mich ans All gewöhnt. Die Schwerelosigkeit fand ich mit das Schönste dort oben. Es fühlt sich an wie unter Wasser, nur ohne Wasser. Da bist du plötzlich wieder ein Kind, hast Hunderte Ideen, die du ausprobieren möchtest. Ich habe mit einer Wasserflasche herumexperimentiert und geschaut, was passiert, wenn ich sie auf den Kopf stelle. Das verbraucht sich aber auch. Nach einem Tag bist du frustriert, dass du dich immer festhalten musst, weil du sonst wegschwebst.

Rabea Rogge, 29, ist Elektroingenieurin, hat in Berlin und Zürich studiert und forscht an Robotik für die Arktis. Bei einer Expedition lernte sie den Bitcoinmilliardär Chun Wang kennen. Er lud Rogge auf seine private Weltraummission „Fram2“ ein, die von SpaceX durchgeführt wurde. Neben Wang und Rogge waren die Filmemacherin Jannike Mikkelsen und der Polarabenteurer Eric Philips dabei: Fram2 war die erste astronautische Mission mit einer Flugbahn über Nord- und Südpol. Die Crew umrundete 55-mal die Erde.



Blick auf die Erde

Oben zogen wir zuerst die großen Raumanzüge aus, die einen schützen, falls während Start und Landung etwas schiefgeht und die Kabine Sauerstoff verliert. Dann fiel mein Blick auf die Erde. Ich dachte, ich weiß, was ich sehe, der blaue Planet, die Erdkrümmung und so weiter. Aber die Erde in ihrer Gesamtheit zu sehen hat mich tief beeindruckt. Absurd, dass ein Planet, der eine so riesige Masse hat, einfach mitten im All hängt.



Schlafenszeit

Nach dem ersten Tag im All war ich so kaputt, dass ich nur noch meinen Schlafsack eingehakt habe und eingeschlafen bin. Da hilft natürlich, dass ich auf Arktis-expedition war und in Zelten im Schneesturm geschlafen habe. Es ist aber schon ein komisches Gefühl, nicht auf etwas zu liegen und kein Kissen unter dem Kopf zu haben. Die Fenster haben wir abgedunkelt, sonst weckt dich alle 45 Minuten ein Sonnenaufgang. Mit Schlafmaske und Ohrstöpseln hatte ich das Gefühl, gut zu schlafen. Geschnarcht hat glücklicherweise niemand.



Tag 2

Aufstehen!

Morgens war meist einer von uns schon wach. Oder wir bekamen einen Wake-up-Call. Einmal habe ich nach dem Aufwachen nicht gleich gecheckt, wo ich bin. Ich habe mich in der Kapsel umgesehen und gedacht: Ach, stimmt, ich bin ja im Weltraum.

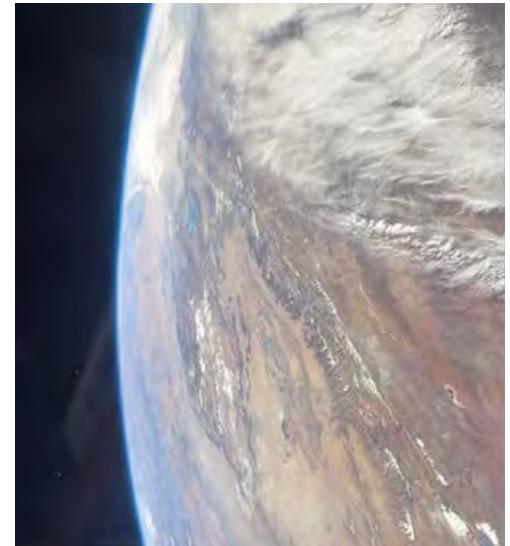
Hier ist das Frühstück

Das Essen da oben ist ganz gut, kein Astronautenfutter aus Tuben. Wir konnten das Essen aber leider nicht aufwärmen. Es gab Kaffee, in flüssiger Form. Oder kaubar: wie Kaubonbons, nur mit Kaffeegeschmack. Zum Frühstück haben wir Tortillas mit Erdnussbutter und Marmelade oder eine Art Apfelkuchen gegessen. Der war eingeschweißt, damit er nicht krümelt. Die Krümel würden sich sonst überall verteilen. Am witzigsten waren die M&Ms, die konnten wir uns gegenseitig zuspielen. Das Essen schmeckt im All nicht so

intensiv, weil sich die Flüssigkeiten im Körper weniger verteilen. Deshalb stehen viele Astronautinnen und Astronauten auf sehr würzige Mahlzeiten.

Experimente

Für SpaceX ging es darum, zu testen, was mit der Dragon-Kapsel möglich ist. Unsere Kapsel ist vollautomatisch geflogen, wir mussten da gar nichts machen. Die Tage waren trotzdem durchgetaktet. Wir hatten mehr als 20 Experimente an Bord, auf die sich Universitäten vorher bewerben konnten. Die mussten wir oben durchführen und protokollieren, damit die Forschenden auf der Erde mit den Daten weiterarbeiten können. Wir haben zum Beispiel das erste Röntgenbild im All aufgenommen. Und Sportübungen gemacht: Menschen verlieren im All schneller Muskelmasse. Es wird untersucht, wie sie effizienter trainieren können. Wir haben dafür eine Art Space Squats gemacht. Nicht so leicht, wenn alle Arbeitsgeräte um dich herumschwirren.



Rundflug

Am zweiten Tag hatten wir die Zeit, eine komplette Umrundung der Erde zu beobachten. Die dauert 90 Minuten, du fliegst mit knapp 27.000 Kilometern pro Stunde. Wir haben beide Erdseiten gesehen, Tag und Nacht. Bei Tag siehst du die Natur besser, bei Nacht die Menschheit. Die Städte sind hell erleuchtet. Das hat mich sehr berührt.

Tag 3

Ich muss mal!

Im All wäscht man sich mit Feuchttüchern. Das Zahnenputzen habe ich mir leicht gemacht und die Spucke einfach runtergeschluckt.

Es gibt auch eine Weltraumtoilette: Du setzt dich, und alles, was rauskommt, wird abgesaugt. In der Kapsel riecht es ganz normal.



Houston, wir haben gutes Internet

Wir hatten ziemlich gutes Netz da oben. Ich habe einmal mit meinen Eltern über FaceTime telefoniert. Das war völlig bizarr, 400 Kilometer über ihnen: „Guck mal, Mama, hier ist die Erde.“

Experiment zum Hormonhaushalt

Am dritten Tag habe ich Urinproben genommen. Nicht so einfach. Letztlich musste ich eine Windel anziehen. Anhand der Probe wird erforscht, wie die extremen Bedingungen im All den weiblichen Hormonhaushalt beeinflussen. Das soll der Medizin helfen, Astronautinnen besser zu versorgen.



Stimmung an Bord

Auf so wenig Raum rempelt dich in der Schwerelosigkeit gefühlt ständig jemand an, aber die Stimmung war richtig gut, wir haben viel gelacht. Wir wurden mit vielen Kommunikationstrainings vorbereitet und haben viel Zeit miteinander verbracht, um oben mit der Enge klarzukommen. Die Kapsel hat einen Raum, nur die Glaskuppel kann man mit einer Schiebetür abtrennen. Eigentlich wie ein Campervan.

Tag 4 Packen für den Rückflug

Am letzten Tag haben wir uns ready gemacht. Du musst da oben sehr viel packen. Und vor allem genau: Alle Sachen müssen an den richtigen Ort zurück, sonst kann sich das Gewicht der Kapsel verlagern. Das kann beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre zu Problemen führen. Dann sind wir wieder in die Raumanzüge geschlüpft. Start und Lan-

dung sind die hektischen Phasen einer Raumfahrt. Wie soll es auch anders sein, wenn du von 30.000 Kilometern pro Stunde auf null abbremst?

Aufbruch

Wir schnallten uns in unseren Sitzen fest und starteten den Wiedereintritt in die Atmosphäre. Ich habe noch mal aus dem

Fenster geschaut: auf den Planeten, auf dem wir in den nächsten Minuten landen würden. Dann fällt die Kapsel durch die Atmosphäre. Die Reibungskräfte entwickeln eine extreme Hitze, von außen sieht die Kapsel aus wie ein Feuerball. Durch die Fenster habe ich Flammen gesehen, das war schon supercool.

Wiedereintritt in die Atmosphäre

Der Wiedereintritt war sehr viel härter als der Start, weil sich der Körper an die Schwerelosigkeit im All gewöhnt hatte. Ich habe krass gemerkt, wie das Gewicht meines Körpers zurückkam und wie schwierig es war zu atmen. Am meisten habe ich die Fallschirme gespürt: Als die geöffnet wurden, gab es einen extremen Ruck, und die



Kapsel taumelte weiter. Es war wie in einer Achterbahn. Wir wussten aber auch: Jetzt haben wir es sicher zur Erde zurückgeschafft.

Welcome home!

Am Ende siehst du fast gar nichts mehr, weil die Fenster voller Ruß sind. Wir sind vor der Westküste der USA runtergekommen. Das Meer konnte ich nur schemenhaft erkennen. Ich musste mich erst mal wieder übergeben. Und dann kamen schon die Leute auf die Kapsel, um sie für die Bergung auf ein Schiff vorzubereiten. Als die Kapsel oben war, haben sie die Luke aufgemacht. Plötzlich habe ich wieder sehr intensiv gerochen. Da war zuerst die frische Meeresluft. Das war unglaublich.

aufgeschrieben von Max Wochinger



Da ist der *Wurm drin*



Riesensandwürmer, ein Orden manipulativer Space-Hexen, ein Wüstenvolk, das gegen die Ausbeutung seines Planeten aufgelehrt, ein intergalaktischer Messias. Oder müssen wir gar nicht mehr erklären, worum es in „Dune“ geht? In den 1960er-Jahren veröffentlichte der US-amerikanische Sci-Fi-Autor Frank Herbert die ersten Romane. Die „Dune“-Reihe ist ziemlich bekannt, sicher auch wegen der neuen Hollywood-Verfilmungen mit Zendaya und Timothée Chalamet.

Science Fiction-Erzählungen wie „Dune“, „The Expanse“ oder „Trisolaris“ sind beliebt – und urpolitisch. Sie entwerfen fremde Welten, um die Machtstrukturen auf der Erde sichtbarer zu machen. Auf dem Wüstenplaneten Dune beispielsweise hauen sich die Machthaber wegen Spice die Köpfe ein: Ohne diesen wertvollsten aller Rohstoffe, der sich nur auf Dune abbauen lässt, kommt kein Raumschiff ans Ziel. Klingt gar nicht so ausgedacht, oder? 

Wer

Ich bin professioneller Radsportler und reise für die Rennen um die Welt. Egal, wohin ich komme, überall gibt es Fahrräder. Sie sind Transportmittel, Lifestyle, Freiheit. Mein Vater hat mir beigebracht, wie man Rad fährt. Da war ich vier oder fünf. Man muss im Gleichgewicht sein, sonst fällt man hin. Das ist im Weltall anders, und trotzdem würde das Fahrrad auch dort Beziehungen herstellen. Man braucht jemanden, der einem hilft, es zu beherrschen. Außerirdische sind bestimmt geschickte Fahrradfahrer.

Jean Pierre⁽²²⁾, Medellín, Kolumbien

1977 schickte die NASA auf ihren zwei Voyager-Sonden „Golden Records“ ins All: Platten mit Fotos, Geräuschen und Musik, die anderen Zivilisationen vom Leben auf der Erde erzählen sollen. Was würden junge Menschen heute hochschießen?

Nino⁽¹⁸⁾, Berlin, Deutschland

Ich spiele Fußball, jeden Tag und auch im Verein. Lionel Messi spielt auch Fußball. Aber bei ihm wirkt das wie ein ganz anderer Sport. Wie er dribbelt, passt, Bewegungen täuscht, freie Räume sieht, das ist, als würde er das Spiel langsamer und von oben sehen. Deshalb gehört Messi auch in den Himmel. Ins All schicke ich ein YouTube-Video, in dem alle seine Tore zu sehen sind. Das will ich selbst schneiden, wenn Messi aufhört. Ich hoffe, die Aliens spielen seine Tore nach.

Vor sechs Jahren verließ ich meine Heimat Kongo, um in China Medizin zu studieren. Seit ich es bei einer OP gesehen habe, fasziniert mich das menschliche Herz. Es sorgt dafür, dass wir leben, und wird gleichzeitig vom restlichen Körper am Leben gehalten. Ähnlich ist es doch mit uns Menschen: Was wir tun, beeinflusst andere, genauso wie andere Einfluss auf uns haben. Ich schicke also ein Herz ins Weltall. Es müsste allerdings noch schlagen, damit die Kontraktionen der Muskeln zu sehen sind. Da steckt das Leben drin.

Claudia⁽²²⁾, Guangzhou, China

wir

Ich schicke ein Foto von der Tracht der Kikuyu hoch. Das ist die größte Bevölkerungsgruppe in Kenia. Die Frauen tragen ein Kleid, das bis knapp über den Knöchel fällt. Eine Schulter bleibt frei. Der Stoff ist mit Gehäusen von Kaurischnecken besetzt. Um die Frauen beim Tanzen auf den Boden stampfen, wenn die Frauen beim Tanzen auf den Boden stampfen. Die Orange- und Brauntöne der Kleidung repräsentieren den Boden, der die Community ernährt. Ich glaube, dass auch Außerirdische eine enge Verbindung zu ihrem Boden haben und ihn repräsentieren. Hier auf der Erde, in einer globalisierten Welt, sehen wir oft alle gleich aus. Dabei kann Kleidung zeigen, wer wir sind und woher wir kommen.



Als ich 12 war und gerade angefangen hatte, Ballett zu tanzen, zeigte mir meine damalige Lehrerin eine Passage aus Tschaikowskys „Serenade“ in der Choreografie von George Balanchine, der das New York City Ballet mitgegründet hat. Dieser Moment hat mich völlig eingenommen fürs Ballett. Heute bin ich die Leittänzerin des Ensembles. Eine Szene aus dem Stück drückt alles aus, was Ballett und Tanz so menschlich macht: Die Tänzerinnen stehen auf ihren Fußspitzen, breiten die Arme weit aus, legen den Kopf in den Nacken, und über allem schwebt die Solistin, getragen von zwei Tänzern. Einen Mitschnitt schicke ich ins All. Denn in dieser Szene steckt für mich eine stille Akzeptanz für alles, was da über uns noch sein mag.

Mira (24), New York, USA

Als Kind wollte ich Pilot werden. In Flugzeugen und Raumschiffen drückt sich der menschliche Drang aus, zu erkunden und sich nicht mit dem Status quo zufriedenzugeben. Wahrscheinlich studiere ich deswegen Raumfahrttechnik. Meine Lieblingsmodelle sind der Lockheed SR-71 Blackbird und die Falcon-9-Rakete – zwei Meilensteine. Ich schicke Miniaturmodelle davon ins Weltall, um den Außerirdischen zu zeigen, wie sehr wir versuchen, sie zu erreichen.



Lewis (22), Accra, Ghana
Damaris (22), Nairobi, Kenia
Yedmy (24), Zopolite, Mexiko

Wir Menschen haben Fähigkeiten entwickelt, um uns in und auf dem Meer bewegen zu können. Wir schwimmen, tauchen, segeln, surfen. Ich bin am Pazifik geboren, habe fast mein ganzes Leben am Meer verbracht. Heute betreibe ich eine Surfschule. Das Meer gehört zu mir. Seine Wellen, seine Bewohner, das Riff. Am meisten berührt mich das Rauschen. Es macht mich ruhig und friedlich. Deshalb schicke ich eine Muschel ins Weltall. Wenn sie oben dran lauschen, hören sie vielleicht das Meer rauschen.



sind

Endliche Weiten: Wer den Weltraum verstehen möchte, liest auch dieses Glossar

LICHT-
GESCHWINDIGKEIT

299.792.458 Meter pro Sekunde. Oder anders gesagt: 1,08 Milliarden km/h. So schnell bewegt sich Licht durch den Weltraum. Absolut nichts im Universum ist schneller. Das jedenfalls hat Albert Einstein vor mehr als 100 Jahren mit seiner Relativitätstheorie beschrieben, und bisher hat ihn niemand widerlegt.

Mit der Lichtgeschwindigkeit hat auch das Lichtjahr zu tun, das keine Zeit misst, sondern eine Länge. Rund 9,46 Billionen Kilometer ist ein Lichtjahr lang: die Strecke, die Licht in einem Jahr zurücklegen kann. Irre viel? Na ja. Proxima Centauri, der nächste Stern außerhalb unseres Sonnensystems, ist

mehr als vier Lichtjahre von der Erde entfernt, und die entferntesten Galaxien, die wir noch sehen können, sind Milliarden Lichtjahre weit weg.

Das heißt auch: Wenn wir ins All schauen, sehen wir Licht, das Millionen oder Milliarden Jahre unterwegs war. Wir schauen in die Vergangenheit. Und sehen Sterne, die vielleicht schon lange erloschen sind.

SCHWARZES
LOCH

Wenn ein Stern am Ende seines Lebens erlischt, stürzt er unter seinem eigenen Gewicht in sich zusammen. Die meisten schwarzen Löcher kann man sich als Extremform solcher erloschenen Sterne vorstellen.

Die Regeln der Physik, die wir kennen, gelten im Zentrum eines schwarzen Lochs nicht. Forschende wissen nicht sicher, woran das liegt. Entweder brauchen sie bessere Gesetze. Oder im Zentrum eines schwarzen Lochs klafft tatsächlich eine Lücke im Weltraum, in der Raum und Zeit aufhören und der frühere Stern unendlich lange in sich zusammenfällt, bis er unendlich klein und unendlich dicht ist.

Einem schwarzen Loch entkommt nichts, nicht mal Licht. Würde ein Mensch in ein schwarzes Loch fallen, würde ihn die enorme Schwerkraft extrem in die Länge ziehen und zerreißen. Er würde spaghettiisiert, wie es der Physiker Stephen Hawking nannte.

Das All ist voller schwarzer Löcher. Nicht alle sind erloschene Sterne. Aber wie die entstehen, wissen selbst Forschende noch nicht.

Text: Michael Brake

GALAXIE

„Weißt du, wie viel Sternlein stehen?“ Knapp 200 Jahre ist dieses Kinderlied alt, eine zuverlässige Antwort wird es wohl nie geben: Wir können nicht jeden Stern einzeln zählen. Schätzungen zufolge sind es im gesamten Universum mindestens 70 Trilliarden. Eher mehr.

Wie viele es auch immer sein mögen, sie sind nicht random übers Weltall verteilt. Vielmehr ballen sie sich zu Galaxien zusammen. Diese Galaxien beinhalten neben Milliarden Sternen Planeten, Gasnebel, Staubwolken, schwarze Löcher und dunkle Materie und werden durch die Gravitation zusammengehalten.

Eine dieser Galaxien ist die Milchstraße, die Heimat der Erde und der Sonne. Alle Sterne, die wir von der Erde mit bloßem Auge sehen können, sind Teil der Milchstraße.

Das Entfernteste, was man ohne technische Hilfe sonst noch erkennen kann, ist eine weitere Galaxie: die Andromedagalaxie, rund 2,5 Millionen Lichtjahre entfernt. Andromedagalaxie und Milchstraße bilden zusammen mit vielen anderen Galaxien einen Galaxienhaufen.

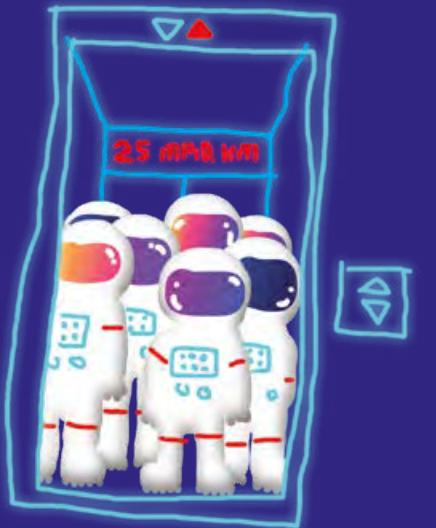
EXO-
PLANET

Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun: Das sind die Planeten, die genau wie die Erde um die Sonne kreisen. Aber es gibt viele weitere jenseits unseres Sonnensystems, die extrasolaren Planeten oder kurz: Exoplaneten. Falls es außerirdisches Leben gibt, dann dort. Was

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

(Distanz zur Erde, mittlere Werte, gerundet)

Weltraumaufzug #1



5,6 km -----

Das **höchste Teleskop**
der Erde steht auf einem Vulkan-
gipfel in der Atacama-Wüste. Die
japanische TAO-Sternwarte unter-
sucht 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.



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?

on the go to los gelöst

A photograph of an Ariane 5 rocket launching from a tropical launch pad. The rocket is white with orange and yellow markings, including the Arianespace logo. It is surrounded by a large plume of smoke and fire at the base. In the foreground, dark silhouettes of palm trees frame the launch. The background shows a clear blue sky with some wispy clouds.

Und weg ist sie.
So eine Rakete ist ein
Mammutprojekt, an einer
Ariane arbeiten mehrere
Hundert Unternehmen

Noch 25 Minuten, bis die Ariane 6, die modernste Rakete, die die europäische Raumfahrt zu bieten hat, ins All aufbrechen soll. Sie soll der Welt an diesem 3. März 2025 zeigen: Europa ist zurück im All. Und kommt da auch alleine hin.

Es ist also ein wichtiger Moment für die Europäische Weltraumorganisation (ESA). Über vier Jahre musste die ArianeGroup, die mit der Entwicklung der Rakete beauftragt war, den Erstflug der Ariane 6 immer wieder verschieben, bis sie 2024 zum ersten Mal überhaupt abhob. An diesem Märtag schließlich soll der erste kommerzielle Raketenstart stattfinden – und auch der wurde vor fünf Tagen noch einmal vertagt.

Dabei braucht Europa dringend wieder eine Schwerstrakete im All. Die Vorgängerin Ariane 5: seit Sommer



Kourou (offiziell Centre spatial guyanais) ist einer der wichtigsten Weltraumbahnhöfe

Mitten im Regenwald Französisch-Guayanas hebt mit vier Jahren Verspätung die Ariane 6 ab. Sie soll Europa zurückmelden im All. Warum der ganze Aufwand?



2023 ausgemustert. Die Vega-C: nach einem Crash gerade wieder in Betrieb, aber sehr viel kleiner als die Ariane. Die russische Sojus, die bis 2022 regelmäßig für die ESA startete: seit dem Überfall auf die Ukraine keine Option mehr. Keine ideale Situation.

Autonom im All unterwegs zu sein, ist aus verschiedenen Gründen enorm wichtig. Die Raumfahrt gilt als Schlüsselindustrie des 21. Jahrhunderts: Satelliten versorgen Smartphones mit Standortdaten, dokumentieren die Klimakrise und können in Kriegsgebieten wie der Ukraine entscheidend sein. Nur

mit eigenen Trägerraketen wie der Ariane können die in der ESA organisierten europäischen Staaten eigene Satelliten, Teleskope oder Verteidigungssysteme zuverlässig und unabhängig von anderen Nationen ins All bringen. Wie die ESA diese Herausforderung zu meistern versucht, zeigt sich im südamerikanischen Dschungel – in der Kleinstadt Kourou in Französisch-Guayana. Von dort führt der Weg in den Weltraum über eine betonierte Schneise, die mitten in den Regenwald geschlagen wurde. Verkehrs-schilder warnen vor Affen auf der Fahrbahn, man erzählt sich, in der Nähe lebe ein Jaguarpärchen.

An diesem Ort, an dem Natur und Technik clashen, hat sich die ESA einen Weltraumbahnhof gebaut. Klingt futuristisch, aber die Gebäude des Centre spatial guyanais (CSG) wurden vor mehr als 60 Jahren von Frankreich errichtet, und das sieht man auch.

Französisch-Guayana war früher eine französische Kolonie und ist bis heute ein Überseedepartement. Dass der europäische Bahnhof hier – Tausen-

de Kilometer von Europa entfernt – im Regenwald steht, hat einen Grund: die Nähe zum Äquator. Dort rotiert die Erde am schnellsten, diese Erddrehung verleiht der Rakete Tempo. Heißt: Raketen, die von Kourou starten, brauchen weniger Treibstoff. Oder können besonders schwere Satelliten transportieren. So wie die Ariane 6. Die Trägerrakete kann bis zu 21 Tonnen Fracht befördern. Heute: den militärischen Überwachungssatelliten CSO-3, der helfen soll, Europas unabhängigen Zugang zum Weltraum wiederherzustellen.

Während des Kalten Krieges zwischen den USA und der Sowjetunion tobte ein offenes Space Race. Entdeckungen oder technische Erfolge des einen galten automatisch als politische Niederlagen des anderen. Heute mischen deutlich mehr Akteure im All mit. Den einen geht es um dessen wirtschaftliche Nutzung, anderen eher um die Forschung oder unabhängige Infrastruktur. „In einem Wettlauf ins All sollte die ESA aber gar nicht erst mitrennen“, findet Nina Klimburg-Witjes.

Sie forscht an der Universität Wien zu Europas Zukunft im All. Ihrer Meinung nach sollte sich die ESA eher auf das konzentrieren, was sie besonders macht: das demokratische Bündnis der 23 Mitgliedstaaten.

23 Staaten haben mehr Geld als ein einzelnes Land. 23 Staaten bündeln mehr Technologien, mehr Wissen, mehr Ideen. 23 Staaten entscheiden aber auch langsamer als einzelne Akteure – und weniger mutig. Kritiker meinen deswegen, Europas Weltraumfahrt sei überbürokratisch und vor allem: zu langsam.

Das „geografische Rückflussprinzip“ der ESA schreibt vor, dass jedes Land etwa so viel Auftragsvolumen bekommt, wie es finanziell zur ESA beiträgt. Über jede Mission, über jede Investition, über jeden Zulieferer stimmt die ESA dann gemeinschaftlich ab. Dabei würden die Wünsche der einzelnen Mitgliedstaaten austariert, sagt Nina Klumburg-Witjes. Wer baut welche Teile? Wessen Astronautinnen und Astronauten fliegen wann?

Mit dieser Praxis kann die ESA gar nicht so flexibel sein wie private Unternehmen. Und sie muss es auch nicht: Die ESA wurde gegründet, um Weltraumforschung zu betreiben. Das kommt zwar auch der Wirtschaft zugute, kommerzielle Interessen sind derzeit aber zweitrangig. „Es sind europäische Werte, die uns im Vergleich mit anderen bremsen, also Genauigkeit, Qualität, Rechtssicherheit und Nachhaltigkeit“, sagt Nina Klumburg-Witjes. „Die Frage ist eher, was einem am Ende wichtiger ist: Innovation und Agilität – oder Demokratie und Nachhaltigkeit?“

Umso wichtiger, dass heute beim ersten kommerziellen Start der Ariane 6 in Kourou alles glattgeht. Die Tickets, mit denen man den Start von einem der offiziellen Aussichtspunkte in Kourou verfolgen kann, sind seit Wochen ausverkauft. Auf der Ibis-Plattform, 18 Kilometer vom Launchpad der Ariane entfernt, versammeln sich schon gegen elf Uhr um die 200 Menschen. Der Start ist für 13.24 Uhr geplant. Einige Zu-

schauende tragen Arianespace-Fanshirts, andere T-Shirts mit „Star Trek“-Motiven. Sie blicken auf die Weite des Dschungels, der dieses Land fast vollständig bedeckt. Wer weiß, wohin er schauen muss, erahnt am Horizont die Startrampe. Die, die es wissen, bringen ihre hochauflösenden Kameras in Position und schrauben Teleobjektive an.

**Über jede Mission,
jede Investition,
über jeden Zulieferer
stimmen die
23 Staaten der ESA
gemeinschaftlich ab**

Während Hardcorefans wie de la Jousse-Lilieux in der Sonne braten, haben sich die meisten anderen Zuschauerinnen und Zuschauer unter einen Pavillon gerettet. Hier steht ein großer Bildschirm, der die Vorbereitungen aus der Kommandozentrale des Weltraumbahnhofs überträgt. Noch 20 Minuten. Ein Kontrollboard zeigt die Startberechtigungen in einem Ampelsystem an. Nach und nach springen die Felder von Rot auf Grün. Grundzustand: okay. Wetter: okay. Ariane 6: okay. CSO-3: okay. Ein Feld, eine Schnittstelle an der Startvorrichtung, bleibt rot. Um 13.05 Uhr, keine 20 Minuten vor dem geplanten Start, ist klar: Das war's für heute. Die Ariane 6 und der Satellit bleiben am Boden.



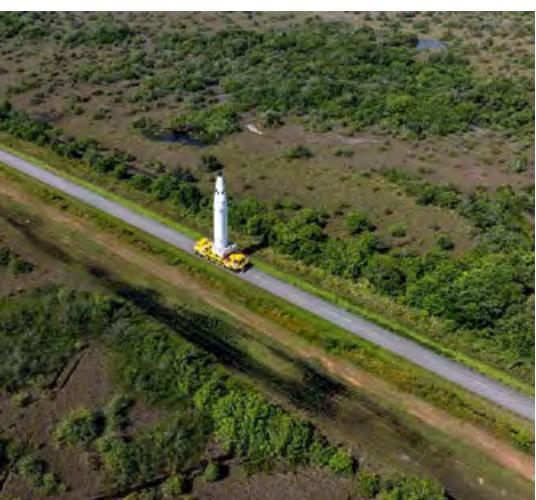
Lage ist alles:
Von Kourou können Raketen
so starten, dass herunter-
fallende Trümmer sicher
ins Meer fallen

Einer von ihnen ist Ronan de la Jousse-Lilieux. Er stellt sich als Space-Enthusiast vor, er will den Start live auf seinem YouTube-Kanal streamen. De la Jousse-Lilieux wohnt in Bordeaux, er ist wegen der Arbeit in Französisch-Guayana. Er habe sich extra ein Meeting so gelegt, dass er beim Start dabei sein kann. Heute schaue schließlich ganz Europa zu. „Wenn nicht sogar die ganze Welt“, sagt er.

Oft ist ungünstiges Wetter der Grund, warum ein Start verlegt wird. Heute ist es ein 150 Kilogramm schweres Ventil, das undicht ist. In Fachkreisen nehmen sie das hin: Das Risiko, dass die teure Rakete mitsamt dem Militärsatelliten auf der Startrampe explodiert, ist schlicht zu groß. Auf X aber sammeln sich unter dem offiziellen Posting des Raketenbetreibers ArianeGroup wütende Kommentare. „Ich hoffe einfach,

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 verstrecken – 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.

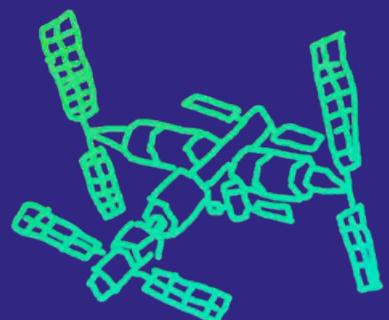
Die Zuschauenden starren gen Himmel. Ein paar lachen auf, andere applaudieren kurz. „Wie jetzt? Das war's?“, fragt Bernd, der Tourist aus Österreich. Er stemmt sich kopfschüttelnd von der Holzbank. „Cape Canaveral war viel geiler.“



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.

Reza sendet ein Signal

Text: Teseo La Marca

Im September 2022 nimmt die iranische Sittenpolizei eine junge Kурdin fest, weil sie ihr Kopftuch nicht vorschriftsgemäß trägt. Sie verstirbt in Haft. Reza Jafari liest nur davon, er kannte Jina Mahsa Amini nicht. Aber er ist ergriffen. Und unendlich wütend: „Es war, als hätten sie meine Schwester getötet.“

Hunderttausende Iranerinnen und Iraner empfinden das ähnlich. Sie gehen im Herbst 2022 für Wochen auf die Straße, um ein Ende des iranischen Regimes zu fordern. In den Protesten steht Reza, ein hochgewachsener 29-Jähriger, der seinen Job als Marketingspezialist behalten und deshalb seinen echten Namen hier nicht nennen möchte, an vorderster Front. In seiner Heimatstadt Isfahan organisiert er Proteste und sammelt Spenden für die Familien politischer Gefangener. Reza will die Revolution.

Aber der Regierung gelingt es, die Aufstände zu zerschlagen. Mit Gewehrkugeln, mit Tränengas, vielen Tausenden Festnahmen. Und mit Internet-Blackouts: Zeitweise fährt die Regierung die Netzverbindung so stark zurück, dass Messenger-Apps nicht mehr zu nutzen sind und Aufnahmen von Protesten kaum mehr hochgeladen werden können.

Im Januar 2023, die Straßen sind lange wieder ruhig, bekommt Reza eine Nachricht von einem befreundeten Aktivisten. Er war nach Europa geflüchtet, hat sich dort einen Namen als Regimegegner gemacht. Er fragt, ob Reza helfen könne: Sie wollen 50 Starlink-Terminals nach Iran schmuggeln.

Wegen der Sanktionen gegen Iran müssen Waren aus dem Ausland wie Markenkleider oder Smartphones illegal ins Land gebracht werden. Auch Starlink-Terminals. Reza weiß, dass das Risiko enorm ist: Wenn er erwischt wird, kann er wegen Schmuggels oder gar Spionage mehrere Jahre ins Gefängnis kommen. Reza weiß aber auch, dass eine Protestbewegung darauf angewiesen ist, in Echtzeit Nachrichten aus Iran in alle Welt zu senden. Das verspricht Starlink. Also sagt Reza zu.

Starlink ist ein Netz aus Satelliten, das in mehr als 100 Ländern den Zugang zum Internet ermöglicht. Gerade in Gebieten, in denen die Versorgung schwach ist, weil sie nicht per Kabel oder Funkmasten ans weltweite Netz angeschlossen sind. Um es zu nutzen, braucht man ein Starlink-Terminal: eine flache Schüssel, die das Signal von einem Satelliten empfängt und per Kabel an einen WLAN-Router weiterleitet.

Starlink gehört zu SpaceX, dem Unternehmen des Multi-milliardären Elon Musk. SpaceX hat bereits mehr als 10.000 Internetsatelliten ins All geschickt. Alle paar Tage startet eine Rakete mit neuen Satelliten. Der Service bringt Musk nicht nur Geld: Wer einen für ganze Regionen relevanten Internetzugang nach Belieben an- und abschalten kann, kann theoretisch den Ausgang von Kriegen oder politischen Aufständen beeinflussen. Am Anfang der letzten großen iranischen Protestwelle, im September 2022, kündigte Musk an, seine Satelliten über Iran zu aktivieren. Mit der Geste eines Freiheitskämpfers erklärte der damalige US-Außenminister Antony Blinken, die Maßnahme fördere „die Freiheit im Internet und den freien Informationsfluss für das iranische Volk“. Die USA gaben die Geschäfte frei, trotz der US-Sanktionen gegen Iran.

Ein Vormittag im Januar 2023. Reza sitzt an seinem Schreibtisch im Firmenbüro, da leuchtet sein Smartphone auf. Eine Nachricht auf Telegram: ein Standort. Und eine Uhrzeit. Um 12:15 Uhr soll das Paket mit einem Starlink-Terminal in einer Mülltonne bereitstehen.

Professionelle Schmuggler haben die 50 Terminals aus Irak über das Zagros-Gebirge nach Iran gebracht. Jetzt liegt es an Aktivistinnen und Aktivisten wie Reza, sie abzuholen und in verschiedenen Städten aufzustellen. Das ist gar nicht so einfach: Eigentlich müssen die Schüsseln mit freier Sicht zum Himmel stehen, damit sie sich gut mit einem Satelliten verbinden können.

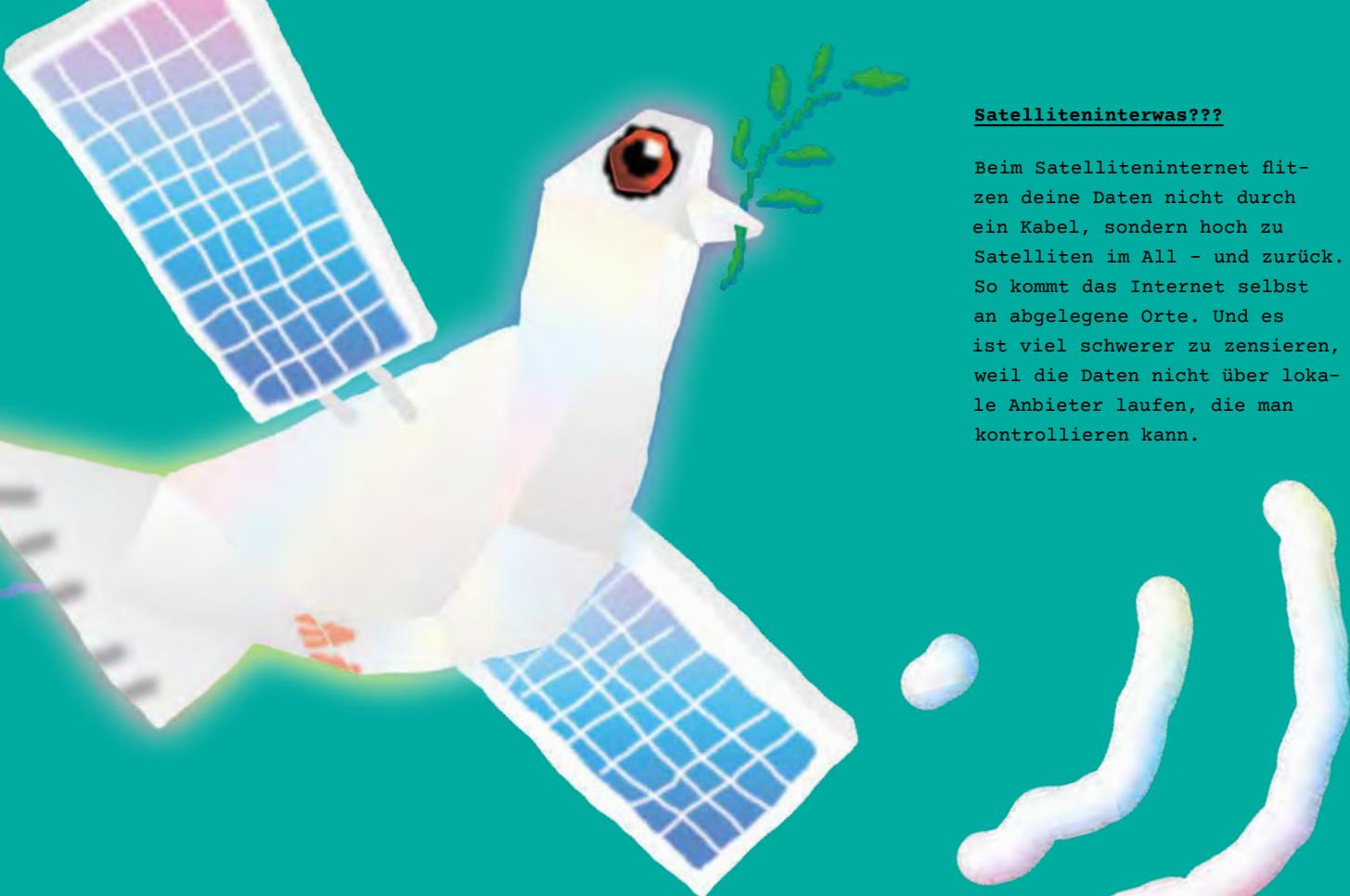
Reza meldet sich für eine Stunde von der Arbeit ab, holt das Paket und lässt es in seiner Wohnung. Mit schweißnassen Händen kehrt er zurück. „Ich hatte verdammt Schiss, dass jemand Verdacht schöpft“, erzählt Reza knapp drei Jahre später. Er habe sich gefühlt wie ein Dealer.

Um Starlink nutzen zu können, braucht man ein kostenpflichtiges Abo. Diese Abos stellt der Oppositionelle in Europa bereit, der Reza kontaktiert hat. Unter einer Bedingung: „Wenn die Mullahs das Internet abdrehen, müsst ihr den Menschen in Iran eine Stimme geben.“

Heißt konkret, dass die Aktivistinnen und Aktivisten ihr WLAN so vielen Menschen wie möglich zugänglich



Online bleiben,
auch wenn das Regime
das Internet abschaltet:
Wie Satellitenschüsseln nach
Iran geschmuggelt werden



Satelliteninternet???

Beim Satelliteninternet flitzen deine Daten nicht durch ein Kabel, sondern hoch zu Satelliten im All – und zurück. So kommt das Internet selbst an abgelegene Orte. Und es ist viel schwerer zu censieren, weil die Daten nicht über lokale Anbieter laufen, die man kontrollieren kann.

machen. Ein guter Router versorgt 20 bis 50 Personen im Umkreis von 500 Metern mit Internet, sagt Reza. Sie sollen im Austausch bleiben und den Exilaktivisten in Europa mit Informationen versorgen. Der würde die Informationen dann auf Instagram und Telegram verbreiten.

Juni 2025, Krieg zwischen Iran und Israel. Die iranische Regierung schaltet das Internet zum ersten Mal komplett ab. Um die Bevölkerung vor Cyberangriffen Israels zu schützen, heißt es offiziell. Um möglichen Protesten vorzubeugen, glaubt Reza. Elon Musk schreibt auf X: „The beams are on.“

„Das Satelliteninternet funktionierte hervorragend“, erzählt Reza. Die Aktivistinnen und Aktivisten tun während des dreitägigen Blackouts, was sie sich vorgenommen haben. Sie bleiben in Kontakt, sammeln Videos, Bilder und Nachrichten aus Iran und schicken sie in alle Welt.

Das Problem: Nur wenige Iranerinnen und Iraner, schätzungsweise 100.000, nutzen im Juni 2025 einen Starlink-Zugang. Die geschmuggelten Terminals erreichen nur einen Bruchteil der Bevölkerung. Und nur Besserverdienende können sich einen privaten Starlink-Zugang leisten: Ein Terminal, das illegal eingeschmuggelt wird, kostet etwa 2.500 Euro, sagt Reza. Zum Vergleich: In Deutschland legt man für das Standardset 350 Euro hin. Ein Büroangestellter in Iran verdient im Monat aber selten mehr als umgerechnet 300 Euro. „Starlink-Internet ist hier nicht nur etwas für Oppositionelle. Das ist wie das allerneueste Smartphone, das ist ein Statussymbol“, sagt Reza.

Inzwischen kann man die Terminals über eine iranische Webseite bestellen und über Telegram die Übergabe vereinbaren. Schmuggelrouten über die Berge und Mülltonnenverstecke sind nicht länger notwendig. Aber eine Hürde bleibt: der Preis. „Solange nur einer von 1.000 Iranern online ist, ist das Starlink-Netz nutzlos“, sagt Reza. „Freier Informationsfluss für das iranische Volk“ sehe jedenfalls anders aus.

Neben Aktivistinnen und Aktivisten und ein paar Rich Kids nutzen auch Unternehmen die illegalen Terminals. Selbst für sie lohnt es sich nur selten, etwa wenn eine Firma darauf angewiesen ist, mit Partnern im Ausland zu kommunizieren.

Mit Starlink beeinflusst Elon Musk die internationale Politik. Als Russland im Februar 2022 die Ukraine überfiel und zuerst die Internetinfrastruktur des Landes attackierte, war Starlink wichtig für die Verteidigung der Ukraine. In den von Russland besetzten Gebieten ist Starlink aber bis heute nicht verfügbar. Musk hatte der Ukraine eine Menge kostenloser Starlink-Terminals bereitgestellt, überlegt nun aber öffentlich, seine Unterstützung einzustellen – wegen der hohen Betriebskosten. Starlink ist nicht an humanitäre oder politische Ziele gebunden, sondern ein Business, über das der Inhaber relativ frei entscheiden kann.

Noch bietet Starlink seinen Service in Iran nicht offiziell an, das Abo funktioniert nur über eine Adresse im Ausland. Auf Starlinks Website ist Iran unter „coming soon“ gelistet. Ob es je einen offiziellen Vertrag mit der iranischen Regierung geben wird? Unklar. Um nicht von Starlink oder den USA abhängig zu sein, investieren andere Länder in eigene Satellitensysteme, etwa die Länder der EU, Russland oder China.

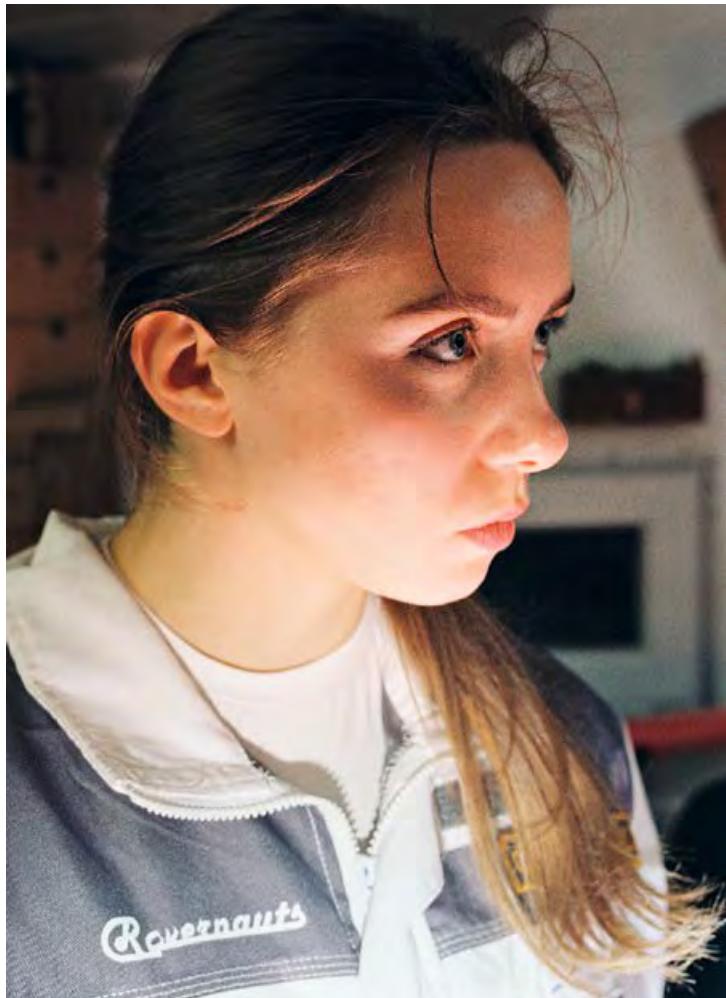
Solange Starlink während der Blackouts funktioniert, weiß Reza den Dienst zu schätzen. Mehr aber auch nicht. „Diktatoren stürzt Starlink nicht. Nicht in Iran und auch nicht anderswo“, sagt er. Damit die Revolution tatsächlich Erfolg hat, braucht es eine geeinte Opposition und eine konkrete Vision für einen demokratischen Iran, kein überteuerteres Internet.



Cosma heizt
ihre selbst
gebauten Mond-
rover auf
80 Stundenki-
lometer

Cosma ist 18 – und will
Astronautin werden. Aber wie?

Cosmic Girl



Wenn Eltern das erste Mal mit Kind in den Urlaub fahren, wählen sie oft unkomplizierte Reiseziele. Holland, Ostsee, so die Richtung. Cosma Heckel ist drei Monate alt, da führt sie ihre erste Reise ins U.S. Space & Rocket Center der NASA in Huntsville, Alabama.

Mittlerweile ist Cosma 18. Sie trägt einen zum Raumanzug aufgemotzten Maleroverall und mustert eine Festplatte, die sie in der Werkstatt ihres Bruders Jesco gefunden hat. „Ich weiß noch, als wir die auseinandergebaut haben. Da war ich elf, so alt wie Jesco heute.“

Schon damals wollte Cosma Astronautin werden. Und sitzt man mit Familie Heckel am Frühstückstisch im Osten Leipzigs, fragt man auch gar nicht groß, warum. Kleine



Spaceshuttles baumeln von der Decke, zwischen Kaffeespender und Eierkorb parken Mondrover-Modelle, eine ganze Wand ist mit Urkunden der NASA tapeziert. Das Zentrum, um das sich dieses Kleinstuniversum dreht, sitzt Cosma gegenüber: Ralf Heckel, 56, gelernter Mechaniker, Weltraum-Guru, Cosmas Vater.

Wenn sie erzählt, sie sei in ihren Traum vom Weltraum „hineingeboren“, ist das also eher tiefgestapelt. Nun ist Astronautin werden nicht gerade einfach. Aber Cosma hat schon einen Plan ausgetüftelt.

Derzeit macht sie eine duale Berufsausbildung mit Abitur: Sie geht zur Schule und arbeitet in einem Betrieb, der Kunststoffteile für Medizin und Elektrotechnik spritzgießt.

Danach will sie studieren, Geologie oder Biologie. Denn:

*„Astronautinnen sind in erster Linie Wissenschaftlerinnen“, sagt Cosma.
„Die ersten drei Menschen auf dem Mars stehen eigentlich schon fest“, sagt Ralf.
„Ein Pilot, ein Geologe, ein Biologe.“
„Das sind die wichtigsten Disziplinen, wenn man neue Planeten besiedeln will“, sagt Cosma.
„Du musst daneben aber auch Anforderungen erfüllen, wie sie an Piloten von Kampffjets gestellt werden“, sagt Ralf.*

Denn Astronautinnen und Astronauten sind mehr als nur Forscherinnen und Forscher, die Raumschiffe navigieren. In der Schwerelosigkeit bilden sich Muskeln zurück, man ist eingesperrt mit wenigen anderen Menschen: Einsätze im All sind Extremsituationen über Wochen und Monate. Ein großer Teil der Ausbildung widmet sich daher der körperlichen Fitness, der mentalen Belastbarkeit und der Zusammenarbeit in internationalen Teams.

Ins All gibt es derzeit zwei Wege. Entweder: das Bewerbungsverfahren bei einer staatlichen Weltraumorganisation. Für Cosma käme theoretisch die ESA infrage, weil sie Staatsbürgerin eines ESA-Mitgliedslandes ist. Oder: mit einem kommerziellen privaten Anbieter wie SpaceX oder Blue Origin fliegen und (in der Regel) viel Geld bezahlen. Die privaten Raumfahrtunternehmen haben die Chancen aufs All gesteigert. Der Großteil heutiger Astronautinnen kommt aber nach wie vor von staatlichen Agenturen.

Bei der ESA bewarben sich auf das letzte Programm für das Jahr 2022 mehr als 22.500 Menschen. Fünf wurden als Berufsastronautinnen und Berufsastronauten und zwölf als Reservemitglieder ausgewählt. Es war das erste Mal seit 13 Jahren, dass die ESA neue Astronautinnen und Astronauten ausgewählt hat.

In der staatlichen Raumfahrt führt der Weg nicht nur über die Wissenschaft ins All, erzählt Cosma. Sondern auch über eine Ausbildung beim Militär. Diesen Weg hält sie sich offen, aber ganz geheuer ist er ihr nicht. „Das Militär zieht dich im Ernstfall natürlich ein.“

Leicht war der Weg ins All nie. Cosmas Vater Ralf wollte Kybernetik studieren, um selbst eines Tages hochzufliegen. In der DDR sei das aber meist Mitgliedern der Sozialistischen Einheitspartei (SED) vorbehalten gewesen, sagt er. Also wurde er Industriemechaniker.

Um in die Raumfahrtsszene zu kommen, so erzählt es Ralf am Frühstückstisch, schlich er sich ab Anfang der Nullerjahre auf Konferenzen ein. Er gründete den Verein „Helft MIR“, um die russische Raumstation MIR vor dem kontrollierten Absturz zu bewahren. Die ausgediente Raumstation konnte er so zwar nicht retten. Aber sein Engagement habe in Russland „mächtig Sympathien erzeugt“.

Man lud ihn ein, mit deutschen Schülerinnen und Schülern das Staatliche Luftfahrtinstitut in Moskau zu besuchen, erzählt Ralf. Er kam wieder und wieder, um mit Gruppen russische Weltraumeinrichtungen zu besuchen. Bis ein deutscher Ingenieur der NASA Wind davon bekam und ihn ebenfalls einlud.



Glaubt man Ralf, kam es in der Folge zu einer Art Wettstreit, wer den Jugendlichen die spektakuläreren Einblicke ermöglichte. Bei den Jugendlichen selbst sei aber wenig hängen geblieben. Also habe er etwas Neues gesucht, um sie für den Weltraum zu begeistern. Wettkämpfe. Ralf fand: das Great Moonbuggy Race der NASA.

Damit zurück an den Leipziger Frühstückstisch. Zur Wand voller NASA-Urkunden, die das Leipziger International Space Education Institute (ISEI) gewonnen hat. So heißtt Ralf Heckels Förderzentrum. Er geht an Schulen, baut mit Jugendlichen Moonrover- und Raketenmodelle, auch wenn es mittlerweile schwieriger sei, in deutsche Schulen zu kommen als in die Räumlichkeiten der NASA, wie er sagt. Daneben vernetzt das ISEI Jugendliche mit ehemaligen Schülerrinnen und Schülern, die Raumfahrtgenieure geworden sind oder für Astronautinnenprogramme trainieren. Kurz: Mit dem ISEI will Ralf aus jungen Leuten, die sich fürs All interessieren, junge Leute machen, die es beruflich in die Raumfahrt zieht. Besonders beliebt ist bei allen



das Moonbuggy-Rennen der NASA. 2007 sei man erstmals mit eigenen Mondrovern angetreten, erzählt Ralf. Und direkt bester Newcomer geworden. Da war Cosma drei Monate alt.

Das Rennen: ein knapp einen Kilometer langer Parcours durchs U.S. Space & Rocket Center, vorbei an ausgestellten Raketen und durch einen künstlichen Krater, in dem ein Mondlander steht. „Man hat schon wirklich Mond-Feeling“, sagt Cosma. Und wie ähnlich sind die selbst gebauten den echten Mondrovern? Die Konstruktion sei sehr nah dran, sagt Ralf. Die Materialien eher nicht.

Zeitweise holten die Teams des ISEI bei den NASA-Rennen reihenweise Podestplätze. Dieses Jahr fuhr Cosma zum zweiten Mal als Pilotin mit. Es könnte das letzte Rennen gewesen sein: Die Trump-Administration mache es internationalen Teams zunehmend schwer, mitzufahren, erzählt Ralf. Er plane daher nun ein eigenes Rennen.

Cosma hat derweil gerade eine Facharbeit für die Schule beendet. In der beschreibt sie die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf den weiblichen Körper. Sie hat eine Gynäkologin und eine ehemalige Schülerin des ISEI interviewt, die ihren ersten Flug ins All vorbereitet. Wie verhält sich der Hormonzyklus dort oben? Was, wenn die Menstruation einsetzt? „Solche Themen kommen noch zu kurz“, sagt Cosma. Die Riege der Raumfahrenden ist bis heute mehrheitlich männlich. Aber Cosma sieht einen Wandel. Zum Beispiel die aktuelle Astronautenklasse der NASA, der vier Männer und sechs Frauen angehören.

Am Frühstückstisch wird die Zeit knapp. Die Heckels wollen später nach Neubrandenburg fahren, wo die 40. Raumfahrttage stattfinden. Schnell noch eine Führung: durchs Space Hotel, in dem die Jugendlichen unterkommen, die an den Feriencamps des ISEI teilnehmen, und das sonst zur Finanzierung des ISEI beiträgt. In den Hinterhof, in dem ein Raketenmodell steht, das Ralf und seine Schülerinnen aus dem alten Treibstofftank eines Kampfjets gebaut haben. Bis in die Garage. Hier parken mehrere Mondrover. Sie erinnern an vierrädrige Liegefahrer, die jemand aus einem überdimensionierten Metallbaukasten konstruiert hat. „In der Nähe gibt es einen Testkurs“, bemerkt Cosma. Das weckt natürlich Neugier.

Der Testkurs erweist sich als öffentlicher Skatepark. Nacheinander schwingen sich Cosma und ihr Bruder Jesco in die Roversitze, Cosma vorn, die Hände an zwei Hebeln, mit denen sie lenkt. Als die Bahn frei ist, treten beide in die Pedale und rasen auf einen der Asphalt Hügel zu. „56 Gänge“, murmt Ralf am Rand. Bis auf 80 Stundenkilometer hätten sie es schon gebracht. Heute bleibt es bei gemütlichen Runden, die trotzdem zeigen, was der Rover kann. Wie die bewegliche Vorderachse Unebenheiten ausgleicht, wenn Cosma und Jesco einen Hügel überfahren, ungläublich beobachtet von ein paar Kindern, die sich erkundigen, ob sie auch mal fahren dürfen. Ein anderes Mal vielleicht.



Zurück auf dem Hof des Space Hotels, dessen saubere Fassade mit dem NASA-Logo surreal wirkt neben dem verwitterten Putz des Nachbarhauses. Bevor es losgeht, erzählt Cosma noch von der Cosmic Girls Competition, einer Initiative, die Frauen in der Raumfahrt fördern will. Gesucht werden sechs junge Frauen von sechs Kontinenten. Cosma hat sich beworben. Sie will ein Astronautinnentraining gewinnen, zu dem auch ein Parabelflug gehört. Bei dem erzeugt ein Flugzeug für einige Sekunden annähernde Schwerelosigkeit – beinahe wie im Weltraum.

Cosma weiß, wie viele Menschen vom All träumen. Wie viele es versuchen. Und wie wenige es schaffen. Ob sie trotzdem daran glaubt? „Man muss sich hohe Ziele stecken“, sagt sie. „Dann hast du selbst dann etwas geschafft, wenn du scheiterst.“



Wer ist Astronautin?

Der erste Deutsche im All war ein Kosmonaut (Sigmund Jähn aus der DDR), China nennt seine Raumfahrenden „Taikonauten“. „Astronaut“ wurde lange für Mitglieder staatlicher Weltraummissionen genutzt. Es ist aber kein geschützter Beruf, und weil immer mehr touristische Weltraumtrips starten, gilt heute als Astronautin oder Astronaut, wer im All war. Wobei es in der Branche dann doch Hierarchien gibt. Etwa ob man eine echte Astronautinnenausbildung durchlaufen hat und auf einer Erdumlaufbahn war – oder den Weltraum auf gut 100 Kilometern Höhe nur kurz angezischt hat wie Katy Perry.

Text: Enno Schöningh



Kosmische Rendite

Der Asteroid Psyche soll zu großen Teilen aus Metall bestehen, das sehr wertvoll ist. Warum holen wir uns das nicht einfach?

Gäbe es eine Goldgrube im Wert von zehn Trillionen Dollar, die Menschheit hätte sich im Kampf darum längst die Köpfe eingeschlagen. Gut also, dass es so etwas auf der Erde nicht gibt. Aber über ihr.

Psyche ist ein Asteroid. Er hat einen maximalen Durchmesser von etwa 280 Kilometern und soll bis zu zwei Dritteln aus Metall bestehen, überwiegend aus Eisen und Nickel. Das sind Rohstoffe, die zum Beispiel Smartphones und Batterien brauchen. Die Planetenforscherin Lindy Elkins-Tanton hat deshalb mal Psyches Marktwert geschätzt – und kam auf jene zehn Trillionen US-Dollar. Solche Zahlen sind reine Spekulation. Schon aufgrund seiner enormen Größe und Entfernung – zwischen 378 Millionen bis 497 Millionen Kilometer von der Erde – wäre Psyche nicht die erste Station, auf der man Ressourcen im All abbauen würde.

Eine Idee sieht stattdessen vor, kleine, erdnahe Asteroiden auf eine Umlaufbahn des Mondes zu stoßen. In der Nähe des Mondes angekommen, könnte eine Rakete Sonden zum Asteroiden fliegen, die die Rohstoffe abbauen und in hitzegeschützten Kapseln verstauen, die auf der Erde in den Ozean fallen und eingesammelt werden könnten.

Ohne Rohstoffe keine Technologie

Unternehmen nähern sich dem Weltraumbergbau unterschiedlich. Das US-Unternehmen AstroForge plant beispielsweise, winzige Raffinerien ins All zu schicken. Sie sollen Platinmetalle auf dem Asteroiden selbst gewinnen und zur Erde zurückbringen. Die britische Firma Asteroid Mining Corporation dagegen setzt eher auf die Erkundung: Sie möchte einen Roboterarm entwickeln, der sich am Asteroiden festkrallt, um Proben zu nehmen und Rohstoffe zu kartieren. Der eigentliche Bergbau, also die Gewinnung von Metallen und seltenen Erden, erfolgt dann später.

Um den Weltraumbergbau zu testen, ist der Mond gut geeignet: Er ist nah genug für Experimente und gleichzeitig weit genug weg, um neue Technologien zu erproben. Was dort gelingt – das Extrahieren

von seltenen Metallen oder das Betreiben autonomer Maschinen –, könnte langfristig auf Asteroiden übertragen werden.

Allerdings dürfte es bald voller werden auf dem Mond: Die USA sowie China und Russland planen eigene Mondforschungsstationen, und Indien ist es vor zwei Jahren als erstem Land gelungen, am Südpol des Mondes zu landen. Dort könnte es riesige Wasservorkommen geben.

Der Abbau von Rohstoffen auf der Erde zerstört Landschaften, vergiftet Böden, und Minenarbeiter zählen zu den Berufsgruppen mit verkürzter Lebenserwartung. Der Gedanke, den Bergbau ins All zu verlagern, klingt verlockend: nach einer Hightech-Ökonomie, die den Planeten entlastet.

Noch wären die Kosten für den Rohstoffabbau im All astronomisch, weil es die Technologien noch nicht gibt oder sie noch nicht ausreichend erprobt sind. Aber: Spätere Routineinsätze sind meist billiger als die ersten Missionen. Und die Raumfahrtindustrie senkt ihre Kosten allgemein, durch den großen Konkurrenzdruck und Innovationen wie wiederverwendbare Raketenteile.

Das Weltraumrecht wird umgangen

Die Aussicht auf kosmische Rohstoffe wirft eine alte Frage neu auf. Wem gehören die Ressourcen im All? Der Weltraumvertrag von 1967 besagt, dass sich kein Staat Himmelskörper aneignen darf. Der Vertrag ist völkerrechtlich bindend. Nur schien vor 50 Jahren bei Vertragsschluss zwar eine Mondlandung möglich, aber niemand hat damit gerechnet, dass man Himmelskörper auch wirtschaftlich nutzen könnte. Der Vertrag wurde seitdem nicht überarbeitet, und einige Staaten arbeiten heute aktiv daran, ihn zu umgehen. Zum Beispiel die USA und Luxemburg. Beide haben die Aneignung von Weltraumressourcen in nationalen Gesetzen erlaubt. Oder die 60 Staaten, die das Artemis-Abkommen unterschrieben haben, darunter die USA und Deutschland. Die Unterzeichner hielten fest, dass die Förderung von Weltraumressourcen keine nationale Aneignung gemäß dem Weltraumvertrag darstellt. Russland und China, die nicht im Artemis-Abkommen dabei sind, sehen das durchaus anders.

Diese rechtlichen Vorteile könnten den „Space Gap“ vergrößern: das Gefälle zwischen Staaten mit eigener Raumfahrt und jenen ohne. Denn im Weltraum sind zwar mehr als 80 Länder aktiv, aber nur wenige – USA, China, Russland, Indien, Japan und die europäischen Länder in der ESA – verfügen über genug Geld und Technologie, um Ambitionen wie dem Weltraumbergbau nachzugehen. Und dann sind da noch die Unternehmen, die auch ohne staatliche Aufträge losziehen ins Riesengeschäft Weltraum. Wer den Zugriff auf seltene Metalle oder die riesigen Eisen- und Nickelvorkommen im All hat, diktiert die Preise und sichert sich Macht für Jahrzehnte. 

Die ersten Tiere im All waren **Fruchtfliegen**. Im Februar **1947** stand die Raumfahrt noch ganz am Anfang, die **NASA** wollte an den Fliegen herausfinden, wie sich die Strahlung im Weltraum auf Lebewesen auswirkt. An einem Fallschirm kam die Kapsel aus 100 Kilometern Höhe zurück, die Fliegen waren wohlauft.

Ein Jahr nach den Fliegen startete der erste **Affe**: Albert. Seine Kapsel kam nur auf gut 60 Kilometer Höhe, das Rhesusäffchen erstickte. Die **NASA** schickte vier weitere Alberts los, Albert II war **1949** das erste Säugetier im All. Überlebt hat aber keiner. Mehr Glück hatte der Schimpanse Ham: Seine Mission **1961** war eine Generalprobe für astronautische Raumflüge, Ham trug sogar einen kleinen Raumanzug und führte problemlos eine Reihe von Reaktionstests durch, bevor er wieder landete.

In der Geschichte der Raumfahrt gab es viele Helden, die keine Menschen waren

Bärtierchen sehen aus wie Staubsaugerbeutel mit acht Beinen, sind meist kleiner als einen Millimeter und extrem widerstandsfähig. Wenn es ihre Umgebung verlangt, versetzen sie sich in eine Art gefriergetrockneten Zustand. **2007** trockneten **ESA**-Forschende die Tierchen und setzten sie ungeschützt dem All aus. Nach zehn Tagen unter kosmischer Strahlung und Temperaturen von minus 120 °C bis plus 120 °C rehydrierte man sie – und tada: Manche lebten munter weiter.

Im Februar **2010**, nur sechs Jahre nach Gründung seiner Weltraumagentur, sah man im Staatsfernsehen des Iran einer **Schildkröte** bei ihrer Reise ins All zu. Warum, blieb unklar. Der Verteidigungsminister sprach von Forschungszwecken; andere Staaten befürchteten eher, die gestartete **Kawoschgair-3-Rakete** sei ein **Schritt** in der Entwicklung von Atomwaffensystemen.

Im All nimmt die Knochendichte ab. Um herauszufinden, warum, färbte ein japanisches Forschungsteam **Neun Liter Wasser** fässt das Aquarium

im Spaceshuttle Columbia, das die NASA **2003** startete. Darin auch: **Fische, Wasserschnecken und Quallen** eines deutschen Forschungsteams. Experimente sollten den Knochenstoffwechsel und Bewegungsleidenschaften untersuchen. Aber die Columbia zerbrach bei ihrer Rückkehr über Texas. Sieben Crewmitglieder starben, nur ein paar Fadenwürmer überlebten.

team die Knochenzellen von **Killifischen** und schickte sie **2014** auf die ISS: Weil die Fische fast durchsichtig sind, waren Veränderungen gut zu erkennen. Die Forscher fanden heraus, dass gerade die Zellen, die Knochen abbauen, bei weniger Schwerkraft aktiver sind.

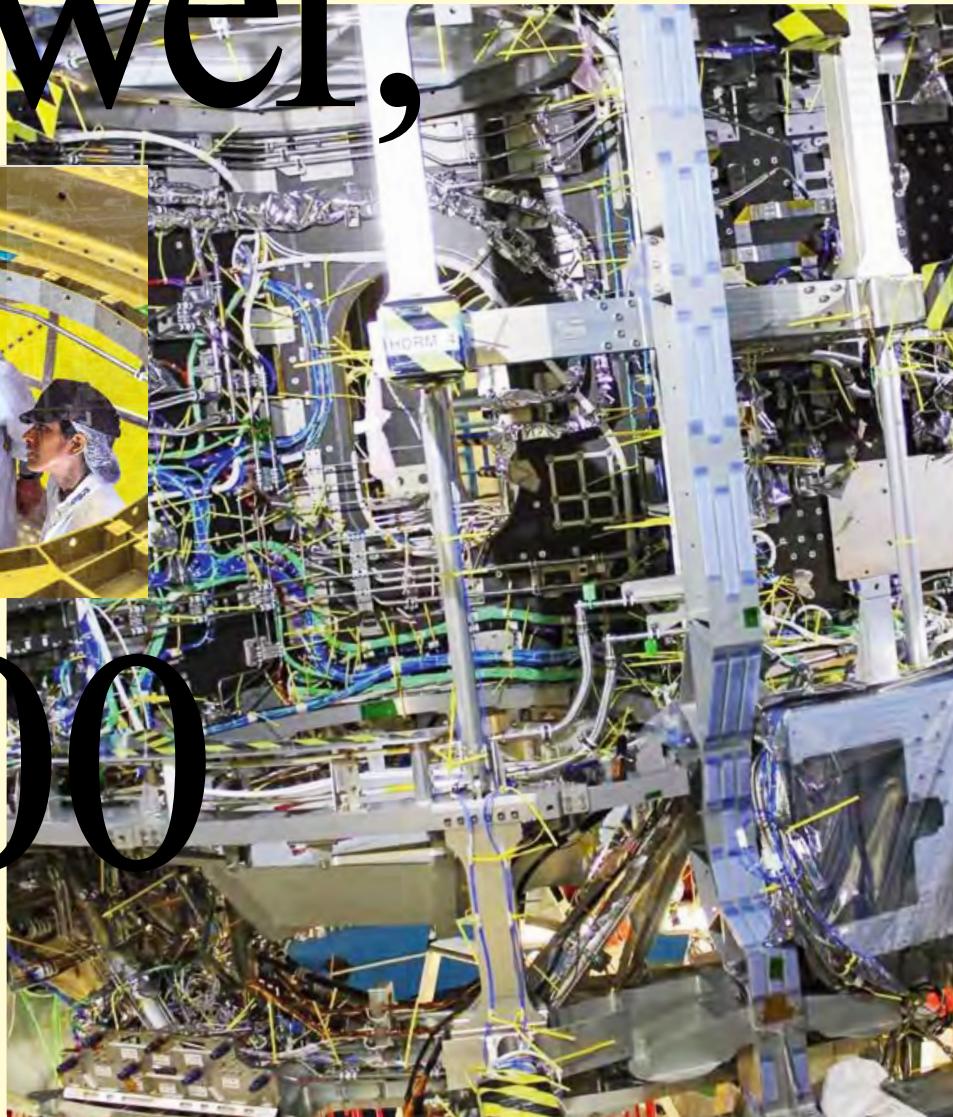
Schon in den **1960er-Jahren** schoss China Ratten und Mäuse ins All, allerdings nicht besonders hoch. Als erste chinesische Tiere auf einer Erdumlaufbahn geltend die **Meerschweinchen**, die **1990** in einen Fanhui-Shi-Weixing-Satelliten stiegen. Der konnte die Nager wieder zur Erde zurückbringen.

Menschen und Frösche haben Ohrsteine, genannt Otolithen. Die ermöglichen es, Beschleunigung oder Schwerkraft zu spüren. Um zu erforschen, wie Otolithen im All funktionieren, ließ die NASA **1970** zwei **Ochsenfrösche** starten. Sie flogen in einer kleinen Zentrifuge, um verschiedene Schwerkraftzustände zu simulieren.

Für eine Weltraummission sammelte die NASA **1973** an Schulen Ideen für Experimente. Julius, 17, aus Massachusetts fragte: Wie bauen **Spinnen** in Schwerelosigkeit ihr Netz? Also nahm die NASA Anita und Arabella mit, zwei Kreuzspinnen. „Wie rasend“, hieß es im Logbuch, habe Arabella ihren Käfig mit wahllosen Fäden durchzogen. Erst nach drei Tagen spannte sie wieder ein Netz.

Hier und da

13 Tonnen schwer,



20.000 Teile, 12 Kilometer Kabel

Text: Victoria Porcu
und Ann-Kristin Schöne

Wie baut man eigentlich ein Teil, das Menschen zum Mond bringt? Wir haben uns bei Airbus in der Werkstatt umgesehen

Ich packe meinen Koffer und nehme mit: einen Wechselschlüppi, eine Zahnbürste und ein ESM. Warte, what? Wer das Gedächtnisspiel mit der Crew spielt, die im Frühling 2026 den Mond umrunden soll, kriegt womöglich genau diese Antwort.

Das ESM (European Service Module), vier mal vier Meter groß, sorgt dafür, dass die vierköpfige Crew im Weltraum genügend Sauerstoff und Wasser hat, nicht erfriert oder einen Hitzetod stirbt. Es liefert außerdem Treibstoff und Strom. „Man kann sich ein Raumschiff wie ein Wohnmobil vorstellen“, sagt Annemarie Gruschke-Lohse, Ingenieurin für Raumfahrttechnik bei Airbus Defence and Space. „Im ESM sind alle Vorräte. Die Astronauten sitzen vorne in der Fahrerkabine. Die heißt Orion und wird in den USA gebaut.“ Zusammen bilden Orion und ESM das Raumschiff, das auf der Rakete sitzt.

Mehr als 150 Ingenieurinnen und Ingenieure aus zehn Ländern haben das ESM entwickelt. Gefertigt wird es bei Airbus in Bremen, der deutschen Raumfahrtstadt. Und zwar pro Jahr ein ESM – bis ESM-6. So steht es im Vertrag zwischen Airbus und der ESA, die wiederum die NASA beliefert. Aber wie baut man ein Modul, das rund 20.000 Teile hat?

Wie gigantische Torten stehen ESM-4 bis -6 in den „Reinräumen“: riesige Fertigungshallen, die man ohne Haarschutz, Anzug und spezielle Schuhe nicht betreten darf. Sauberkeit hat Priorität, selbst die Partikel in der Luft werden gezählt.

Auf Gerüsten wird gerade am ESM-5 geschraubt. Es wirkt wie eine Mischung aus Lego, Heizungskeller und Glasfaserausbau. Jedes Teil hat seinen Platz, nichts wird dem Zufall überlassen, selbst die Farbe der Kabelbinder hat hier etwas zu sagen. ESM-4, fertig: braune Kabelbinder; ESM-5, in Arbeit: gelbe, wiederverschließbare Kabelbinde. Bei rund zwölf Kilometern Kabel kommt immer noch mal ein neues Kabel dazu.

Mit der Umrundung des Mondes 2026 ist das Artemis-Programm der NASA nicht abgeschlossen. Artemis II bereitet Artemis III vor: die Mondlandung. Sie soll Mitte 2027 stattfinden und die erste astronautische Mondmission seit dem Jahr 1972 sein. Jede Artemis-Mission braucht ein eigenes ESM, weil man es nur einmal verwenden kann.

Die Einzelteile werden von Zulieferern aus halb Europa gebaut, in Bremen stehen sie dann vor der Aufgabe, alle zu einem funktionierenden System zusammenzubauen. Sitzt ein Teil nicht richtig, kann es am ganzen ESM nicht weitergehen. Damit die Ingenieurinnen und Mechaniker nicht durcheinanderkommen, gibt es hier statt einzelner Lego-Tüten viele Boxen. In der Box sind alle Teile, die es für den nächsten Schritt beim Zusammenbau (hier sagen sie „Integration“) braucht. Also Box schnappen, rau auf eine der Plattformen, Teile anschrauben oder -schweißen, fertig. Aber bevor ein Teil überhaupt verbaut wird, wird es getestet.

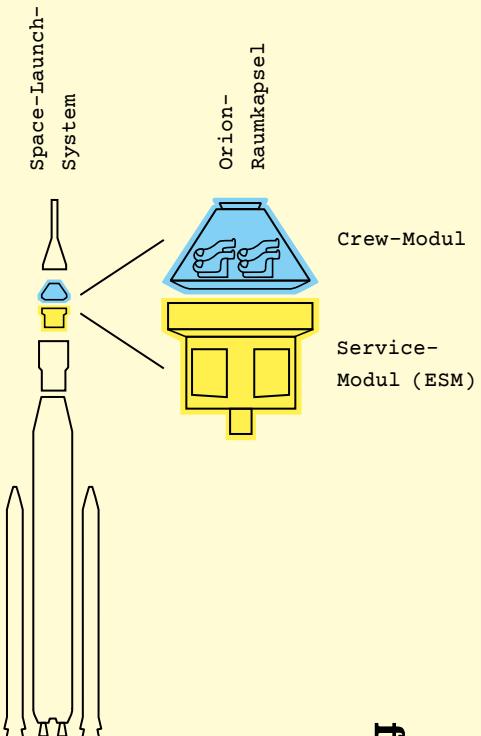
Da sind zum Beispiel die Ventile. Die sitzen unter anderem an den Leitungen, um die Zufuhr von Helium, Treibstoff, Wasser, Sauerstoff und Stickstoff zu steuern. Über Monate werden die Ventile geprüft: Sie werden zigmals auf- und zugemacht, wichtig ist, dass sie richtig dicht sind. „Für den Fall, dass ein Sauerstofftank wegbricht, muss das Ventil zum nächsten Tank ausreichend dicht sein“, sagt Gruschke-Lohse. Außerdem wird geprüft, dass ein Ventil nicht zu viel Strom verbraucht. Energie ist kostbar im Weltraum.

Ralf Zimmermann, Leiter der Explorationsaktivitäten bei Airbus, wird geradezu euphorisch, wenn er über die Ventile spricht. Für ihn sind sie kleine

Wunder. „Diese Bang-bang-Regelung, einfach großartig.“ Im Weltraum fehlt die Schwerkraft, mit der der Treibstoff von allein ins Triebwerk gelangt. „Er braucht einen kleinen Schubs. Den gibt im ESM das Heliumgas.“ Damit der Druck zwischen den Heliumtanks stimmt, braucht es Ventile, die das Gas von Tank zu Tank leiten, innerhalb von Millisekunden. Bang, bang.

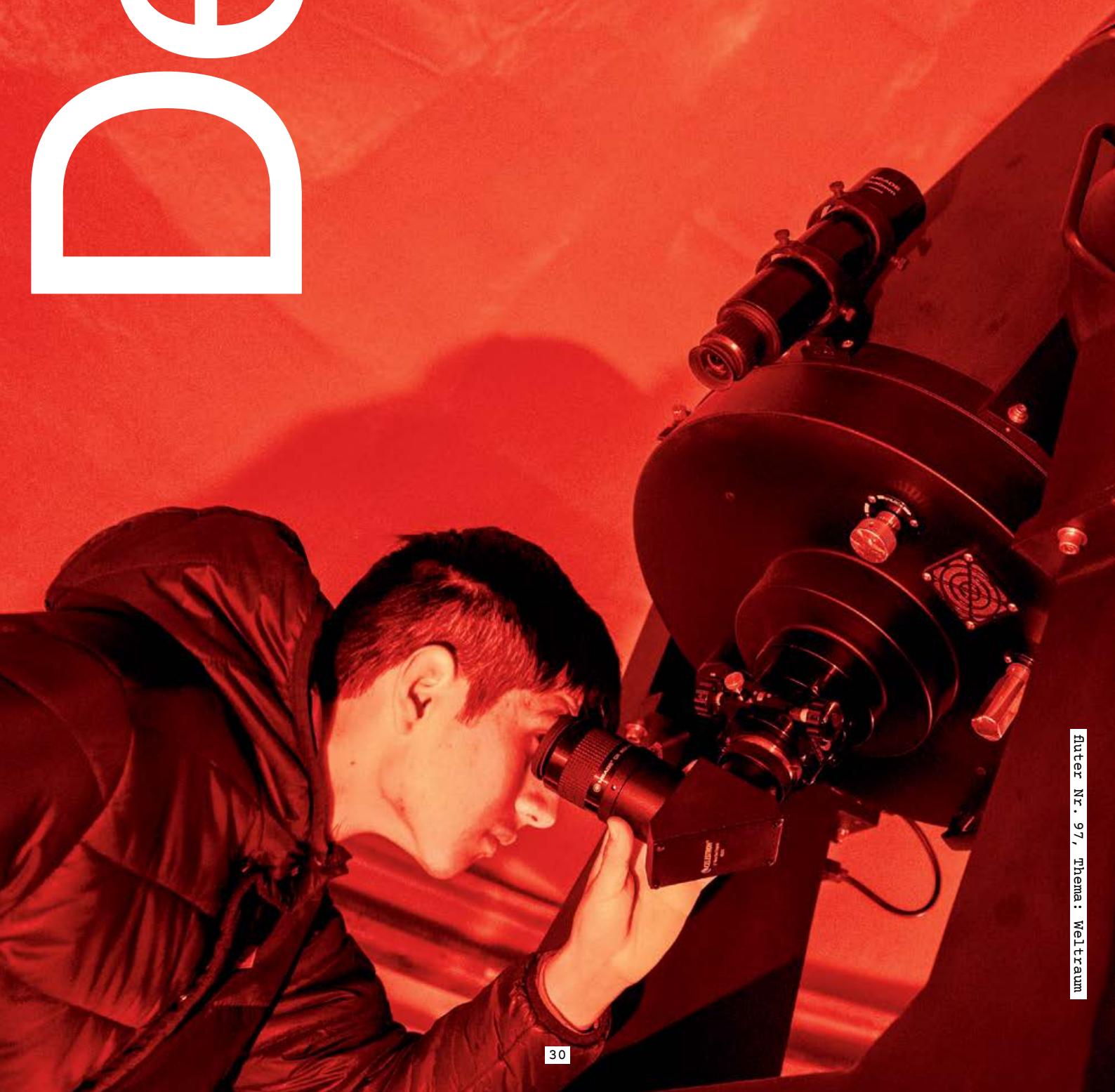
Neben der Schwerelosigkeit sind die extremen Temperaturunterschiede eine große Herausforderung. Im Schatten der Erde oder des Mondes ist es kälter als minus 100 Grad, im Sonnenlicht heißer als kochendes Wasser. Damit das Wasser und der Treibstoff des Raumschiffs nicht gefrieren, werden die Tanks mit einer Art Wärmedeckel beheizt. „Von unserer Arbeit hängt das Leben der Astronauten ab“, sagt Ingenieurin Gruschke-Lohse.

Wenn im Frühjahr zum ersten Mal Menschen mit der Artemis-II-Mission Richtung Mond aufbrechen, schlägt die Stunde von ESM-2. Für Gruschke-Lohse ein „geiles Gefühl, da seinen Beitrag geleistet zu haben“. Nach etwa zehn Tagen soll Orion, die Fahrerkabine des Raumschiffs, mit der Mannschaft zur Erde zurückkehren. Ohne ESM. Das Modul wird vorher abgekoppelt und verglüht in der Atmosphäre. Es hat seine Aufgabe erfüllt.



Der

Licht aus, Sterne an.
In der Atacama-Wüste
in Chile ist der Himmel
Labor und Legende zugleich.
Hier trifft Hightech
auf indigene Weltsicht.
Aber das, was beide
brauchen, verschwindet:
die Dunkelheit



Text: Karen Naundorf
Fotos: Tamara Merino

helle Wahn- sinn



An Wochenenden hilft Luciano Papa César in der Sternwarte

werden sterbende Sterne beobachten und ferne Galaxien. Und Luciano will ihnen erklären, dass es neben all der Technik noch andere Perspektiven auf den Himmel gibt.

Luciano wohnt in San Pedro de Atacama, einem Wüstenort auf rund 2.400 Metern Höhe im Andenhochland Chiles. Es ist ein Plateau mit Vulkanen und leuchtend weißen Salzseen, mit klarem Himmel und überwältigend stillen Nächten. Von Montag bis Freitag geht Luciano rund 100 Kilometer entfernt zur Schule, in Calama, einer Bergbaustadt. Die Familie hat dort eine kleine Wohnung angemietet, um ihm und dem jüngeren Bruder den Besuch einer guten Schule zu ermöglichen. „Damit wir später studieren können“, sagt Luciano. Seine Lieblingsfächer sind Mathematik und Informatik.

Die Wochenenden verbringt Luciano in San Pedro. Sie gehören tagsüber der Playstation – und nachts den Sternen. Dann hilft er seinem Vater César, der im Garten hinter dem Holzhaus, das die Familie bewohnt, eine Sternwarte betreibt.

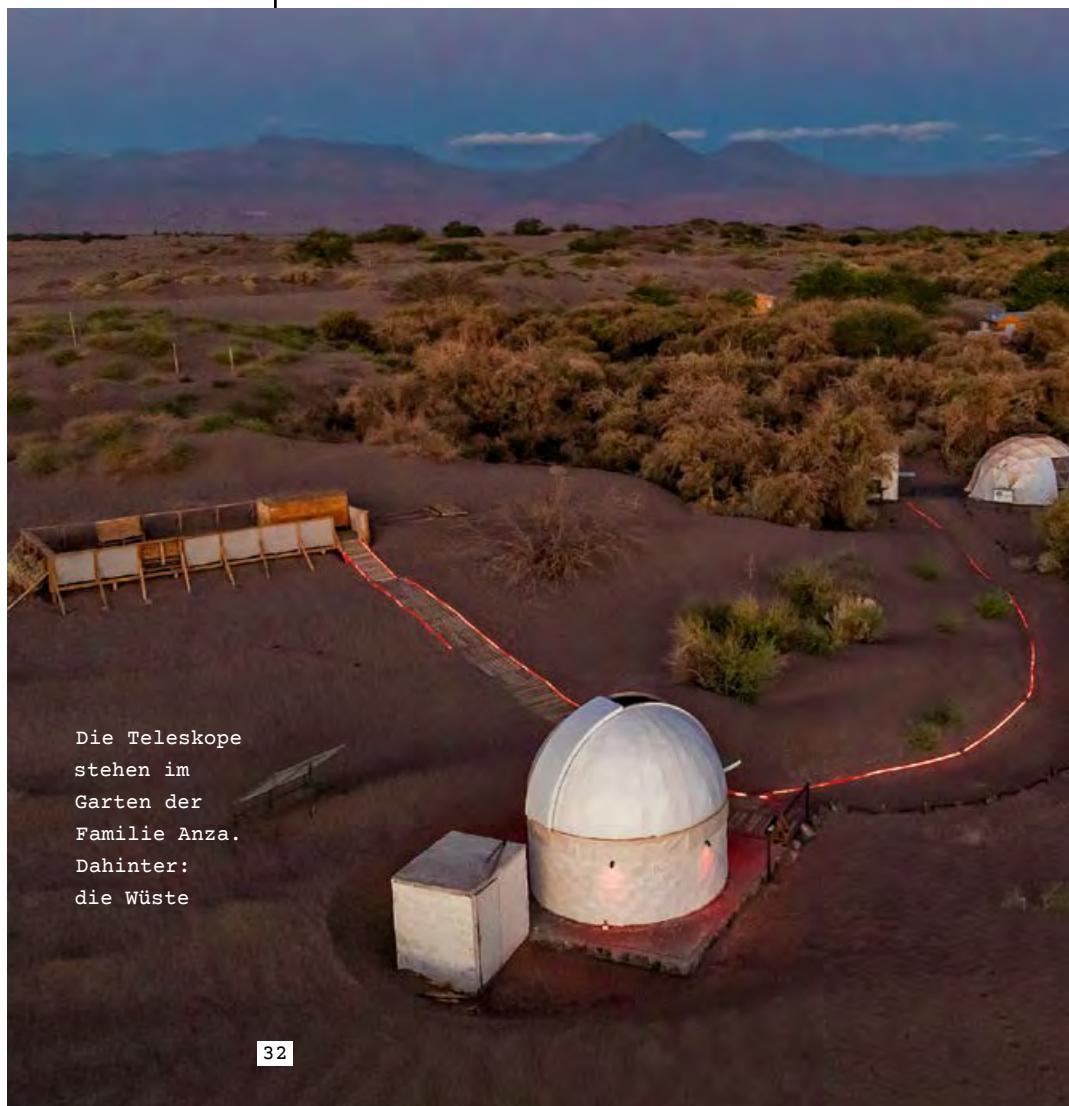
Die Familie lebt vom Astrotourismus, der in San Pedro boomt. „Alarkapin“ hat Vater César sein Observatorium ge-

Ohne das Lama wären wir längst ertrunken, das hat Luciano Anza schon als Kind gelernt. Seit Generationen sehen die Lickan Antay, ein indigenes Volk aus der Atacama-Wüste, das Lama im Nachthimmel: Sein Maul berührt das Meer. Das Tier trinkt – gerade so viel, dass das Meer nicht überläuft und die Erde überschwemmt.

Während wir in Deutschland die leuchtenden Sterne zu Figuren wie dem Großen und Kleinen Wagen oder zu einem Löwen verbinden, beobachten viele Andenvölker die dunklen Flächen zwischen den Sternen – und finden darin Formen wie das liegende Lama, das das Gleichgewicht zwischen Himmel, Wasser und Erde reguliert.

Himmel und Erde sind in der andinen Kosmovision, die für die Lickan Antay sehr wichtig ist, keine Gegensätze; sie gehören zusammen. Einerseits spiegelt der Himmel, was es auf der Erde gibt: Lamas, Kröten oder Füchse. Andererseits gibt es Berührungspunkte zwischen Himmel und Erde. Etwa wenn das Lama am Himmel Salzwasser trinkt. Oder die Milchstraße, auf der die Seelen Verstorbener in die Welt der Ahnen reisen, um zu Sternen zu werden.

Luciano – 16, groß, schlank, wattierte Jacke – steht an einem übermannsgroßen Teleskop und nimmt die wasserdichte Plane ab. Dann richtet er das Beobachtungsrohr in Richtung Himmel. „Die wichtigsten Punkte habe ich vorprogrammiert“, erklärt er. „Das Teleskop wird sie später auf Knopfdruck finden.“ In der Nacht kommt eine Tourigruppe zur Sternenbeobachtung, sie soll den Mond sehen und Saturn mit seinen Ringen, sie



Die Teleskope stehen im Garten der Familie Anza. Dahinter: die Wüste

nannt. Auf Kunza, der Sprache der Lickan Antay, bedeutet das: leuchtender Stern. Vater und Sohn erklären Besucherinnen und Besuchern die Sternbilder und die andine Kosmovidion. Danach führen sie die Gäste

hinaus zu den Teleskopen, um die Theorie am Nachthimmel zu zeigen.

Noch ist der Himmel sternenklar.

Aber Luciano ist unsicher, ob er das Observatorium später mal übernehmen soll

Der Himmel der Atacama-Wüste gilt als einer der klarsten der Erde, er ist an rund 300 Nächten im Jahr wolkenlos. Deshalb stehen hier einige der wichtigsten Observatorien der Welt, darunter die der Europäischen Südsternwarte (ESO), deren Hauptsitz in Garching bei München ist. Ausgesucht wurden die Standorte auch aufgrund der geringen Lichtverschmutzung: wenige große Städte, kaum Industrie. „Der dunkle Himmel ist unser Labor“, sagt Itziar de Gregorio-Monsalvo.

Die Spanierin ist Astrophysikerin und die Vertreterin der ESO in Chile. In ihrem Büro in der Hauptstadt Santiago hängt ein großformatiges Foto des Very Large Telescope (VLT) in der Atacama-Wüste. Bessere Bilder als die des VLT kriegt man momentan auf der Erde nicht, es sei gebaut worden, um alle Bereiche der Astronomie

zu revolutionieren, sagt de Gregorio-Monsalvo. „Wir wollen dazu beitragen, Leben außerhalb unseres Sonnensystems zu entdecken.“

Am VLT sind die Zimmer für Besucherinnen und Besucher in den Wüstenboden eingelassen. Kein Lichtstrahl soll an die Oberfläche dringen und die sensiblen Teleskope irritieren. Nächts dürfen Autos auf dem Ge-



lände nur mit Standlicht fahren, Taschenlampen sind verboten. Alles scheint perfekt geregt, aber das Projekt ist bedroht. „In der Nähe soll eine Anlage für die Erzeugung von grünem Wasserstoff gebaut werden“, sagt de Gregorio-Monsalvo.

Das klingt nach Zukunft, aber für das VLT ist es ein Problem. Und für ein anderes optisches ESO-Teleskop, das das größte seiner Art werden soll, könnte es das Ende sein,

bevor es überhaupt fertig gebaut ist. Denn: Licht, Staub, Erschütterungen, „fatal für uns“, sagt de Gregorio-Monsalvo. Die ESO beobachte, wie Sterne und Planetensysteme entstehen. Sie untersuche Exoplaneten, also Planeten, die um ferne Sterne kreisen, und ihre Atmosphären, um Spuren von Leben oder sogar industrieller Aktivität zu finden. Solche Entdeckungen hängen von etwas scheinbar Simplem ab: der nächtlichen

Dunkelheit. „Hier steht nicht nur ein Observatorium auf dem Spiel“, sagt de Gregorio-Monsalvo, „sondern unser Fenster zum Universum.“

In Chile hat sich deshalb eine ungewöhnliche Allianz formiert: der Rat der dunklen Himmel. Ein Zusammenschluss internationaler Sternwarten und Universitäten will die Dunkelheit schützen. Der Rat fordert strenge Auflagen für die Industrie und Aufklärung in den Gemeinden. In San Pedro hat der Stadtrat darauf bereits reagiert. Auf dem Fußballplatz sind die Flutlichter nach unten gerichtet, nicht mehr in den Himmel. Die Straßenlaternen im Zentrum geben ein gelblicheres Licht ab – warm für das menschliche Auge, weniger störend für Observatorien. Die Stadt erhellt den Nachthimmel noch immer, aber ein Anfang ist gemacht.

Das Observatorium Alarkapin ist im lokalen Verbund AstroLoa engagiert, der die Anliegen des Rats der dunklen Himmel unterstützt. César hat schon einmal erlebt, was zu viel Licht für seine Arbeit bedeutet. Sein erstes Observatorium stand am Rand von San Pedro. Als die Stadt wuchs, ließen die Lichter den Nachthimmel verblassen. Die Familie zog aufs Land, 15 Autominuten von



bis 2.000 km -----

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

Weltraumaufzug #3

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.

San Pedro entfernt. César baute ein neues Observatorium, 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.



Bitte nicht krümeln



Rehragout, Pierogi, Pilzsoße – heute alles möglich im Weltraum. Aber schmeckt's auch?

Und wie versorgt man Raummissionen über Monate mit frischer Kost? Ein Interview mit einer, die Weltraumnahrung entwickelt

fluter: Juri Gagarin, der erste Mensch im All, aß püriertes Fleisch aus Aluminiumtuben. Neil Armstrong kaute auf seiner Mondmission getrocknete Speckwürfel. Haben es Astronautinnen und Astronauten kulinarisch heute besser?

Sonja Brungs: Die Auswahl ist zumindest viel größer. Die NASA stellt den Großteil des Menüs für die Internationale Raumstation (ISS) mit mehr als 200 verschiedenen Produkten. Da gibt es Lasagne, Tapiokapudding oder indisches Fischcurry. Mein Team bei der ESA entwickelt einzelne „Bonus“-Gerichte für unsere europäischen Astronautinnen, zusammen mit Köchen und Herstellern.

Zum Beispiel?

Matthias Maurer hat ein Rehragout und Kartoffelklöße aus seiner saarländischen Heimat mit zur ISS genommen. Zuletzt haben wir den Polen Sławosz Uznański-Wiśniewski begleitet. Er wollte im Sommer das polnische National-

gericht mit zur ISS nehmen: Pierogi, das sind gefüllte Teigtaschen aus Polen.

Wie macht man Pierogi weltraumfähig?

Wir gefrieretrocknen, damit sie haltbar werden. Der Astronaut kann die Pierogi oben dann mit Wasser rehydratieren. Aber bei den ersten Gefrieretrocknungen sind die Pierogi geplatzt. Oder waren nach dem Rehydratieren noch halb trocken: Der Hersteller musste sie verkleinern, damit sie das Wasser komplett aufnehmen. Wir müssen oft lange experimentieren, bis ein Rezept stimmt.

Gibt es grundsätzliche Kriterien für Essen im Weltraum?

Es muss lange haltbar sein, etwa 24 Monate. Dafür gibt es zwei gängige Methoden: gefrieretrocknen oder thermostabilisieren. Dabei wird das Gericht auf 140 Grad Celsius erhitzt und dann in eine Konserve geschlossen. Einiges lässt sich aber auch im Weltall roh genießen, etwa Nüsse und frisches Obst. Wichtig

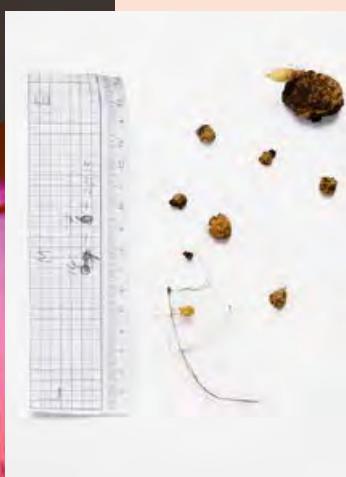
ist auch, dass die Nahrung leicht und kompakt ist, weil Stauraum wertvoll ist. Und die oberste Regel: keine Krümel.

Wieso das?

Krümel sind tödlich in der Schwerelosigkeit, weil sie unkontrolliert durch die Luft fliegen. Die können überall landen, im Getriebe von sensiblen Maschinen, in den Augen oder Luftröhren der Astronauten.

Was ist mit Alkohol?

Auf der ISS streng verboten, sowohl in Getränken als auch in gekochten Gerichten. Der Transport von Wasser ist teuer, deshalb werden Abwasser und Urin zu Teilen zu neuem Trinkwasser aufbereitet. Die Wasserrecyclinganlage auf der ISS kann Alkohol aber nicht verarbeiten. Köche müssen sich da etwas einfallen lassen: Die Pilzsoße mit Wein für das Bœuf bourguignon wurde durch einen Rotationsverdampfer gejagt, um den Alkohol zu extrahieren, ohne auf den Geschmack zu verzichten.



Vorwiegend festkochend:

Die Erde auf dem Mars und Mond ist sehr nährstoffarm und mit Schwermetallen belastet. Am Wageningen University & Research Center in den Niederlanden probieren Forschende, Kartoffeln zu züchten, die in so einer Erde wachsen und Astronauten ernähren können



Eine Simulation der ESA zeigt, wie eine feste Mondstation aussehen könnte: Strom aus Solarzellen, Bauten aus mobilen 3D-Druckern und Kartoffeln und andere frische Lebensmittel aus Gewächshäusern



Schmeckt Essen im Weltall anders als auf der Erde?

Manche unserer Astronauten sagen, der Geschmack sei oben weniger intensiv. Das liegt daran, dass Schwerelosigkeit unsere Durchblutung durcheinanderbringt. Ohne Schwerkraft landet mehr Blut im Kopf, manchmal schwelen deshalb die Schleimhäute in der Nase an. Das ist wie bei einem Schnupfen: Ist die Nase zu, schmeckt man weniger. Wir würzen das Essen für die ISS also stärker.

Dürfen Astronautinnen und Astronauten auf den Missionen essen, was sie wollen? Oder gibt es einen strengen Speiseplan?

In der Auswahl sind sie völlig frei. Ausgewogene Ernährung ist aber wichtig für die körperliche und mentale Fitness. Die europäischen Raumfahrer zeichnen auf, was sie essen. Das Protokoll wird auf der Erde ausgewertet: Welche Makro- und Mikronährstoffe fehlen? Worauf sollte der Einzelne stärker achten?

Die ISS wird alle paar Monate mit Vorräten beliefert. Will der Mensch zum Mars, ist das nicht so einfach. So eine Mission ginge zwei bis drei Jahre, ohne ständige Lieferungen von der Erde. Wie muss sich das Weltraumessen dafür verändern?

Solche Langzeitmissionen sind eine neue Herausforderung für uns. Konserven sind Jahre haltbar, verlieren aber mit der Zeit Nährstoffe und Geschmack. Bei einer langen Mission braucht es noch mehr Vielfalt, um Abwechslung zu gewährleisten. Das ist auch eine Frage der Ressourcen. Zur ISS fliegen regelmäßig Versorgungskapseln, die können den Müll wieder zurück zur Erde bringen. Oder man lässt ihn beim Wiedereintritt in die Atmosphäre verglühen. Das geht bei mehrjährigen Missionen nicht. Da sammelt sich enorm viel Verpackungsmüll an, für den auf einem Raumschiff kein Platz ist. Wohin damit? Es wird an neuen Verpackungsstoffen geforscht, die vollständig essbar sind oder sich auf der Raumstation weiterverarbeiten lassen, etwa für den 3D-Druck.

Eine Kreislaufwirtschaft?

Das ist die Idee. Diese logistischen Fragen lassen sich aber abkürzen, wenn man im Weltraum selbst Essen produziert. Forscher testen bereits, welche Pflanzen sich auf dem Mond oder in Bioreaktoren an Bord eines Raumschiffs anbauen ließen.

Wie soll das gehen?

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt hat zum Beispiel im Ge-

wächshaus EDEN ISS jahrelang in der Antarktis probiert, Gemüse ohne Erde und unter künstlichem Licht anzubauen: Tomaten, Gurken, Salat. EDEN wird demnächst nach Köln gebracht und mit der LUNA-Halle verbunden, in der die Oberfläche des Mondes realistisch nachgebaut ist. So können Astronauten simulieren, wie Anbau und Ernte auf dem Mond ablaufen würden.

In Zukunft gibt's also frisches Mondgemüse.

Hoffentlich! Es braucht noch viel Arbeit, bevor das praktikabel und verlässlich funktioniert. Die Ernährung ist jedenfalls zentral, wenn wir an die Zukunft der Raumfahrt denken. Nicht nur lebenserhaltend.

Wie meinen Sie das?

Essen ist ein Teil der Identität. Und eine psychologische Stütze. Es stiftet Gemeinschaft in der Crew. Je länger eine Mission dauert, desto wichtiger sind der Genuss, die Freude am Essen.

Sonja Brungs leitet das Astronautentraining am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und koordiniert das „Bonus Food“-Programm der ESA.

Was siehst du, wenn du in den Himmel schaust?

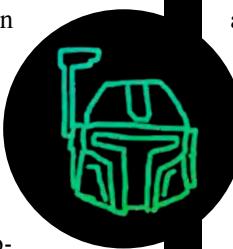
Protokolle: Redaktion

Leon Kortmann (25) Hobby-Mandalorianer

„Fremde Galaxien haben mich schon als Grundschüler fasziniert, vor allem ‚Star Wars‘. Damals habe ich die Animationsserien gesehen. Ich finde cool, wie sich Hightech und Science-Fiction mit dieser dreckigen Hinterweltler- und Wasteland-Ästhetik mischen. Wie alles irgendwie noch analog ist, obwohl man mit Überlichtgeschwindigkeit durchs Weltall reist. Und die unendlichen Welten natürlich. Manchmal packt mich die Hoffnung, da draußen könnte irgendwo eine ähnliche Welt sein.“

Seit fast zehn Jahren bin ich Mitglied in Kostümclubs, jetzt bei den Mandalorian Roughnecks, einem von Lucasfilm anerkannten ‚Star Wars‘-Kostümclub. Mandalorianer sind keine Spezies, sondern ein Clan-Volk, dem sich jeder anschließen kann. Das gilt auch im Club: Wir sind zwischen 18 und 60 Jahre alt und eine echte Gemeinschaft, obwohl wir die unterschiedlichsten Lebenswege haben.

Wir treffen uns zum Basteln oder für Fotoshootings, etwa für unseren Charity-Kalender. Und wir gehen im Kostüm auf Veranstaltungen. Um zum Mandalorianer zu werden, brauche ich eine halbe Stunde. Ich ziehe einen Overall an, auf den kommen Rüstungssplatten für Torso, Knie, Schultern und Unterarme, dazu Handschuhe, den Gürtel, an dem mein Blaster hängt, und natürlich einen Helm, das Erkennungszeichen der Mandalorianer.



Vom Mandalorianer zur Meteorologin, vom Astrofotografen zur Astrophysikerin: Alle sehen etwas anderes

Unsere Kostüme sind selbst gemacht. Im Gegensatz zu anderen Figuren wie Sturmtruppler, die alle gleich aussehen, hast du als Mandalorianer Freiheiten. Ich arbeite viel mit Leder und mit Dingen, die ich im Baumarkt oder im Haushalt finde, Gießharz, Holz oder Glasfaser. Mein Helm war mal ein Skateboardhelm, die Antennen Kugelschreiber. Mein Blaster ist eine Spielzeugwaffe, die ich mit Deckeln von Cremedosen modifiziert habe.“

Anja Niedorf (40)

Meteorologin beim Deutschen Wetterdienst / CM SAF



„Ich schaue gerade oft nach oben: Mein kleiner Sohn freut sich, dass die Wolken jeden Tag anders aussehen. Bei klarem Nachthimmel suchen wir zusammen nach Satelliten.“

Beruflich sehe ich im Himmel eher ein Netz aus Daten. Beim Deutschen Wetterdienst kombinieren wir die Messreihen von Satelliten, um zu analysieren, wie sich die Erdatmosphäre und die Prozesse in ihr verändern. Das sind polarumlaufende Satelliten, die um die Erde kreisen, und geostationäre, die sich mit der Erde drehen und immer dieselbe Stelle beobachten. Satelliten, die speziell über Eis- oder Wolkenoberflächen messen können, und andere, die durch die Wolken schauen, uns also physikalische Zustände der Oberfläche und Atmosphäre zeigen.

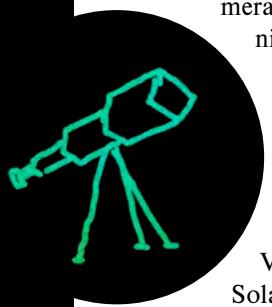
Satelliten haben für das Klimamonitoring einen unschätzbar Vorteil: Sie geben uns globale Datensätze, anders als Wetterstationen oder Schiffe, die nur an einzelnen Punkten auf der Welt messen können.

Ich arbeite derzeit vor allem zu Niederschlag und Wasserdampf. Beim Niederschlag sehen wir, dass die Niederschlagsmenge in Deutschland im Jahresschnitt einigermaßen konstant ist, der Niederschlag aber extremer wird. Das heißt: Wenn es regnet, kommt tendenziell mehr runter, und dazwischen bleibt es länger trocken. Beim Wasserdampf konnten wir zuletzt eine Zunahme feststellen: Die Temperatur der Wasseroberfläche steigt, mehr Wasser verdunstet, und damit steigt auch der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. Wasserdampf ist ein starkes Treibhausgas, der Trend könnte den Klimawandel also verstärken.“

Tim Brenneis (19) Hobby-Astrofotograf

„Die Milchstraße habe ich zum ersten Mal mit vier Jahren gesehen. Ich habe mit meinen Eltern im Garten gezeltet. Es war eine klare Sommernacht, die Milchstraße zog sich wie ein weißes Band über den Himmel. Seitdem bin ich fasziniert vom Weltraum.“

Als Kind war ich oft im Planetarium. Später habe ich Dokus über den Orionnebel angeschaut, das ist eine riesige Gas- und Staubwolke. Als ich gesehen habe, dass man die fotografieren kann, wollte ich es direkt ausprobieren. Davor dachte ich immer, so was kann nur die NASA. Ich nutze ein 8-Zoll-Newton-Spiegelteleskop und eine spezielle Astrokamera. Wichtiger ist aber die Montierung. Die ist nicht einfach nur ein Ständer für das Teleskop, die bewegt sich mit dem Himmelsobjekt, um die Erdrotation auszugleichen. Ich nutze die EQ6-R. 1.500 Euro kostet die. Dafür gingen mein Konfirmationsgeld und mein ganzes Ersparnis drauf.



In der Astrofotografie gibt es zwei Varianten: Solar System oder Deep Sky. Bei Solar System fotografiert man Planeten in unserem Sonnensystem. Deep Sky ist aber spannender. Ich mache Fotos von Nebeln oder Galaxien außerhalb unseres Sonnensystems. Mein Lieblingsobjekt ist der Höhlennebel Sh2-155. Der ist etwa 2.400 Lichtjahre von der Erde entfernt und leuchtet in roten Farben.

Für die Astrofotografie habe ich mir schon einige Nächte um die Ohren geschlagen. Aber es lohnt sich. Dieser Moment, wenn man das erste Bild einer fernen Galaxie sieht, ist unbeschreiblich. Als Nächstes will ich einen Kugelsternhaufen fotografieren, eines der ältesten Objekte im Weltall.“

Sebastian (27) Weltraumoffizier bei der Bundeswehr

„Als Weltraumlageoffizier sehe ich im Himmel vor allem Umlaufbahnen und technischen Fortschritt. Auch wenn der mitunter von Staaten ausgeht, die uns nicht so freundlich gegenüberstehen.“

Ich bin in die Bundeswehr eingetreten, um Luft- und Raumfahrt zu studieren. 2021 wurde das Weltraumkommando gegründet, da wollte ich unbedingt hin. Ein Großteil meiner Arbeit besteht darin, Lagebilder zu erstellen, also möglichst genaue Überblicke, wer gerade im erdnahen Weltraum unterwegs ist. Wir arbeiten im Schichtbetrieb. Und werden nie ‚fertig‘, weil Millionen Trümmerteilchen um die Erde kreisen, die mit Instrumenten kollidieren könnten, und Tausende Satelliten, deren Absicht nicht immer klar ist. Wir beobachten sie, messen Höhe, Geschwindigkeit und andere Daten, um herauszufinden, wer sie betreibt und warum.“



Wir nutzen hier viel Hightech, aber ein Lagebild braucht das menschliche Urteil. Was heute als Kommunikations- oder Aufklärungssatellit zivilen Nutzen hat, kann morgen militärisch eingesetzt werden. Wir sprechen da von Dual Use: Alles kann eine Bedrohung sein. Deshalb teilen wir unsere Lagebilder mit anderen Nationen und machen regelmäßige Übungen unter Führung der U.S. Space Force. Nationen von Brasilien bis Neuseeland simulieren dabei Szenarien für den Ernstfall. Es geht immer um die Abwehr von gegnerischen militärischen Aktivitäten.“

Für mich ist das ein Traumjob. In Zukunft könnte auch die Weltraumlage im Umfeld des Mondes zu unserem Auftrag gehören. Manche belächeln, dass die Bundeswehr im Weltraum agiert. Aber die wissen vermutlich nicht, wie sehr unser Alltag und unsere Handlungsfähigkeit in Krisensituationen davon abhängen, dass Satelliten ungestört die Erde umkreisen.“

Felicitas Mokler Astrophysikerin und Autorin

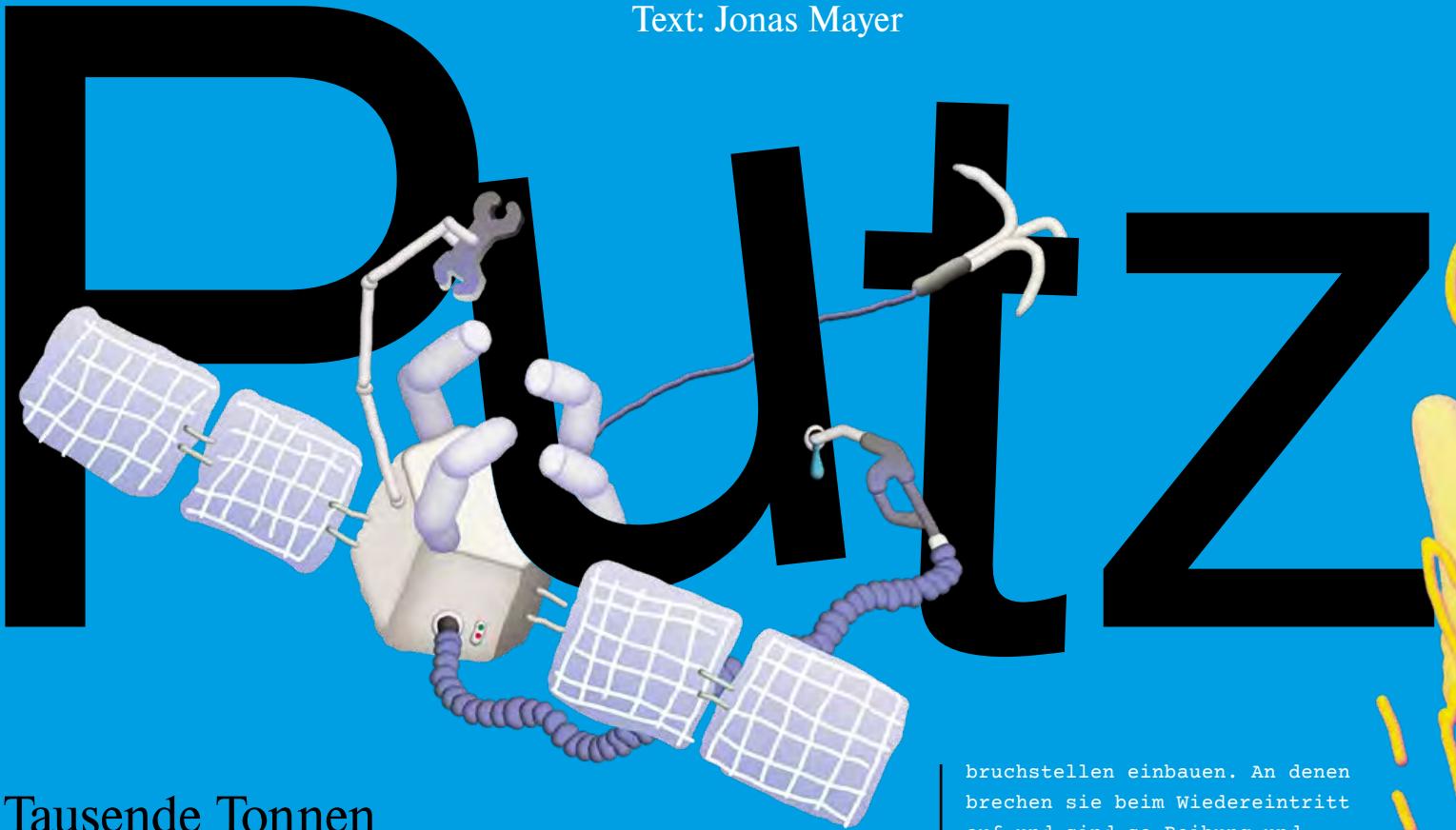


„Ich komme aus einer Kleinstadt, in der die Nächte damals noch so dunkel waren, dass man den Sternenhimmel besonders gut sehen konnte. Das fand ich schon als Kind ergreifend und auch etwas unheimlich. Ich wusste ja nicht, wie groß und wie weit weg das alles war.“

Unser Städtchen hatte eine Sternwarte. Alle zwei Wochen gab es dort ein öffentliches Programm, da musste mein Papa dann mit mir hin. Später habe ich Physik studiert. Das Schöne an der Astrophysik ist, dass alle Bereiche der Physik gefragt sind, weil es im Universum alles gibt, die Thermodynamik von Gasen, Quantenphysik, Kernphysik und so weiter. Das Spezielle an der Astrophysik ist, dass wir nicht klassisch im Labor experimentieren, sondern nur beobachten können und diese Beobachtungen vergleichen.“

Ein Ereignis, das mich besonders fasziniert hat, war, als vor zehn Jahren die Gravitationswellen nachgewiesen wurden. Die spielen in Einsteins Relativitätstheorie eine große Rolle. Man kann sich das als Schwingungen in der Raumzeit vorstellen. Die breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus, und wenn sie auf Materie treffen, schwingt die ein kleines bisschen hin und her. Die Gravitationswellen direkt zu messen, war eine theoretische und technologische Hochleistung, die klargemacht hat: Unser Weltbild, alles, was wir über die Ausdehnung des Universums zu wissen glauben, hat sich bestätigt.“

Die Wissenschaft hat heute so viele Spezialbereiche, dass selbst Fachleute anderer Gebiete manchmal nicht verstehen, warum etwas wichtig ist. Bis die Erkenntnis in der Gesellschaft und der Politik ankommt, dauert es dann noch mal. Deswegen muss nicht nur in die Wissenschaft selbst investiert werden, sondern auch in die Wissenschaftskommunikation.“



Tausende Tonnen
Weltraumschrott umkreisen die Erde.
Damit der nicht in Satelliten
und Raumstationen crasht,
wird an neuen Regeln und
Technologien gearbeitet

Mehr als 15.000 Satelliten umkreisen die Erde, und jede Woche kommen neue hinzu. Ohne sie gibt es kein mobiles Internet, kein Navi, keinen Wetterbericht, aber sie sind auch ein Problem: Alte Satelliten können kollidieren, die dabei entstehenden Schrottteilchen können wiederum andere Satelliten zerstören. Eine Kettenreaktion, die den Orbit vermüllt und die Raumfahrt gefährlich macht. Heute befinden sich eine Million Schrottteilchen auf den Erdumlaufbahnen, die mindestens einen Zentimeter groß sind. Klingt klein, aber bei Geschwindigkeiten von bis zu 40.000 Kilometern pro Stunde haben solche Teilchen die Schlagkraft einer Handgranate. Große Teile werden längst beobachtet, Forschende arbeiten aber auch an Möglichkeiten, alte Satelliten wegzuräumen und neue so zu entwerfen, dass aus ihnen kein neuer Schrott werden kann.

Verglühen lassen

Wenn Objekte in die Erdatmosphäre eintreten, werden sie stark abgebremst. Die Bewegungsenergie wandelt sich in Wärme um oder besser gesagt in Hitze, denn dann wird's so heiß, dass kaum etwas übrig bleibt. Das Objekt verglüht. Das ist mal effiziente Entsorgung.

Die Raumfahrt arbeitet an neuen Bauweisen und Materialien für Satelliten, die im All jahrelang halten, beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre aber so schnell wie möglich verglühen. Die ESA beispielsweise will ihren Satelliten gezielt Soll-

bruchstellen einbauen. An denen brechen sie beim Wiedereintritt auf und sind so Reibung und Hitze maximal ausgesetzt. Und Japan hat 2024 einen Satelliten aus Magnolienholz losgeschickt, um zu sehen, ob sich Holz als Alternative zu Titan und Aluminium eignet.

Bindend ist heute für die meisten Satelliten eine Regel der US-Kommunikationsbehörde FCC: Wenn sie im erdnahen, besonders vollen Orbit ausgedient haben, müssen sie innerhalb von fünf Jahren wieder in die Erdatmosphäre eintreten und verglühen. Das gilt für Satelliten aus den USA und alle, die ihre Services (etwa mobiles Internet) in den USA anbieten. Also für die meisten Satellitenbetreiber.

Abschleppen

Meist haben Satelliten noch ein bisschen Treibstoff über, um nach getaner Arbeit selbst in die Atmosphäre zu fliegen und zu verglühen. Falls nicht, könnten sie bald weggeräumt werden wie Müll im Park: per Zange. Servicer-Satelliten fliegen dafür dicht an den Satelliten oder größere Schrottteile heran und ziehen sie mit robotischen Armen in Richtung Erde. Solche Servicer sollen 2026 starten.



an

Segeln

Bald könnte es über der Erde so aussehen: Ausgediente Satelliten fliegen an großen Segeln der Erde entgegen, bis sie beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre verglühen. Dieses „Dragsail“ ist so dünn und silberglänzend wie eine Rettungsdecke aus dem Erste-Hilfe-Set. Auf ein Signal entfaltet es sich und füllt sich mit dem letzten bisschen Wind, der außerhalb der Erde weht. Wie ein umgekehrter Fallschirm zieht es den Satelliten hinab. Tests zeigen, dass die Reise zwei Jahre dauert – statt Jahrzehnte wie bei einem unkontrollierten Wiedereintritt ohne Segel.

Reparieren

2029 plant die ESA, mit dem „In-Orbit-Servicing“ durchzustarten: mit der Wartung von Satelliten auf ihrer Umlaufbahn. Die Idee: Was länger hält, macht weniger Müll. Im Projekt RISE etwa soll ein Service-Satellit andere Satelliten betanken und außer Kontrolle geratene Satelliten wieder auf die richtige Spur lenken können. Schon im Sommer 2025 soll ein chinesischer Satellit einen älteren betankt haben. So erklären sich jedenfalls Analysten das Andocken der beiden, eine offizielle Bestätigung gab es nie.

Ausweichen

Wenn ein Satellit der ESA auf Kollisionskurs mit einem anderen Satelliten ist, erhält das Space Debris Office in Darmstadt oft schon eine Woche vorher eine Warnung. Erst in den letzten 12 bis 15 Stunden wird klar, wie groß die Gefahr ist. Liegt die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes bei mindestens 1 zu 10.000, ruft das ESA-Team beim Gegenverkehr an, etwa bei der NASA oder bei SpaceX, um zu klären, wer ausweicht. Weil es immer günstiger wird, Satelliten ins All zu bringen, sind die Besitzer aber manchmal unbekannt

oder nicht zu erreichen. Verkehrsregeln oder Kennzeichnungspflichten gelten da oben nicht. Im Zweifel weicht die ESA aus.

Gemeinsame Programme

Die Zero Debris Charta der ESA haben 21 Länder, darunter Deutschland, und mehr als 180 Organisationen und Unternehmen unterschrieben. Die Charta setzt ihnen ein Ziel: ab 2030 keinen Weltraumschrott mehr zu erzeugen, vor allem indem sie bei Raumfahrtmissionen keine ausgedienten Objekte hinterlassen und aktiv aufräumen. Japan hat für seine Missionen ganz ähnliche Regeln aufgestellt.

Friedhofsbahnen

Besonders große Satelliten, die Daten für die Wetter- und Klimaforschung liefern oder zu militärischen Zwecken eingesetzt werden, fliegen am weitesten von der Erde weg, in mehr als 35.000 Kilometern Höhe. Statt sie mit viel Aufwand zur Erdatmosphäre zurückzulenden, steuert man sie lieber mit dem letzten Schluck Treibstoff noch höher: in den „Friedhofsorbit“. Kollisionen können sie dort auch, das ist aber viel unwahrscheinlicher als auf den viel genutzten Umlaufbahnen nahe der Erde.

EOS. UND DIE NANOIDEN

EINE SCI-FI-
KURZGESCHICHTE VON
LAETIZIA
MAURER (15)

MEANWHILE IN DER „SCHNELLSTEN“
SONDE DER MENSCHHEIT...



...ZEIGEN MEINE MODIFIKATIONEN...



...IHRE
WIRKUNG
MENSCHEN, SO
BESCHRÄKT.
MEINEM
OPTIKSENSOR
SIND SOFORT
UNZÄHLIGE
OPTIMIERUNGS-
MÖGLICHKEITEN
AUFGEFALLEN.



NA PRIMA. DIE KOMMANDOZENTRALE.







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.

Liebe Fische, ihr müssst jetzt bitte ganz stark sein

Astrologie-Apps und Insta-Reels deuten dir die Sterne – und deinen Charakter. Warum funktioniert diese Pseudowissenschaft so gut?

Empathisch, liebenswert, kreativ. Ein verträumter Gefühlsmensch, genau wie Olivia Rodrigo oder Jamal Musiala. Du bist Sternzeichen Fische? Dann mag das vielleicht ganz nach dir klingen, ist aber Quatsch.

Unsere Sternzeichen stammen aus einer Zeit, in der Astronomie (die Wissenschaft, die die Physik des Weltalls untersucht) und Astrologie (die Deutung der Sterne) noch eins waren. Sie wurden vor rund 2.500 Jahren in Mesopotamien festgelegt. Die Babylonier beobachteten, wo die Sonne im Laufe eines Jahres am Himmel steht, teilten den Sternenhimmel dahinter in zwölf Teile und ordneten jedem ein Sternbild zu.

Seitdem hat sich allerdings die Position der Erdachse verändert. Denn die Erde eiert, ganz leicht nur, aber auf Dauer verschiebt das unsere Sicht auf die Sterne. Der Tierkreis hat sich inzwischen um etwa ein ganzes Zeichen verschoben: Wo früher im März der Fisch stand, ist nun der Wassermann zu sehen.

Den Babyloniern wäre das egal gewesen. Sie beobachteten Planetenbewegungen, um Ernten vorherzusagen, und strukturierten ihren Kalender mithilfe der Tierkreiszeichen. Auf die Idee, die könnten die Persönlichkeit eines Menschen beeinflussen, kamen erst die antiken Griechen.

Heute ist Astrologie allgegenwärtig. In Memes, Horoskopen, Apps. Laut einer repräsentativen Umfrage von 2021 liest gut die Hälfte der Deutschen Horoskope, und mehr als die Hälfte glaubt, dass

ihre Persönlichkeit mit ihrem Sternzeichen zusammenhängt.

Belege dafür gibt es nicht. Das Sternzeichen beeinflusst weder die Intelligenz noch den Charakter oder das Scheidungsrisiko. Und auch Weltereignisse wie der Tod der Queen lassen sich nicht anhand der Sterne vorhersagen. Die Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften (GWUP) untersucht solche Prognosen regelmäßig. 2024 kam sie – wieder mal – zu dem Schluss: Astrologeninnen und Astrologen haben keine „hellseherischen Fähigkeiten“.

Warum erkennen sich trotzdem so viele in diesen Eigenschaften und Vorhersagen wieder? Womöglich, weil sie psychologisch ansprechend sind. Horoskope begegnen uns als Balsamttexte („In dieser Woche erwarten Sie tolle Veränderungen“). Und sind oft so formuliert, dass sich darin möglichst viele wiederfinden („Sie haben die Tendenz, selbstkritisch zu sein“). Die Psychologie nennt das den Barnum-Effekt. Dazu kommt der sogenannte Confirmation Bias: Menschen neigen dazu, sich Informationen so zu suchen und zu interpretieren, dass sie bestehende Überzeugungen bestätigen. So kann sich die Bedeutung des eigenen Sternzeichens verfestigen, es wird ein Teil der Identität.

„Viele Menschen erleben, dass Astrologie ihnen hilft“, sagt Christoph Bördlein, Psychologie-



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. 

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 unwohnbar.



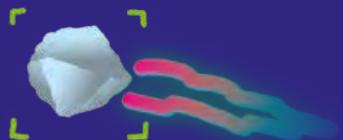
Weltraumaufzug #5

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.



Fremdes Leben im All
ist sehr wahrscheinlich,
glaubt die Exopsychologin Steffi Pohl.
Unklarer ist, wie wir Menschen
auf einen Erstkontakt reagieren

Ist



Interview: Beatrix Kourba

fluter: Glauben Sie an Aliens?

Steffi Pohl: Ja. Außerirdisches Leben ist sehr wahrscheinlich, wenn man bedenkt, wie viele Milliarden Planeten es gibt und wie viele davon vermutlich lebensfreundliche Bedingungen haben. Ich stelle mir dieses Leben aber nicht vor wie in Alien-Filmen, sondern als mikrobakterielles Leben in kleinsten Formen.

Wie suchen wir denn nach Hinweisen auf Leben außerhalb der Erde?

In Erdnähe mit Expeditionen. Auf dem Mars sammelt derzeit etwa ein Rover Gesteinsproben, die sicher zur Erde gebracht werden sollen. Andere Missionen fliegen an Eismonden vorbei und untersuchen die Eiskrusten auf Spuren von Leben. Bei weit entfernten Orten nutzt man Spektroskopie, eine Methode, die am Licht, das Planeten reflektieren, erkennt, welche Moleküle dort vorhanden sind.

Bis jetzt fehlen Beweise, dass es da draußen Leben gibt.

Und trotzdem glauben sehr viele Leute daran.

Wäre die Menschheit denn auf einen Erstkontakt vorbereitet?

Kaum. An den technischen Möglichkeiten wird intensiv gearbeitet, aber was so ein Kontakt gesellschaftlich bedeuten würde, wird kaum diskutiert. Wie würden die Menschen reagieren? Was passt mit ihrem Weltbild und der Wahrnehmung der eigenen Existenz? Welche Einstellung hätten sie gegenüber dem anderen Leben? Welche ethischen Richtlinien legen wir hierfür an? Es gibt überhaupt keine allgemeingültigen Regeln, wie wir in einem solchen Fall verfahren. Wir sollten uns aber vorbereiten, gerade jetzt, wo immer mehr private Missionen starten, die nicht zwingend staatlicher Kontrolle unterliegen.

Auch um die Bevölkerung zu beruhigen? Viele könnten panisch reagieren, wenn Außerirdische landen.

Das wird allgemein so angenommen. Es gibt ein berühmtes Hörspiel von

Orson Welles, „Krieg der Welten“. Als es 1938 in den USA im Radio gespielt wurde, berichtete die Boulevardpresse von Aufständen, weil die Menschen dachten, es seien wirklich Aliens gelandet. Später hat man sich noch mal die Fakten angeguckt.

Und?

Keine Staus, keine überfüllten Notaufnahmen, keine Plünderungen. Ich denke, die meisten Menschen sind von Grund auf interessiert. Andererseits sehen wir, dass die Menschen in Krisenzeiten anfälliger für paranormale Überzeugungen sind, für Verschwörungsmythen. Ein wissenschaftlicher Hinweis auf außerirdisches Leben hätte also durchaus das Potenzial, die Gesellschaft zu spalten.

Das Fremde wird oft als bedrohlich empfunden, das geht ja vielen schon auf der Erde so.

Interessant ist, dass Studien großes Interesse und sehr positive Einstellungen gegenüber der Suche nach außerirdischem Leben zeigen, obwohl das viel fremdartiger ist. Das könnte daran liegen,

dass wir vor allem darüber sprechen, dass wir Menschen da draußen etwas finden, uns neue Räume erschließen. Dieses Schema sehen wir auch in Migrationsfragen: Wir reisen gern und interessieren uns für andere Kulturen. Aber wenn andere zu uns kommen, geht es plötzlich um Ressourcen, um Teilen, und wir sehen vor allem die Gefahren.

Die gesellschaftlichen Reaktionen hängen also vor allem davon ab, wie der Erstkontakt erfolgt?

Absolut. Besuchen die Aliens uns oder wir sie? Finden wir Hinweise auf früheres außerirdisches Leben? Ist das weit entfernt oder innerhalb unseres Sonnensystems? Finden wir Mikroben oder intelligentes Leben? Bringen wir Proben davon zur Erde? Je näher uns solche Entdeckungen kommen und je intelligenter das Leben ist, das wir finden, desto stärker werden unsere Reaktionen ausfallen.

Ist es vertretbar, etwas aus dem All auf die Erde zu holen?

Das wird diskutiert. Etwa wegen der Proben vom Mars. Wie bringt man die auf die Erde, ohne dass man die Proben zerstört und ohne dass etwas entfleucht? Solche „Planetary Protection“-Maßnahmen gelten aber auch andersherum: Wenn wir auf den Mars fliegen, schleppen wir vielleicht Mikroben ein, die die Umwelt dort zerstören. Oder die wir fälschlicherweise für Leben auf dem Mars halten. Fakt ist: Wenn es nicht NASA oder ESA sind, die Proben holen, tun es Weltraumagenturen anderer Länder oder private Anbieter. Technisch gibt es bereits hervorragende Lösungen.

Wo würde man solche Proben oder sogar Lebewesen unterbringen?

In Laboren mit hohen Sicherheitsvorkehrungen. Wenn die NASA etwas zurückbringt, landet es wohl in den USA. Die ESA betont, ihr sei wichtig, dass die Bevölkerung offen dafür ist, solche Proben in ihrer Nähe zu wissen.

Gab es dazu Umfragen?

Kaum. In den USA wurde in Gegenden befragt, in denen Aufnahmestationen entstehen könnten. Die waren positiv. Wenn Leute dagegen waren, ging es ihnen weniger um Sicherheitsbedenken als darum, dass sie das Geld lieber in Lösungen für Klimaprobleme, Kriege oder Armut auf der Erde investiert sähen als in andere Welten.

Wie würden Sie reagieren, wenn wir morgen extraterreichem Leben begegnen?

Als Wissenschaftlerin wäre das natürlich spannend. Bei intelligentem Leben wäre ich aber gern vorbereitet – und vorsichtig. Die Menschheit erzählt sich selbst gern als Eroberer. Von anderen entdeckt zu werden, die uns vielleicht überlegen sind, könnte uns ziemlich verunsichern und kulturelle Missverständnisse in ganz anderen Dimensionen aufwerfen. 

Im Einstein-Zirkel „Exploring otherness on Earth and beyond“ untersuchten Prof. Dr. Steffi Pohl und andere Forschende, wie die Menschheit auf „alien life“ reagieren würde (und sollte).



Versuch's doch mal mit Guben

Wie können schrumpfende Gemeinden neue Bewohnerinnen und Bewohner finden? In Guben haben sie eine Idee: Probewohnen. Unsere Autorin ist für zwei Wochen eingezogen und hat viel über Abwanderung und sich selbst gelernt. fluter.de/probewohnen

Kurz war alles gut

Ständig heißt es, der gesellschaftliche Zusammenhalt bröckelt. Dabei gibt es viele Alltagsmomente, die für das Mit-einander stehen. In dieser Reihe erzählen wir von ihnen. fluter.de/allesgut

Vorschau

Krank sein. Was heißt das eigentlich? Mit Erkältung rumliegen?

Panik in einer Menschenmasse kriegen? Manchen sind Diagnosen egal, solange sie sich in ihrem Körper wohlfühlen. Für andere verändern sie das Leben. Dabei hängt Krankheit auch von einem Gesundheitswesen ab, das selbst oft an seine Grenzen stößt. Gerade in miesen Zeiten zeigt sich aber unverhofft das Schöne: Menschen, die sich kümmern und dafür sorgen, dass es besser wird. Kranksein gehört zum Leben dazu. Deshalb untersuchen wir das Thema im nächsten fluter mal genauer.

Wer arm ist, wird doppelt bestraft

Tausende Menschen müssen jedes Jahr ins Gefängnis, weil sie ohne Ticket Öffis gefahren sind – und dann die Geldstrafe nicht zahlen konnten. Einige Städte wollen das Fahren ohne Fahrschein entkriminalisieren. Aber das ist nicht so einfach. fluter.de/schwarzfahren

Kassensturz

Wie viel Geld haben junge Menschen in Deutschland monatlich zur Verfügung? Wofür geben sie es aus – und wie viel können sie zur Seite legen? fluter.de/kassensturz

Impressum

fluter - Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung
Ausgabe 97, Thema Weltraum
Winter 2025/2026
Herausgegeben von der Bundeszentrale für politische Bildung (bpb)
Thorsten Schilling (V.i.S.d.P.)
Bundeskanzlerplatz 2, 53113 Bonn
www.bpb.de
info@bpb.de
Tel. 0228/99515-0

Redaktionsleitung
Sabrina Gaisbauer (Bundeszentrals für politische Bildung),
Paul Hofmann (DUMMY Verlag)

Bildredaktion
Trine Skraastad

Art-Direktion
Sabine Kornbrust

Mitarbeit

Paulina Albert, Daniel Batel,
Michael Brake, Florian Kappelsberger,
Franziska Konitzer, Beatrix Kouba,
Teseo La Marca, Vanessa Materla,
Laetitia Maurer, Jonas Mayer,
Jakob Milzner, Johanna Mitterer,
Karen Naundorf, Victoria Porcu,
Alina Schneider, Ann-Kristin Schöne,
Enno Schöningh, Katharina Wellens,
Max Wochinger, Dominik Wolf

Dokumentation
Kathrin Lilienthal

Korrektorat
Tina Hohl, Florian Kohl

Redaktionsanschrift / Leserbriefe
DUMMY Verlag GmbH
Kirchstraße 1, 10557 Berlin
post@fluter.de

Redaktionelle Umsetzung
DUMMY Verlag GmbH
Kirchstraße 1, 10557 Berlin
ISSN 1611-1567
www.dummyverlag.de

Aboservice
Druckhaus Kaufmann GmbH im Auftrag der Bundeszentrale für politische Bildung
Raiffeisenstraße 29, 77933 Lahr
Tel. 07821/945-295, Fax 07821/945-22295
abo@heft.fluter.de

Kostenloses Abo bestellen,
verlängern oder abbestellen:
www.fluter.de/heft-abo
abo@heft.fluter.de

Ein barrierefreies PDF/UA dieses Heftes findest du auf fluter.de zum Download:
www.fluter.de/hefte

Nachbestellungen
Publikationsversand der bpB
Postfach 501055
18155 Rostock
Fax 038204/66-273
www.bpb.de/shop

Druck
Druckhaus Kaufmann GmbH
Raiffeisenstraße 29, 77933 Lahr
Tel. 07821/945-0
info@druckhaus-kaufmann.de
www.druckhaus-kaufmann.de

Bildnachweise
Alle Illustrationen Animationseries2000;
Cover (U1, U4) Tamara Merino; U2 Tamara Eckhardt/OSTKREUZ; S. 3 Andrew Matthews/empics/picture alliance; S. 4 Marshl Ceron; Murat Aslan. Tamara Merino; S. 5 @SpaceX; S. 6 @SpaceX (2, l.o., r.u.). Videostill Fram2 PressBrollPackage/@SpaceX (2, r.o., l.u.); S. 7 Videostill Flight Day 4-Chun Wang/@SpaceX (r.o.). Videostill Flight Day 2-Chun Wang/@SpaceX (1.o.). @SpaceX (2, l.u., r.u.); S. 8 Videostill Fram2 Recovery R 20250404 C20260404 1435 1080/@SpaceX (r.o.). Videostill Flight Day 2-Chun Wang/@SpaceX (1.). @SpaceX (2, r.u.); S. 9 Everett Collection/IMAGO; S. 14 @CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/JM Guillou, 2013; S. 15 @ESA/S. Corvaja (r.). @ESA (1.); S. 16 @CNES/ESA/Arianespace-ArianeGroup/Optique Vidéo CSG/CSC/S. Martin, 2024; S. 17 @CNES/ESA/Arianespace-ArianeGroup/Optique Vidéo CSG/E. Prigent, 2024 (1.). @ESA/M. Pédoussaut (r.); S. 20-23 Marshl Ceron; S. 24 Kolvenbach/IMAGO; S. 28 @Airbus Defence and Space 2022/Frank Thomas Koch (1.). @Airbus (r.); S. 30-34 Tamara Merino; S. 35 @JSC/NASA; S. 36 Theresa Wißmann; S. 37 @ESA - P. Carril; S. 46-47 Murat Aslan; S. 48 Jamie Lee Taete; S. 50 Hahn+Hartung; U3 Leon Joshua Dreischulte. bpb (2, r.u.)

Papier: Dieses Magazin wurde auf umweltfreundlichem, chlorkfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Ausführliche Informationen zu Datenschutz und Betroffenenrechten findest du hier:
www.fluter.de/datenschutz

Den Dingen auf den Grund gehen

bpb:

Bundeszentrale für
politische Bildung

Zu den
„Informationen
zur politischen Bildung“
gibt's jetzt auch einen
Newsletter. Kostenlos
abonnieren auf
bpb.de/newsletter



