

DAS WELTALL ENTDECKEN

Meine Notizen zum Universum



Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2023

unser
UNIVERSUM



Liebe Leserinnen und Leser,

seit tausenden von Jahren blicken Menschen hinauf ins Universum und fragen sich: Wie hat alles angefangen? Sind wir die einzigen Lebewesen im Kosmos? Werden wir irgendwann zu anderen Planeten reisen? Und mit jeder neuen Erkenntnis ergeben sich neue Fragen.



Tausende Forschende versuchen Tag für Tag, die Tiefen des Kosmos zu ergründen. Sie nutzen modernste Teleskope, um etwa Galaxien oder Schwarze Löcher zu untersuchen. Mit hochentwickelten Satelliten blicken sie zugleich hinab auf unsere Erde. Auch die bemannte Raumfahrt steht in den nächsten Jahren wieder vor großen Abenteuern. Weltraumtechnologien bringen Fortschritt. Darunter sind auch praktische Erfindungen für den Alltag wie Gleitsichtbrillen oder Handstaubsauger.

Es gibt tausende von Gründen, sich für die Erforschung unseres Universums zu begeistern. Als Bundesbildungsministerin ermuntere ich insbesondere junge Menschen: Blicken Sie auf die spannenden Karrieren, die sowohl auf Basis einer beruflichen Ausbildung als auch eines Studiums möglich sind. Deutschland spielt in der Weltraumforschung traditionell eine wichtige Rolle. Damit das so bleibt, brauchen wir Nachwuchs, der sich den bisher ungelösten Fragen des Kosmos widmet.

Im Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum machen wir uns gemeinsam mit der Forschung auf die Suche nach Antworten. Ob mobile Ausstellung, informative Vorträge oder virtuelle Reisen in unsere Milchstraße: Die unterschiedlichsten Formate machen neue Entdeckungen möglich.

Hiermit lade ich Sie herzlich ein: Lassen wir uns gemeinsam von unserem Universum faszinieren!



B. Stark-Watzinger

Bettina Stark-Watzinger

Mitglied des Deutschen Bundestages
Bundesministerin für Bildung und Forschung

DAS WISSENSCHAFTSJAHR 2023 – UNSER UNIVERSUM

Seit mehr als 20 Jahren dienen die Wissenschaftsjahre – eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und von Wissenschaft im Dialog (WiD) – als Plattform, um die Menschen stärker für die Wissenschaft zu begeistern. Jedes Jahr ist einem anderen fachübergreifenden Thema gewidmet. 2023 bringt das Wissenschaftsjahr erneut unterschiedliche Zielgruppen der Gesellschaft mit der Wissenschaft zusammen und nimmt dabei Kurs auf das Weltall.

Sind wir allein im Universum? Wie sieht es auf anderen Planeten aus? Was sind Schwarze Löcher? Mit diesen und weiteren Fragen beschäftigt sich das Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum und richtet damit den Fokus auf einen Themenbereich, der schon immer eine besondere Faszination auf uns Menschen ausgeübt hat. Dabei wird sowohl der Blick auf uralte Menschheitsfragen nach Sinn und Sein

gerichtet als auch auf aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Weltraumforschung. Auf vielschichtige und spannende Weise entsteht so eine Verbindung zwischen den Anfängen des Weltalls und den drängendsten Themen unserer Zeit, wie dem Klimawandel oder dem Umweltschutz.

Ob Natur-, Geistes-, Sozial- oder Kulturwissenschaften: Disziplinübergreifend und im Zusammenspiel mit verschiedenen Forschungsbereichen werden im Wissenschaftsjahr 2023 wichtige Themen rund um das Weltall beleuchtet. Drei Blickwinkel, aus denen heraus das Universum betrachtet wird, sind dabei von zentraler Bedeutung: der Blick ins All, der Blick aus dem All auf die Erde und der Blick auf den wissenschaftlichen Prozess. Diese finden sich auch in den vier Themenfeldern wieder, in die sich das Wissenschaftsjahr gliedert – Faszination Weltall; Mensch, Natur und Universum; Wirtschaftsraum Universum und Astronomie; Blick auf den Planeten.



Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2023

unser
UNIVERSUM



ASTRONOMIE

VS.



ASTROLOGIE

Die **Astronomie** ist die Wissenschaft von den Sternen. Der Begriff setzt sich aus den altgriechischen Wörtern „ἀστρον“ (Transkription: „ástron“, zu Deutsch: „Stern“) und „νόμος“ (Transkription: „nómos“, zu Deutsch: „Gesetz“) zusammen. Dabei beschäftigt sich die astronomische Forschung mit den Eigenschaften, der Bewegung und der Entwicklung von Himmelskörpern wie Sonne, Mond oder Planeten. Doch auch Fragen zum Aufbau und zur Entstehung des Universums sind Gegenstand der Astronomie. Um Phänomene im Weltraum zu erklären oder zu untersuchen, stützen sich Astronominnen und Astronomen konsequent auf wissenschaftliche Methoden, mathematische Argumentationen und physikalische Grundlagen. Als akademische Disziplin wird die Astronomie auch an Universitäten gelehrt.

Die **Astrologie** ist keine Wissenschaft, sondern eine Pseudowissenschaft, die die Annahme vertritt, dass Planeten und Sterne aktiv Einfluss auf das Schicksal der Menschen nehmen. Lange Zeit wurde sie weltweit von Gelehrten als Wissenschaft angesehen. Erst im 18. Jahrhundert begannen Gelehrte im europäischen Kulturraum mehrheitlich ihre wissenschaftliche Aussagekraft infrage zu stellen. Heute wird die Astrologie dem esoterischen Bereich zugeordnet. Abgeleitet von den altgriechischen Wörtern „ἀστρον“ (Transkription: „ástron“, zu Deutsch: „Stern“) und „λόγος“ (Transkription: „lógos“, zu Deutsch: u. a. „Lehre“, „Sinn“) befasst sie sich mit der Deutung der Sterne. Ein Teilbereich der Astrologie sind Horoskope.

JAHRESVERLAUF AM HIMMEL

Jede Jahreszeit hat ihren typischen Nachthimmel – so sieht der Nachthimmel im Winter ganz anders aus als im Sommer. Die scheinbare Verschiebung der Sternbilder röhrt von der Bewegung der Erde um die Sonne innerhalb eines Jahres her. Ebenso spielt unsere Position auf der Erde – Nord- oder Südhalbkugel – bei der Betrachtung des Nacht-



himmels eine Rolle. Zudem ändert sich der Himmel innerhalb einer Nacht. Die Sterne gehen im Osten auf, steigen hoch an den südlichen Himmel und gehen im Westen wieder unter, genau so wie die Sonne tagsüber. Diese scheinbare Bewegung wird durch die Drehung der Erde um ihre eigene Achse einmal alle 24 Stunden hervorgerufen.

DIE ERDE: EINE RUNDE SACHE

**Die Erde ist eine Kugel – das weiß fast jedes Kind.
Doch wie lässt es sich beweisen?**

Der griechische Gelehrte Eratosthenes bewies vor mehr als 2.000 Jahren, dass die Erde eine Kugel ist. Ihm war aufgefallen, dass die Sonne im Süden Ägyptens zur Sommersonnenwende am 21. Juni mittags keinen Schatten warf. Weiter im Norden des Landes warf ein großer Obelisk aber zur gleichen Zeit sehr wohl einen (wenn auch nur kurzen) Schatten. Daraus folgerte er, dass die Erdoberfläche gekrümmt sein muss – und berechnete sogar den ungefähren Erdumfang, wobei er dem tatsächlichen Wert von ca. 40.000 km erstaunlich nahe kam!

Das Experiment lässt sich nachstellen:
In die „**Scheiben-Erde**“ werden zwei Zahnstocher – mit einem Abstand von 4 cm zueinander – jeweils senkrecht in die Styroporplatte gestochen, jeweils 2 cm ragen aus der Platte heraus.

Bei der „**Kugel-Erde**“ wird der erste Zahnstocher an einer beliebigen Stelle eingestochen, der zweite 4 cm davon in Richtung eines Pols. Beide Zahnstocher müssen zum Mittelpunkt der Kugel zeigen und auch 2 cm aus der „Erde“ herausragen.

Materialien

- Styroporkugel für die „Kugel-Erde“ (12 cm Durchmesser)
- Dünne Styroporscheibe, kreisrund ausgeschnitten, für die „Scheiben-Erde“ (ebenfalls 12 cm Durchmesser)
- 4 Zahnstocher
- Maßband oder Lineal
- Klebebandrolle, Glas o. Ä. (als Halter für die Kugel)
- Eine (besser zwei) helle Taschenlampe(n)



Ergebnis

Wenn man nun mit einer Taschenlampe als „Sonne“ aus einer ausreichend großen Entfernung (mindestens 50 cm) auf die „Erden“ leuchtet, sieht man, dass bei der Scheibe beide Zahnstocher immer gleich lange Schatten werfen, während bei der Kugel die Schatten immer unterschiedlich lang sind.

MS Wissenschaft



Wissenschaft zum Anfassen, Ausstellungen zum Mitmachen und Ausprobieren, all das verspricht die MS Wissenschaft. Dafür tourt das schwimmende Science Center quer durch Deutschland und bietet großen und kleinen Forscherinnen und Forschern die Gelegenheit, mit spannenden und interaktiven Exponaten zu experimentieren. Im Fokus stehen dabei die vielfältigen Themen des Wissenschaftsjahres 2023 – Unser Universum, die nur darauf warten, entdeckt zu werden. Alle Daten zur Tour gibt es unter:

ms-wissenschaft.de

Forschungsbörse



Wie sieht der Arbeitsalltag von Forschenden aus? Wie schafft Wissenschaft Wissen? Schulen können über die „Forschungsbörse“ Wissenschaft direkt ins Klassenzimmer holen. Dafür stehen deutschlandweit über 1.000 Expertinnen und Experten aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen zur Verfügung, die entweder passend zum Schulfach persönlich im Unterricht begrüßt oder über ein Video-Gespräch eingeladen werden können. Ziel ist der Austausch auf Augenhöhe mit den Schülerinnen und Schülern. Diese erhalten so nicht nur Einblick in die aktuelle Forschung, sondern bekommen auch einen realitätsnahen Bezug zu Unterrichtsthemen.

forschungsboerse.de

SchulKinoWochen



Schülerinnen und Schüler sind erneut zu den SchulKinoWochen eingeladen. Sie finden in jedem Bundesland für die Dauer einer bzw. mehrerer Wochen statt. In diesem Zeitraum können Schulklassen zu einem ermäßigten Eintrittspreis bestimmte Kinovorstellungen in einem nahegelegenen Kino besuchen. Auf sie wartet ein spannendes Filmprogramm zum Thema Universum und Astronomie. Ergänzt wird das Kinoprogramm durch Sonderveranstaltungen mit renommierten Forscherinnen und Forschern. Diese Filmgespräche erfreuen sich großer Beliebtheit – sowohl auf Seiten der Forschenden als auch bei den jungen Gästen.

visionkino.de/schulkinowochen

ANDREA GHEZ

Andrea Mia Ghez (* 16. Juni 1965 in New York City) ist eine US-amerikanische Astronomin, die 2020 gemeinsam mit dem deutschen Astrophysiker Reinhard Genzel für den Nachweis des Schwarzen Lochs im Zentrum der Milchstraße mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde.

Die Apollo-Mondlandungen, die sie als junges Mädchen verfolgte, weckten in Andrea Ghez den Wunsch, die erste Astronautin zu werden. So studierte sie zunächst Mathematik am Massachusetts Institute of Technology (MIT), wechselte aber kurz darauf zur Physik. Seit Mitte der 1990er-Jahre besetzt Andrea Ghez als Professorin den Lehrstuhl für Physik und Astronomie an der University of California in Los Angeles.

In ihrer Arbeit befasste sie sich schon früh mit innovativen Techniken wie der Speckle-Optik (später adaptive Optik), mit der das Auflösungsvermögen von Bildern stark verbessert werden kann. Damit konnte Andrea Ghez zum Beispiel sich eng umkreisende Doppelsternsysteme im Infraroten auflösen. Dies gab ihr einen Einblick in die Prozesse, die bei der Entstehung von Sternen eine Rolle spielen. Dieselben Techniken verwendete sie zusammen mit anderen Wissenschaftlern am Keck-Observatorium auf Hawaii. Sie untersuchte damit über mehrere Jahre hinweg die Bewegung der Sterne im Zentrum der Milchstraße.



DER MARS ALS ERDE 2.0?

In Büchern und Filmen beschäftigen sich Science-Fiction-Autoren seit Langem mit Terraforming, also der Umformung von anderen Planeten in bewohnbare, erdähnliche Himmelskörper. Und auch von der Wissenschaft selbst gibt es Ideen zur langfristigen Besiedlung anderer Planeten – wie des Mars. Aber können Menschen auf dem Mars ohne Hilfsmittel wie Raumanzug und hermetische Gebäude leben?

Es gibt verschiedene Theorien und Studien dazu, wie man den Mars erdähnlicher machen kann. So schlug bereits 1971 der Wissenschaftler Carl Sagan in einem Aufsatz vor, die Polkappen des Mars zu schmelzen und damit Kohlendioxid freizusetzen, das dem Planeten seine verloren gegangene Atmosphäre zurückgibt und ihn aufheizt. Andere

Ideen reichen von riesigen Spiegeln, die Licht auf den Mars lenken, bis hin zu Kometen, die im All eingefangen und auf die Marsoberfläche gestürzt werden. Auch mit diesen Maßnahmen, so die Annahme, ließe sich versuchen, auf dem Mars einen Klimawandel herbeizuführen.

Allerdings kommen Forschende heute zu dem Schluss, dass sich Terraforming unter den jetzigen Voraussetzungen nicht umsetzen lässt. Dies zeigen auch neuere Studien, die zu einem recht ernüchternden Ergebnis kommen: Der Großteil des Kohlendioxids befindet sich viele Kilometer unter der Marsoberfläche, im sogenannten Regolithgestein. Um dieses CO₂ freizusetzen, würde man mit den genannten Methoden jedoch mehrere tausend Jahre benötigen. Fürs Erste bleibt eine lebensfreundliche Marsatmosphäre damit weiter eine Fiktion.



BERUFSBILDER IN DER ASTRONOMIE

Astronomie ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, die die Entstehung und Entwicklung der kosmischen Materie sowie deren Wechselwirkungen mit der raumzeitlichen Entwicklung des Universums untersucht. Um die Ideen und Visionen zur Erforschung des Universums umzusetzen, bedarf es eines großen Netzwerks verschiedenster Berufsfelder. Daher gibt es neben Astronomin und Astronom noch viele weitere spannende Berufe in diesem Umfeld zu entdecken.

Wichtige Berufsfelder in technischen Bereichen wie der Mechanik oder Konstruktion sind beispielsweise Industriemechanikerinnen und -mecha-

niker mit dem Schwerpunkt Luft- und Raumfahrt. Zudem sind auch Personen aus der IT oder den Ingenieurwissenschaften an astronomischen Einrichtungen tätig. Ingenieurinnen und Ingenieure entwickeln zum Beispiel neue Instrumente für Großobservatorien, IT-Fachleute unterstützen bei der Auswertung von Daten und der Programmierung. Darüber hinaus ist die Astronomie international geprägt. Auch der Bau der immer komplexer werdenden Forschungsinstrumente findet in internationaler Zusammenarbeit statt. Wichtig ist eine gute Organisation derartiger Projekte, damit sie sich effizient und kostensparend umsetzen lassen.

Das Berufsfeld der
Astronomie hält viele
spannende Berufe bereit:



3 FRAGEN AN ...

Name: Sophie Antonia Penger

Alter: 25

Institution: Leibniz-Institut für
Astrophysik, Potsdam

Aufgabenfelder/Forschungsfelder:
Integrale Feldspektroskopie, Galaxien
Lieblingsschulfächer: Physik und
Informatik



1. Warum haben Sie sich entschieden, Astrophysikerin zu werden?

Mir gefällt, dass nicht nur Logik, sondern auch Kreativität gefragt ist, wenn man mit astronomischen Daten arbeitet. Programmieren hat mir immer Spaß gemacht und oft stößt man dabei auf Dinge, die die Neugier immer wieder neu entfachen.

2. Was ist für Sie das Spannendste an Ihrer Arbeit?

Der Gedanke, die Ressourcen unseres kleinen Planeten (sowie das Wissen, das die Menschheit über die Jahrhunderte angesammelt hat) nutzen zu können, um mit beeindruckenden Teleskopen die Eigenschaften anderer Galaxien und neue Zusammenhänge zu entdecken.

3. Welches große Rätsel der Astrophysik würden Sie besonders gerne lösen?

Natürlich wäre es spannend, die Existenz Dunkler Materie zu bestätigen oder zu widerlegen. Aber insgeheim hoffe ich viel mehr, weitere neue Rätsel und Eigenheiten des Universums aufzudecken. Durch diese Fragen lebt die Wissenschaft.



WARUM IST DIE ASTRONOMIE WICHTIG?

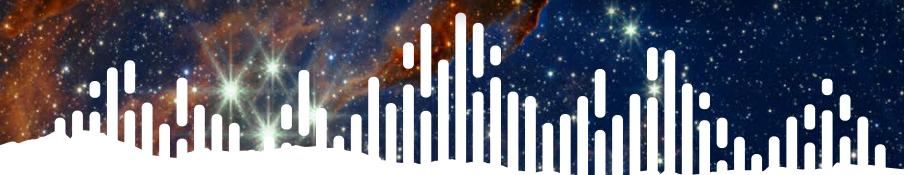
Häufig stellt sich die Frage, wozu eine Wissenschaft, die sich mit fernen Himmelskörpern beschäftigt, überhaupt gebraucht wird. Als eine der ältesten Grundlagenwissenschaften weckt die Astronomie seit geraumer Zeit den Forscherdrang. Dank ihr wissen wir überhaupt, dass die Erde keine Scheibe ist – zudem brachte die Astronomie der Menschheit Kalender, Zeitmessung und Navigation. An vielen Stellen nimmt die Astronomie einen direkten oder indirekten Einfluss auf unser Leben, und den meisten Menschen ist vieles davon vermutlich gar nicht bewusst.

In der Astronomie werden die Entwicklung und der Bau von Instrumenten an

der Grenze des technologisch Machbaren vorangetrieben. Technologien, die dabei entwickelt werden, finden oft ihren Weg in die wirtschaftliche Verwertung – Industrie, Medizin und vieles mehr. Einigen in der astrophysikalischen Forschung entwickelten Technologien verdanken wir zum Beispiel das WLAN oder die Digitalfotografie. Andere haben wiederum digitale Auswertemethoden in der Medizin oder Gleitsichtbrillen erst möglich gemacht. Ein Leben ohne diese Erfindungen ist für uns heute schwer vorstellbar. Und nicht zuletzt ermöglicht die Astronomie einen Blick auf die Erde selbst, indem satellitengestützte Beobachtungsverfahren unser Verständnis vom Klimawandel verbessern.

WELTALL FÜR OHREN UND AUGEN

Die Auswahl an Audio- und Video-Podcasts, die sich mit Raumfahrt und Astronomie befassen, ist beachtlich. Die folgenden Podcasts nehmen Sie mit auf eine Reise ins Universum und zeigen Ihnen, was es in den Tiefen des Weltalls zu entdecken gibt. Schalten Sie ein und lassen Sie sich von Sternen, Planeten und den Geheimnissen des Kosmos faszinieren.



Welt der Physik

Der Podcast von **Welt der Physik** lässt Forschende in 10- bis 15-minütigen Beiträgen zu Wort kommen. Die Themen behandeln verschiedenste Bereiche wie Exoplaneten, die Milchstraße, den Urknall, Schwarze Löcher und vieles mehr.



Von der Erde ins All

Im Podcast „Von der Erde ins All“ vom **Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt** (DLR) erfahren Sie mehr zur Mission des deutschen ESA-Astronauten Matthias Maurer, die ihn im Herbst 2021 für sechs Monate auf die ISS führte.

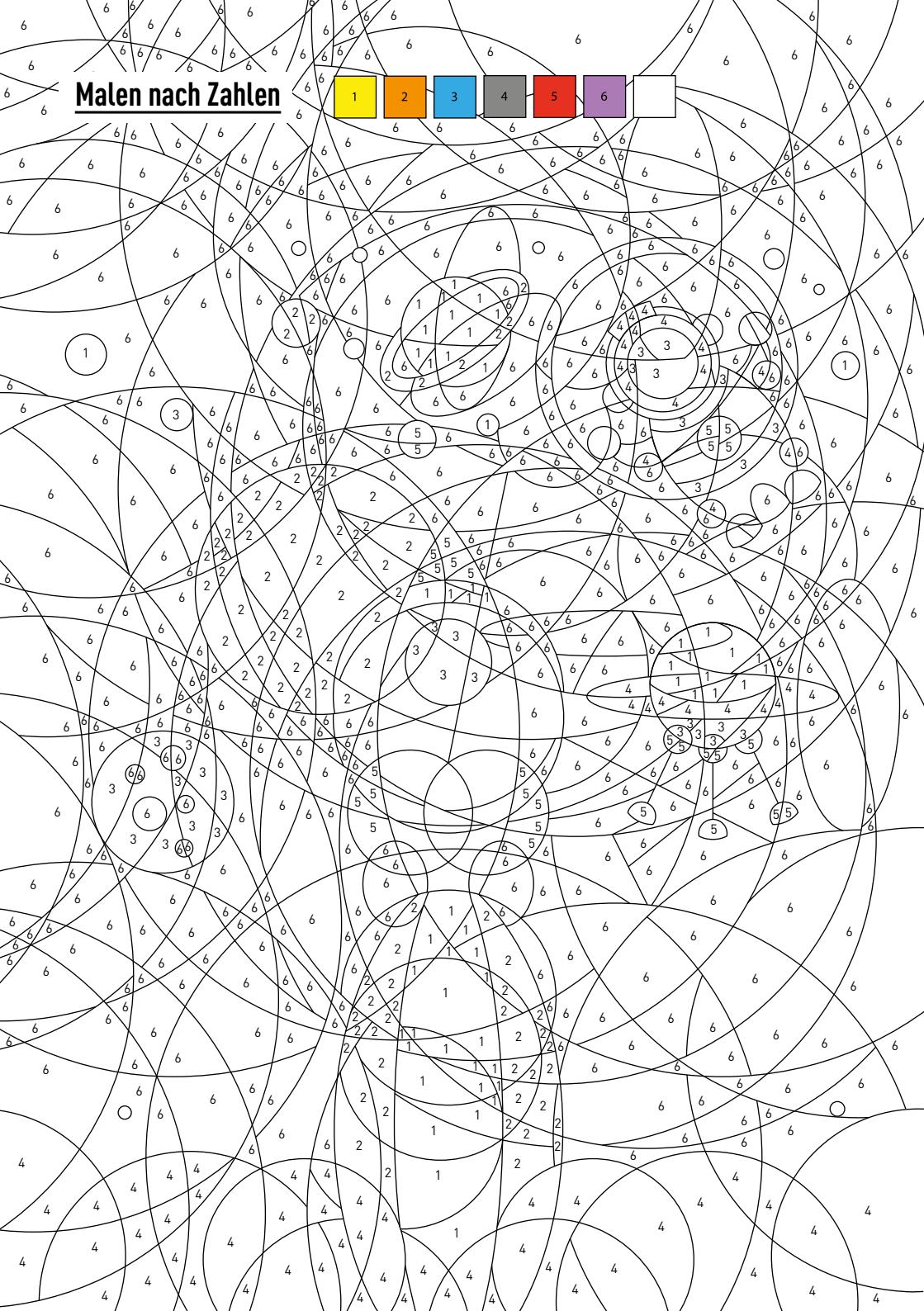


ESOcast

Mit dem Video-Podcast **ESOcast** gewährt Ihnen die Europäische Südsternwarte spannende Einblicke in die Erforschung des Weltalls mit Großteleskopen.



Malen nach Zahlen



A photograph of an astronaut in a white spacesuit with a German flag patch on the shoulder, floating in the dark void of space against a backdrop of Earth's horizon.

WIE WIRD MAN ASTRONAUTIN ODER ASTRONAUT?

Astronautin oder Astronaut zu werden ist für viele Menschen ein Traum. Damit dieser wahr werden kann, braucht es nicht nur viele Fähigkeiten, sondern auch jede Menge Glück. Denn die Europäische Weltraumorganisation (ESA) sucht nur alle 10 bis 15 Jahre neue Anwärterinnen und Anwärter.

Um gute Chancen zu haben, ist ein abgeschlossenes naturwissenschaftliches Studium von Vorteil. Ebenso ist ein Studium der Luft- und Raumfahrttechnik eine gute Wahl. Daneben kann aber auch eine Pilotenausbildung zum Ziel führen.

Besonders wichtig sind folgende Voraussetzungen, die zukünftige Astronautinnen und Astronauten erfüllen müssen: Sie sollten körperlich und geistig gesund sowie Teamplayer sein, sehr gut Englisch sprechen, in stressigen Situationen besonders ruhig bleiben können und eine schnelle Reaktionsfähigkeit besitzen.

Nach der Aufnahme ins Astronautenteam beginnt das etwa zweijährige

Basistraining. Danach folgt für zwei bis drei Jahre die Vorbereitung auf eine konkrete Mission. Trainiert werden beispielsweise die Phasen des Fluges, Notfallsituationen oder Außenbordeinsätze. Aber natürlich muss auch gelernt werden, wie Raumschiffe oder die Raumstation funktionieren.

Wenn sie nach jahrelanger Vorbereitung einen Einsatz auf der Internationalen Raumstation (ISS) haben, müssen die Astronautinnen und Astronauten unter anderem mindestens zwei Stunden täglich Sport treiben, Experimente durchführen, Wartungs- und Reparaturarbeiten erledigen, Außenbordeinsätze absolvieren und von der ISS aus ihre spannende Arbeit auch der Öffentlichkeit vermitteln.

Die zurzeit aktiven deutschen ESA-Astronauten sind Alexander Gerst und Matthias Maurer.



TIPPS FÜR DEN EINSTIEG IN DIE HIMMELSBEOBUCHTUNG

Um den Sternenhimmel zu beobachten, benötigt man nicht viel. Schon mit bloßem Auge kann man, bei entsprechenden Wetter- und Umweltbedingungen, am Nachthimmel sehr viel entdecken. Die sogenannte Lichtverschmutzung durch die nächtliche Beleuchtung in bewohnten Gebieten stört allerdings die Beobachtung – je weiter man sich deshalb aus der Stadt herausbewegt, desto mehr kann man am Nachthimmel sehen. Aber auch in einem dunklen Hof oder Garten lässt sich einiges erkennen.

Doch was gibt es eigentlich zu entdecken? Sehr hilfreich zur Orientierung am Nachthimmel ist eine drehbare Sternkarte. Mit ihrer Hilfe können die einzelnen Sternbilder und Himmelsphänomene bestimmt werden, da der Sternenhimmel sich im Jahreslauf ändert und sein Erscheinungsbild zudem von der Uhrzeit und dem Beobachtungsort abhängt.

Außerdem gibt es informative Bücher, Zeitschriften und Websites, die das kosmische Jahr und besondere astronomische Ereignisse – beispielsweise Sonnen- oder Mondfinsternisse oder Meteorströme – erklären und zeitlich verorten.

Einfache Himmelsobjekte wie der Mond, Meteore, Planeten, einzelne Sterne und Sternbilder lassen sich auch ohne optische Hilfsmittel erkennen. Wer professioneller in die Himmelsbeobachtung einsteigen möchte, braucht dafür ein Fernglas oder Teleskop und eine gute Beratung. Zum ersten Ausprobieren empfiehlt sich beispielsweise der Besuch von öffentlichen Veranstaltungen in Sternwarten, um selbst einmal wie ein Profi in den Himmel zu blicken.

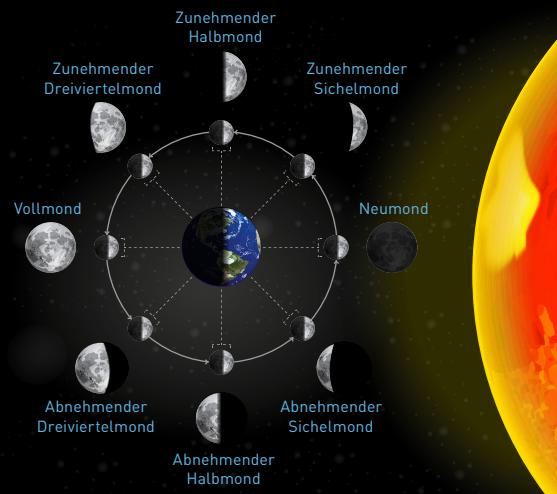
Ebenso wichtig, vor allem in klaren, kalten Nächten: warme Kleidung und heiße Getränke nicht vergessen! Dann steht einer Nacht voller kosmischer Entdeckungen nichts mehr im Weg ...



DIE VIELEN GESICHTER DES MONDES

Er ist immer der Gleiche, doch Nacht für Nacht sieht er ein wenig anders aus: unser Mond.

Zeit, selbst aktiv zu werden und die einzelnen Mondphasen zu erkennen. Suchen Sie sich hierfür einen Standort, von dem Sie eine freie Sicht in Richtung Mond haben. Beobachten Sie nun über vier Wochen seine Gestalt und fertigen Sie alle vier Tage eine kleine Skizze an – wenn möglich, vom selben Ort und zur gleichen Uhrzeit. Notieren Sie sich unter jeder Zeichnung das Datum. Vom Neumond über den Sichel- und Halbmond bis hin zum Vollmond können Sie so die Veränderung beobachten und lernen den Mond schon in kurzer Zeit viel besser kennen. Viel Spaß!



1	2	3	4
.....
5	6	7	8
.....

DAS WELTALL MIT EIGENEN AUGEN SEHEN

Das Sternbild Großer Wagen ist den meisten vermutlich bekannt – doch wo findet man ihn am Nachthimmel? Welche Sternbilder lassen sich vom eigenen Wohnort aus entdecken? Und welche Sterne sind tatsächlich Planeten?

Am **28. Oktober 2023** laden Sternwarten und Astronomievereine dazu ein, sich genau diese Fragen beantworten zu lassen und die Welt der Sterne mit den

eigenen Augen zu erkunden. Zudem findet an diesem Abend eine Mondfinsternis statt – hier kann der teilweise verfinsterte Mond durch ein Fernrohr angeschaut werden.

Gegen 21.30 Uhr beginnt die Mondfinsternis.

Kurz nach 22 Uhr ist sie am besten zu sehen, bevor sie um 23 Uhr zu Ende geht.



Weitere Informationen sowie eine Karte mit allen Veranstaltungen gibt es unter:
astronomietag.de



60 JAHRE EUROPÄISCHE SÜDSTERNWARTE

Die Europäische Organisation für astronomische Forschung in der südlichen Hemisphäre (ESO) ist ein europäisches Forschungsinstitut, das von 16 Mitgliedsstaaten und dem Partnerland Chile unterstützt wird. Seit nunmehr 60 Jahren vereint die Organisation Forschende aus der ganzen Welt, um in Chile moderne Observatorien zu betreiben, die zukunftsweisende astronomische Entdeckungen ermöglichen – das Very Large Telescope (VLT) hat etwa das erste Bild eines Planeten außerhalb unseres Sonnensystems aufgenommen.

Als Paradebeispiel für Forschung, Innovation und Zusammenarbeit hat die ESO auch eine wichtige Wirkung auf die Gesellschaft. So werden zum Beispiel Techniken von MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer), einem Instrument des VLT, auf die Medizin- und Krebsdiagnostik übertragen.

Weitere Informationen zur ESO unter diesem QR-Code:



100 JAHRE PLANETARIEN

Haben Sie sich schon mal vorgestellt, wie es ist, im Weltraum zu sein? Auch wenn wir heute vieles über die Weiten des Alls, das uns umgibt, wissen, übt das Universum immer noch eine große Faszination aus und bietet neue Erkenntnisse. Allerdings geht es beim Weltraum um mehr als Planeten und Sterne, denn durch die Geschichte der Entstehung des Universums und der Erde erfahren wir, wer wir als Menschen sind und welchen Einfluss wir auf unseren Planeten haben.

Durch zahlreiche Aktionen zum Mitmachen können Sie in Planetarien auch außerhalb der Schule etwas über das Universum lernen. Von 2023 bis 2025

feiern Planetarien 100-jähriges Jubiläum: 1923 wurde das erste Projektionsplanetarium vorgestellt. Damit Ihnen der Weltraum nicht länger unergründlich erscheint, können Sie durch ein Planetarium viel darüber lernen! Dabei bieten Planetarien mehr als Führungen: Digitale Shows unter dem Sternenhimmel, Live-Konzerte oder Lasershows begleiten Sie auf Ihrer Reise zu den Sternen.

Durch die ständig wechselnden und abwechslungsreichen Programme der Planetarien ist für jeden Geschmack etwas dabei – eine Zeitreise vom Urknall bis zum Menschen oder in ferne Welten. planetarium100.org/de/

„WELT DER PHYSIK“

Was ist ein Schwarzes Loch? Wie weit kann man mit einem Teleskop schauen? Und wie fliegt man eigentlich zum Mond?

Das Onlineportal „**Welt der Physik**“ liefert Antworten auf diese und viele weitere Fragen rund um das Universum und weitere Gebiete der Physik.



Auf der Website sind Meldungen über aktuelle Forschungsergebnisse ebenso zu finden wie ausführliche Hintergrundartikel, Interviews und Themenüberblicke – von Asteroiden über Gravitationswellen bis hin zu fernen Planeten.



3 FRAGEN AN ...

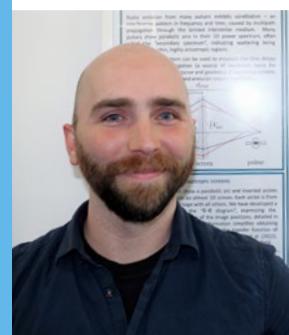
Name: Robert Main

Alter: 33

Institution: Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn

Aufgabenfelder/Forschungsfelder:
Beobachtung von Pulsaren mit Hilfe von Radioteleskopen

Lieblingsschulfach: Musik



1. Warum haben Sie sich entschieden, Astrophysiker zu werden?

Mein Interesse an der Astronomie erwachte als Teenager, als ich populärwissenschaftliche Bücher las. Ich fühlte mich durch die Möglichkeit des Erforschens und Entdeckens zur Astronomie hingezogen, und ich wurde „süchtig“, als ich meinen ersten Astronomiekurs im Studium belegte.

2. Was ist für Sie das Spannendste an Ihrer Arbeit?

Ich liebe es, Probleme auf neue Art und Weise anzugehen, die anspruchsvolle Entwicklung neuer Analysetechniken fordert Kreativität und macht Spaß. Am aufregendsten ist für mich das Gefühl, wenn ich etwas wirklich Neues entdecke, das noch niemand zuvor gesehen hat.

3. Welches große Rätsel der Astrophysik würden Sie besonders gerne lösen?

Das größte Rätsel, das ich lösen möchte, ist unser Verständnis der Schwerkraft jenseits von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Ich möchte die extremsten Pulsarumlaufbahnen mit neuartigen Messverfahren erfassen und dabei die dazwischenliegende Materie als Hilfsmittel nutzen.

DIE FOLGEN VON ZU VIEL LICHT

Weltweit haben immer mehr Menschen nur noch einen trüben Blick auf den Sternenhimmel. Ursache dafür ist die zunehmende Beleuchtung von Straßen, Plätzen oder Denkmälern. Dieses künstliche Licht hat mehrere Auswirkungen auf die Umwelt: Es hat Einfluss auf Lebewesen, unser Sehverhalten und eben auch unseren Blick auf die Sterne. Der allgemeine Begriff „Lichtverschmutzung“ fasst all diese Effekte zusammen.

Die Forschung hat gezeigt, dass künstliches Licht in der Nacht Menschen, Tiere und Pflanzen beeinflusst. So werden etwa Zugvögel insbesondere bei schlechtem Wetter von beleuchteten Gebäudefassaden angezogen und kommen oftmals durch den Aufprall gegen diese ums Leben. Pflanzen ändern ihre natürlichen Zyklen, indem beispielsweise Bäume zu früh Blätter bekommen oder sie zu spät abwerfen. Und auch die Produktion des Hormons Melatonin bei Menschen und Tieren kann durch künstliches Licht gestört werden.



Die Lichtverschmutzung beeinträchtigt zunehmend auch die Astronomie. So kann künstliches Licht zum Beispiel den Anblick des Sternenhimmels behindern oder gar unmöglich machen, wie es in Ballungsräumen heute bereits der Fall ist. Die professionelle Astronomie ist jedoch mit ihren Einrichtungen und hochempfindlichen Instrumenten auf einen möglichst störungsfreien Himmel angewiesen. Dies ist unter anderem ein Grund dafür, dass sich Observatorien in den entlegensten Gebieten der Erde befinden – beispielsweise das Very Large Telescope (VLT) in der Atacama-Wüste in Chile.

Einige nützliche Links zum Thema Lichtverschmutzung:

Lichter zählen mit „Nachtlichter“: nachtlicht-buehne.de/nachtlicher

Weltkarte der Himmelshelligkeit: lightpollutionmap.info

International Dark-Sky Association: darksky.org

SPIEL: WETTRENNEN ANS ENDE DES SONNENSYSTEMS

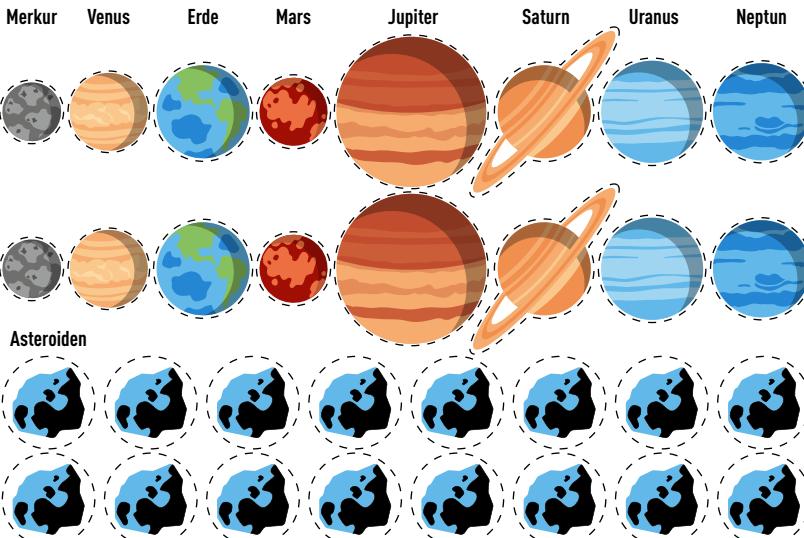
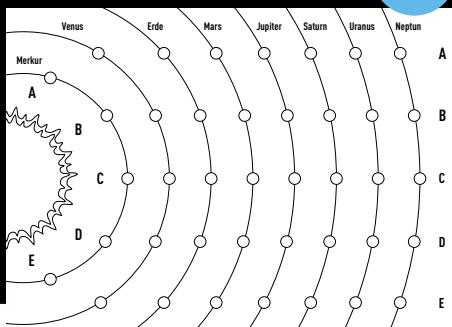
Anleitung

Zu Beginn erhalten beide Spielende je ein Spielfeld, acht Planeten und acht Asteroiden. Hinter einem Sichtschutz verteilen sie die Planeten auf einen ihrer fünf möglichen Umlaufbahn-Plätze (A-E) ihrer Karte. Pro Bahn darf außerdem ein Asteroid platziert werden.

Auf ihrer Reise fragen die Spielenden abwechselnd Umlaufbahnfelder ab (z.B. „Merkur – B“). Wird ein Planet gefunden, dürfen die Felder der nächsten Bahn abgefragt werden. Treffen sie einen Asteroiden, müssen sie eine Astronomie-Frage beantworten (Quizfragen und Antworten dazu gibt es auf S. 160 bis 162). Bei einer falschen Antwort wird der Asteroid in eine Umlaufbahn

zurückgesetzt und die noch nicht gefundenen Planeten dürfen neu positioniert werden. Es gewinnt, wer zuerst Neptun auf der gegnerischen Karte erreicht.

Das Spielfeld kann abgemalt oder als Druckbogen unter wissenschaftsjahr.de/2023/material heruntergeladen werden.



CARL SAGAN

Carl Edward Sagan (* 9. November 1934 in New York City, † 20. Dezember 1996 in Seattle) war ein bekannter US-amerikanischer Wissenschaftler und Autor. Bekanntheit erlangte er zudem als Moderator der dreizehnteiligen Fernsehserie „*Cosmos: A Personal Voyage*“.

Während seiner Tätigkeit als Dozent und Forscher an der Harvard University und am Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) in den 1960er-Jahren konzentrierten sich Carl Sagans Arbeiten auf die Untersuchung der physikalischen Bedingungen auf Planeten, insbesondere auf Venus und Jupiter. Als Wegbereiter der Exobiologie und der Suche nach außerirdischer Intelligenz trug er außerdem maßgeblich zu den meisten unbemannten Weltraummissionen bei, die unser Sonnensystem erforscht haben. Im Jahr 1977 erlangte seine Idee, an Bord der Raumsonden Voyager 1 und Voyager 2 eine friedliche Botschaft für mögliche intelligente außerirdische Lebensformen ins All zu schicken, ein großes mediales Echo. Hierfür wurden zwei Datenplatten, die Voyager Golden Records, an den beiden Raumsonden angebracht. Diese sind bis heute auf ihrer galaktischen Reise und haben unser Sonnensystem mittlerweile verlassen. Auch das Foto „Pale Blue Dot“, das die Erde in einer Entfernung von etwa 6 Milliarden Kilometern zeigt und von der Raumsonde Voyager 1 aus aufgenommen wurde, hatte Carl Sagan angeregt.

Die Vorstellungskraft
trägt uns oft in Welten, die
es nie gab. Aber ohne Vor-
stellungskraft gehen wir
nirgendwohin.



UNIVERSE ON TOUR

Das Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum macht mit „Universe on Tour“ und einem Citizen-Science-Element in Form einer Webanwendung bundesweit an 15 Stationen halt. Dabei ist auch ein mobiles Planetarium unterwegs. Die Webanwendung ist über die Website der Nachlicht-BÜHNE erreichbar: Mit ihrer Hilfe können Teilnehmende Lichtverschmutzungsquellen dokumentieren (mehr dazu auf Seite 98).

Der Besuch des Planetariums und die Nutzung der Web-App der Nachlicht-BÜHNE lassen sich für Besucherinnen und Besucher zu einem spannenden Community-Event verbinden. Denn die mobile Planetariumsshow wird von einem Ausstellungszelt begleitet, in dem sich das Publikum mit allen Facetten des Themas „Licht“ beschäftigen kann. Damit rücken Show und Web-App den Nachthimmel in den Fokus und geben auf vielfältige Weise Gelegenheit, das eigene Wissen über den Sternenhimmel zu erweitern.



UNIVERSE ON TOUR



Tour-Daten der Roadshow 2023:

Rostock: 10. – 14.5.

Potsdam: 17. – 21.5.

Hoyerswerda: 24. – 28.5.

Jena: 31.5. – 4.6.

Göttingen: 7. – 11.6.

Fulda: 14. – 18.6.

Bamberg: 28.6. – 2.7.

München: 5. – 9.7.

Reutlingen: 12. – 16.7.

Heidelberg: 19. – 23.7.

Hofheim: 26. – 30.7.

Bonn: 9. – 13.8.

Dortmund: 16. – 20.8.

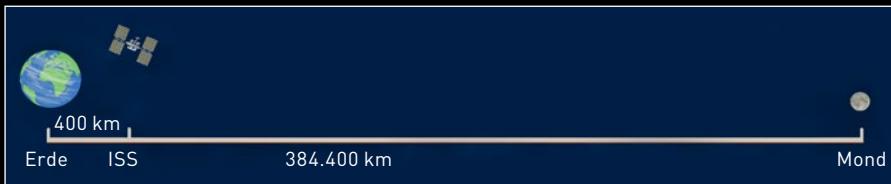
Oldenburg: 23. – 27.8.

Bielefeld: 6. – 10.9.

Mehr Infos zu „Universe on Tour“ gibt es hier:
wissenschaftsjahr.de/2023/universe-on-tour

DIE INTERNATIONALE RAUMSTATION (ISS)

Die Internationale Raumstation (ISS) ist seit ihrem Aufbau im Jahr 1998 der größte Außenposten der Menschheit im All. Sie kreist auf einer Umlaufbahn in 370 bis 460 Kilometern Höhe um die Erde und benötigt für eine Umrundung 90 bis 93 Minuten. Für die Besatzung auf der ISS bedeutet dies ca. 16 Sonnen-aufgänge und -untergänge innerhalb von 24 Stunden.



In einer Höhe von 400 Kilometern ist die Erdanziehungskraft immer noch stark, sie wirkt auch auf die ISS. Der Grund für die Schwerelosigkeit auf der Raumstation ist ihre Bewegung: Die ISS fällt sozusagen um die Erde herum. Durch den freien Fall ist die Anziehungskraft der Erde für die Besatzung nicht zu spüren. Dennoch wirkt auch auf die Astronautinnen und Astronauten eine sehr geringe Schwerkraft (Mikrogravitation) ein. Die Experimente und die Forschung

auf der ISS als wissenschaftlich-technischem Labor in der Schwerelosigkeit bringen auch direkten Nutzen für die Menschen auf der Erde, unter anderem für neue technische Anwendungen, die medizinische Forschung oder innovative Materialien. Auch die Erkundung von Mond und Mars wird dort vorbereitet. An vielen dieser Arbeiten, die auf der ISS stattfinden, ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beteiligt.



TIPP: Manchmal kann man die ISS mit bloßem Auge am Himmel sehen. Die genauen Zeiten dieser Überflüge findet man auf Websites wie: spotthestation.nasa.gov Die App **DLR_next** zeigt die Überflüge an, wobei sogar die Flugbahn im Display eingeblendet wird.

SIND ZEITREISEN MÖGLICH?



Zeitreisen in die Zukunft sind tatsächlich möglich, darüber ist man sich in der Physik einig. Laut Albert Einsteins Relativitätstheorie sind Raum und Zeit untrennbar miteinander verwoben und werden von Masse und Energie lokal beeinflusst. Demnach gilt die Annahme: Je schneller sich eine zeitreisende Person bewegt (z. B. in einem Raumschiff), umso langsamer vergeht für diese Person die Zeit **relativ** zu einem Bezugspunkt, der sich langsamer bewegt (z. B. die Erde). So vergeht die Zeit auf der Internationalen Raumstation (ISS) auch langsamer als auf der Erde – für die Astronautinnen und Astronauten ist dies jedoch nicht spürbar. Es wären dennoch Szenarien möglich, in denen sich Raumfahrende mit sehr hohen Geschwindigkeiten fortbewegen und sich dadurch ihre Zeit im Raumschiff verlangsamt. So könnten an

Bord des Raumschiffes nur ein paar Tage oder Wochen verstreichen, während auf der Erde Monate oder Jahre vergehen. Wenn die Raumfahrenden zurückkehren, sind sie aus ihrer Perspektive in der Zukunft gelandet. Dies bleiben jedoch Gedankenspiele, denn die technologischen Voraussetzungen hierfür stehen uns weder jetzt noch in absehbarer Zeit zur Verfügung – vielleicht sogar niemals.

Dagegen schließen die meisten Forschenden Zeitreisen in die Vergangenheit aus, auch wenn diese mathematisch möglich erscheinen. Dennoch widersprechen die Gesetze der Natur und Logik solchen Reisen. Dementsprechend sind Reisen in die Zukunft theoretisch möglich, Reisen in die Vergangenheit allerdings nicht.

NACHTLICHT-BÜHNE

Die Nachtlicht-BÜHNE ist ein Citizen-Science-Projekt. Das bedeutet, dass alle bei diesem Forschungsprojekt mitmachen können – auch Personen, die keine Forschenden sind. Das Projekt wurde von der deutschen Helmholtz-Gemeinschaft ins Leben gerufen und wird von Fachleuten geleitet. Im Rahmen des Projekts werden zwei innovative Apps entwickelt, die den Bürgerforscherinnen und -forschern das Erfassen von nächtlichen Lichtphänomenen ermöglichen. Dabei entstehen Datensätze, die es in dieser Art und Qualität noch nicht gab und die ohne die Beteiligung der Bevölkerung nicht gewonnen werden können.



Mit der **Nachtlichter-App** wurde erstmals ein Programm zur Erfassung von Außenbeleuchtung entwickelt. Die App dient zur Untersuchung von nächtlichen Lichtquellen und von Lichtverschmutzung. So konnten mit Hilfe der App bereits 264.417 Lichtquellen in 4.870 Straßenabschnitten in Deutschland gezählt und charakterisiert werden.

Seit der Veröffentlichung der **Feuerkugel-App** im Oktober 2021 meldeten Bürgerinnen und Bürger über 1.000 visuelle Beobachtungen heller Meteore (Feuerkugeln).

Die gewonnenen Daten sind von großem wissenschaftlichen Interesse, da sich aus den Flugbahnen und Lichtspuren von Feuerkugeln dynamische und physikalische Eigenschaften von Kometen und Asteroiden ableiten lassen.

Auf der Roadshow „Universe on Tour“ bekommen im Wissenschaftsjahr 2023 noch mehr Menschen die Möglichkeit, sich über das Thema Lichtverschmutzung zu informieren, auszutauschen und das Projekt Nachtlicht-BÜHNE zu unterstützen. Mehr dazu auf Seite 85.
nachtlicht-buehne.de

10 TIPPS ZUM EINSTIEG IN DIE ASTRONOMIE

01

Sterne sieht man am besten, wenn es dunkel ist – also weg von den Lichtern, raus aus der Stadt und den Augen mindestens 20 Minuten Zeit geben, sich an die Dunkelheit zu gewöhnen.

02

Wo ist welches Sternbild? Eine App ist zur Orientierung am Nachthimmel praktisch, blendet aber. Besser sind drehbare Sternkarten und eine Rotlichtlampe.

03

Muss ich mir gleich ein Fernrohr kaufen? Nein, für den Anfang genügt das bloße Auge oder ein einfaches Fernglas, mit dem man bereits sehr viele Himmelsobjekte entdecken kann.

04

Was ist das Wichtigste an einem Fernglas oder Fernrohr? Die „Öffnung“, also der Durchmesser der Linse oder des Spiegels. Je größer, desto besser.

05

Wie stark kann ein Fernrohr vergrößern? Theoretisch sehr stark, praktisch macht es nur bis zu dem Doppelten der Öffnung, gemessen in Millimetern, Sinn.

06

Welches Fernrohr ist am geeignetsten? Lieber Spiegel- oder Linsenteleskop? Besuchen Sie eine Volkssternwarte, neben Teleskopen stehen hier Hobbyastronominnen und -astronomen beratend zur Seite.

07

Wann gibt es etwas Besonderes zu sehen? Die schönsten Himmelsereignisse findet man in einem astronomischen Jahrbuch oder unter sternfreunde.de.

08

Wie mache ich am besten Fotos vom Sternenhimmel? Dazu braucht man ein Stativ und eine Nachführung, die die Rotation der Erde ausgleicht.

09

Wo kann ich die Milchstraße sehen? Am besten im Sommer an einem dunklen Ort oder in einem Sternenpark, in dem künstliches Licht reduziert wird.

10

Was sagen die Sterne über meine Zukunft? Sorry, falsche Abteilung. Astronomie beschäftigt sich mit Teleskopen, nicht mit den Horoskopen.

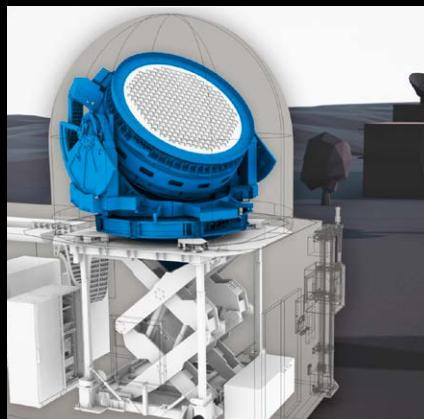
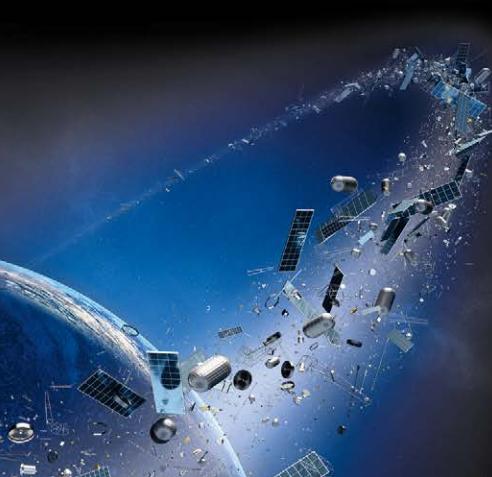
Gibt es auch eine ausführlichere Anleitung? Klar, unter:

sternfreunde.de/astronomie-entdecken/astronomie-fuer-einsteiger

MÜLL IM ALL

Als Weltraumschrott bezeichnet man Rückstände von menschengemachten Gegenständen in der Erdumlaufbahn. Dies sind großenteils nicht mehr funktionierende Satelliten, Raketenoberstufen oder deren Bruchstücke, die bei Explosionen oder Zusammenstößen im Erdorbit entstehen. Die Anzahl von solchen Objekten im Weltall wächst kontinuierlich an. Daher muss bei neuen Weltraummissionen immer auch mitgeplant werden, wie die Komponenten nach dem Betrieb wieder sicher „entsorgt“ werden können.

Es gibt mehr als 32.000 erfasste und katalogisierte Weltraummüllteile, diese haben in der Regel einen Durchmesser von mindestens zehn Zentimetern. Insgesamt geht man von etwa 37.000 Objekten aus, die größer als zehn Zentimeter sind, einer Million Objekten mit mehr als einem Zentimeter und 130 Millionen Objekten mit mehr als einem Millimeter Durchmesser. Die größte Ansammlung dieses Weltraummülls befindet sich in etwa 800 Kilometer Höhe.



Ein experimentelles Weltraumüberwachungsradar – GESTRA (German Experimental Surveillance and Tracking Radar) – soll Abhilfe schaffen. Hiermit sollen Bahndaten von Satelliten und Trümmern in einer Höhe von 300 bis 3.000 Kilometern erfasst werden. GESTRA hat bereits erste Testmessungen durchgeführt und wird voraussichtlich 2023 in Betrieb genommen. Seine Daten sollen Forschungseinrichtungen in Deutschland zur Verfügung gestellt werden und bilden die Grundlage für künftige Entwicklungen in der Weltraumüberwachung. Weltraumobjekte sollen dauerhaft beobachtet werden, um Kollisionen von Satelliten mit anderen Objekten zu verhindern.

Weitere Informationen
zu GESTRA:



ASTRONOMIE IST EIN GANZJAHRESHOBBY

Tag und Nacht entstehen, weil die Erde sich in 24 Stunden einmal um sich selbst dreht. Oft vergessen wir aber, dass unsere Erde sich mit ca. 107.200 km/h in etwas mehr als 365 Tagen einmal um die Sonne bewegt.

Auf der einjährigen Reise unserer Erde um die Sonne ändern sich nicht nur die Jahreszeiten, sondern auch die Blickrichtung in bzw. aus unserer Milchstraße.

So erklärt sich, dass die Sommermilchstraße viel heller und ausgeprägter ist, weil wir ins Zentrum unserer Galaxie schauen, genau genommen auf die imposanten Sternenstaubwolken, die das Zentrum verdecken.

Die Wintermilchstraße zeigt „nur“ einen der auslaufenden Spiralarme. In dieser Richtung ist die Sternendichte deutlich geringer und der Himmel erscheint „blasser“. Einzig die Sternbilder im Norden bleiben uns ganzjährig erhalten, wie der bekannte Große Bär vom Nordsternhimmel.

Somit hat jede Jahreszeit ihren besonderen Reiz für Astronomen. Wenn der Sommer zu Ende geht, steigen die Plejaden am Horizont auf, gefolgt von Orion im Spätherbst bis weit in den Winter hinein. Und wenn dann am Abendhimmel das Sternbild Herkules aufsteigt, so kündigt sich langsam wieder der Frühling an, dem die prächtige Sommermilchstraße folgt.

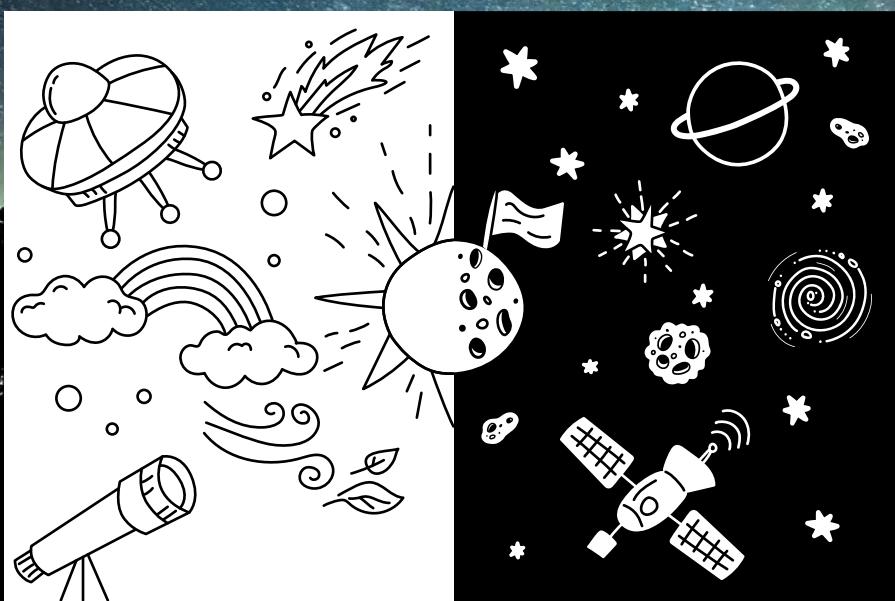
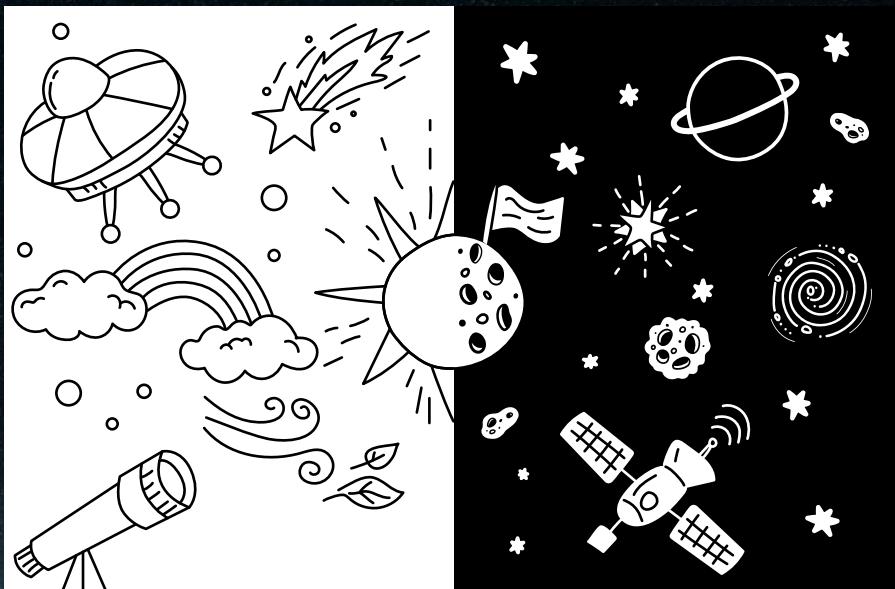
Übrigens: Unser Sonnensystem (und wir mit ihm) bewegt sich mit rasanten 960.000 km/h ums Zentrum der Milchstraße!

Die Geschwindigkeiten findet man z. B. hier:



Suchen Sie die zehn Unterschiede in den Bildern

Haben Sie alle Abweichungen gefunden, können Sie die Bilder noch kreativ ausmalen.



NÄCHSTE BEOBACHTBARE ASTRONOMISCHE EREIGNISSE

Auch 2023 ist am Sternenhimmel über Deutschland einiges los!



Lyriden

4. – 30.4.2023

Ab Mitternacht kann man den Meteorstrom (Sternschnuppenstrom) sehen, am besten in den frühen Morgenstunden. Das Maximum wird am 22. April erreicht.

Eta-Aquariiden

19.4. – 28.5.2023

Dieser Meteorstrom ist kurz vor der Morgendämmerung zu sehen. Er stammt vom Halley'schen Kometen – dieser kommt nur etwa alle 75 Jahre in die Nähe der Erde, das nächste Mal 2061.

Perseiden

17.7. – 24.8.2023

Das Maximum der Perseiden ist am 12. August erreicht. Die Sternschnuppen sind kleine Teile eines Kometen, die in der Atmosphäre verglühen und so Lichtbahnen erzeugen.

Orioniden

12. – 29.10.2023

Die Orioniden gehören zu den fünf aktivsten Meteorströmen und sind am stärksten in den Morgenstunden zwischen dem 19. und 23. Oktober zu sehen.

Partielle Mondfinsternis

28.10.2023

Bei Vollmond tritt der Mond für eine kurze Zeit in den Kernschatten der Erde. Das Schattenspiel von Verschwinden und Wiederkehren lässt sich bei klarem Himmel mit bloßem Auge beobachten.

Leoniden

14. – 21.11.2023

Die Leoniden sind ein Meteorstrom, der jährlich im November zu beobachten ist. Das Maximum erreichen die Leoniden am 17. November.

Geminiden

7. – 17.12.2023

Die Geminiden lassen sich sehr gut in den Abendstunden beobachten. Dieser Meteorstrom ist besonders eindrucksvoll, weil er viele helle, typischerweise gelb-weiß leuchtende Sternschnuppen hervorbringt.

Ursiden

17. – 27.12.2023

Stets zum Jahresende können die Sternschnuppen der Ursiden am Himmel betrachtet werden.



WIE ENTDECKT MAN EXOPLANETEN?

Sogenannte Exoplaneten (vom altgriechischen Wort „ἐξω“, Transkription: „exo“, zu Deutsch: „außen“) sind Planeten, die außerhalb unseres Sonnensystems existieren. Obwohl sie lange Zeit nicht wissenschaftlich nachgewiesen werden konnten, galt ihre Existenz dennoch schon früh als wahrscheinlich. Erst Anfang der 1990er-Jahre wurden die ersten Planeten außerhalb unseres Sonnensystems entdeckt. Mittlerweile sind über 5.000 Exoplaneten dokumentiert.

Exoplaneten zu beobachten, ist eine wissenschaftliche Herausforderung. Diese liegt darin, dass die Distanzen im Weltall riesig und die Planeten im Verhältnis dazu sehr klein sind. Eine Beobachtung gelingt dennoch, unter anderem mit erdgebundenen Teleskopen wie dem Very Large Telescope (VLT), oder Weltraumteleskopen wie dem neuen James Webb Space Telescope (JWST). Dabei gibt es verschiedene Methoden. So beobachtet man zum Beispiel bei der Transitmethode einen bestimmten Stern und wartet ab, bis



Das erste Bild eines Exoplaneten (rot), der sich um einen „Braunen Zwerge“ (blau-weiß) bewegt, aufgenommen vom VLT.

sich ein Exoplanet zwischen diesen Stern und die Erde schiebt. Hierbei wird dieser für einen kurzen Moment ein kleines bisschen dunkler, da der Exoplanet einen Teil seiner Strahlung verdeckt. Dies lässt sich mit extrem empfindlichen, modernen Teleskopen nachweisen. Weitere Methoden sind etwa der Mikrolinseneffekt (Erhöhung der Helligkeit eines sich im Hintergrund des Exoplaneten befindlichen Sterns), der Wackeleffekt (Taumelbewegung des Sternes, um den ein Exoplanet kreist) oder die direkte Beobachtung.



SCHNELLER ALS DAS LICHT?

Mit Lichtgeschwindigkeit oder sogar schneller durch das Universum reisen? In vielen Science-Fiction-Formaten ist dies gang und gäbe. Doch laut Albert Einsteins Relativitätstheorie ist die Lichtgeschwindigkeit die Obergrenze für Reisen durch das Weltall – sozusagen ein universelles Tempolimit. Nur masselose Teilchen können sich mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Für massereiche Teilchen ist dies unmöglich. Zumal nach der Relativitätstheorie die Masse eines Objekts abhängig von seiner Geschwindigkeit ist. Und diese wird größer, je schneller sich das Objekt bewegt. Darüber hinaus zeigt die Erfahrung: Je schwerer ein Objekt ist, desto mehr Energie muss aufgewendet werden, um es zu beschleunigen.

Wird ein Flugzeug beispielsweise auf 75 Prozent der Lichtgeschwin-

digkeit beschleunigt, entspricht seine bewegte Masse dem 1,5-Fachen seiner Masse im Ruhezustand. Das heißt, je mehr wir uns der Lichtgeschwindigkeit nähern, desto höher wird der Anstieg und damit verbunden der Energiebedarf für eine weitere Beschleunigung. In diesem Sinne ist es unmöglich, ein Objekt mit Masse auf Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen.

Auch für uns Menschen bedeutet das, dass wir die astronomischen Weiten des Weltalls nicht so leicht bereisen können. So liegt zum Beispiel der uns nächstgelegene Stern Proxima Centauri ca. 4,3 Lichtjahre entfernt. Selbst wenn sich Raumfahrende mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen könnten, würden sie über vier Jahre benötigen, bis sie Proxima Centauri erreichen.

3 FRAGEN AN ...

Name: Victoria Grinberg

Alter: 38

Institution: Europäische Weltraumorganisation, ESA

Aufgabenfelder/Forschungsfelder:
Hochenergieastrophysik, Schwarze Löcher,
Neutronensterne und Sternwinde

Lieblingsschulfächer: Mathe, Deutsch



1. Warum haben Sie sich entschieden, Astrophysikerin zu werden?

Das Interesse am Weltraum kam von den vielen Science-Fiction-Büchern und -Serien, die ich auch heute noch mag! Physik als Schulfach fiel mir nicht immer leicht, aber ich fand es spannend und habe auch Schülerpraktika in Physik und Astronomie gemacht.

2. Was ist für Sie das Spannendste an Ihrer Arbeit?

Die unglaublichen Größen und Zeiträume: Wenn ich ein Lichtteilchen beobachte, das aus der Nähe eines Schwarzen Lochs kommt, war es Jahrtausende oder gar Jahrmillionen unterwegs und ist extrem starker Schwerkraft entkommen, um dann in meinem Teleskop zu landen.

3. Welches große Rätsel der Astrophysik würden Sie besonders gerne lösen?

Ich arbeite daran, die Physik unter den extremsten Bedingungen besser zu verstehen: in der Nähe der Schwarzen Löcher oder Neutronensterne oder in den Winden von massereichen Sternen, vor allem wenn ein Schwarzes Loch oder Neutronenstern in der Nähe ist.

WAS MACHEN ASTROTEILCHEN-PHYSIKERINNEN UND -PHYSIKER?

Die Astroteilchenphysik verbindet die Physik des Allerkleinsten – der Elementarteilchen – mit der Astrophysik. Sie untersucht Gammastrahlung, Gravitationswellen und kosmische Teilchen (beispielsweise Neutrinos oder Atomkerne), die aus fernen Bereichen des Universums kommen. Astroteilchenphysikerinnen und -physiker nutzen diese Teilchen als „Boten“, die etwas über das Weltall und sich selbst erzählen. Statt also das Universum mit großen astronomischen Teleskopen zu beobachten, setzen Forschende spezielle Nachweisgeräte für die Boten, sogenannte Detektoren, zur Beobachtung ein.

Diese Detektoren werden oftmals an ungewöhnlichen Orten gebaut und betrieben – zum Beispiel im Eis des Südpols oder in den Tiefen des Mittelmeers – und vermessen verschiedene Boten aus dem Weltall. Damit versuchen Astroteilchenphysikerinnen und -physiker, die Quellen im Universum zu identifizieren, die diese Boten aussenden, um zu verstehen, wie diese Quellen funktionieren. Solche Quellen können einzelne Sterne oder ganze Galaxien sein. Es kann sich um Schwarze Löcher, Supernovae, kollidierende Neutronensterne oder vieles mehr handeln. Zudem suchen die Forschenden auch nach neuen Boten aus dem All, wie zum Beispiel noch unbekannten Teilchen unterschiedlicher Art, aus denen die mysteriöse Dunkle Materie bestehen könnte.

Neugierig geworden?

Weitere Informationen und Erklärungen finden Sie auf der Website, die sich hinter dem QR-Code verbirgt.



DIE VIELFALT ASTRONOMISCHER TELESKOPE

Very Large Telescope (VLT)

Forschungsziel: Erforschung von hochrotrver-schobenen Galaxien, Sternentstehung,

Exoplaneten und protoplanetaren Scheiben

Wellenlängenbereich: sichtbares Licht,
Infrarotstrahlung

Untersuchungsobjekt: Planeten, Sterne, Galaxien

Standort: Cerro Paranal in der Atacama-Wüste in Chile

Besonderheit: Die vier Teleskope können entweder einzeln genutzt oder auch zusammengeschaltet werden – dies ermöglicht eine 25-fach höhere Auflösung.

Extremely Large Telescope (ELT), im Bau

Forschungsziel: Analyse von Exoplaneten,
Ergründung der Entstehung und Entwicklung
der ersten Sterne und Galaxien, Messung der
Beschleunigung der kosmischen Expansion

Wellenlängenbereich: sichtbares Licht,
Infrarotstrahlung

Untersuchungsobjekt: Exoplaneten, Sterne, Galaxien
und Schwarze Löcher im frühen Universum

Standort: Cerro Armazones in der Atacama-Wüste in Chile

Besonderheit: Das ELT wird mit 39 m Durchmesser
den größten Spiegel weltweit haben.

Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO), im Bau

Forschungsziel: Messung energiereicher Gammastrahlen aus den Tiefen des Universums, zur Untersuchung von Galaxien, Schwarzen Löchern und Dunkler Materie

Wellenlängenbereich: Gammastrahlung

Untersuchungsobjekt: Gammastrahlungsquellen

Standort: Cerro Paranal in der Atacama-Wüste
in Chile und spanische Insel La Palma

Besonderheit: Das CTAO wird Einblicke in die Tiefe des Alls durch Messung der Cherenkov-Strahlung erlauben. Diese entsteht, wenn Gammastrahlen auf die Erdatmosphäre treffen.

Low Frequency Array (LOFAR)

Forschungsziel: Untersuchung des frühen Universums, kosmischer Magnetfelder und der Sonne

Wellenlängenbereich: Radiowellen

Untersuchungsobjekt: das junge Universum

Standort: 52 Stationen europaweit, darunter 6 in

Deutschland, 38 in den Niederlanden

Besonderheit: LOFAR hat keinen Spiegel,
sondern ist ein Softwareteleskop. Die einzelnen,
zusammengeschalteten Stationen sind über
mehrere Länder verteilt.

James Webb Space Telescope (JWST)

Forschungsziel: Suche nach den ersten nach dem Urknall entstandenen leuchtenden Objekten und Galaxien, Untersuchung der Entstehung von Galaxien, Schwarzen Löchern, Sternen und Planetensystemen, Untersuchung von Exoplaneten

Wellenlängenbereich: Infrarotstrahlung

Untersuchungsobjekt: Exoplaneten, Lebenszyklus von Sternen, das junge Universum, Entstehung von Galaxien

Standort: Weltraum, Umlaufbahn um den sogenannten zweiten Lagrange-Punkt

Besonderheit: Das JWST – als Satellit im Weltraum – ist ein Weltraumteleskop.

TELESKOPE: AUF EINER WELLENLÄNGE MIT DEN STERNEN

Mit großen Observatorien und Weltraumteleskopen blicken wir Milliarden von Jahren zurück in der Zeit. Gleichzeitig sehen wir in die Zukunft: Was erwartet uns da draußen? Wie entwickelt sich unsere kosmische Heimat? Entdecken wir lebensfreundliche Welten? Wo könnten sie sein, die außerirdischen Zivilisationen, die wir bisher nur aus Science-Fiction-Filmen und -Comics kennen?

Von unserem Heimatplaneten Erde aus durchsucht die Astronomie jeden Winkel des uns umgebenden Sternenhimmels nach Antworten auf diese Fragen. Alles, was wir dafür aus dem Universum bekommen, ist Energie in Form von Licht und kleinsten Teilchen, die es zu entschlüsseln gilt, um herauszufinden, was wirklich in den Weiten des Weltalls passiert. Inzwischen wissen wir, dass es da draußen Milliarden von Galaxien mit Milliarden von Sternen, eine große Vielfalt von Exoplaneten, Schwarze Löcher von monströsen Ausmaßen, gigantische Kollisionen und riesige Explosionen gibt. Ihre Entdeckungen und die Erkenntnisse darüber verdanken wir dem enormen wissenschaftlichen und technischen

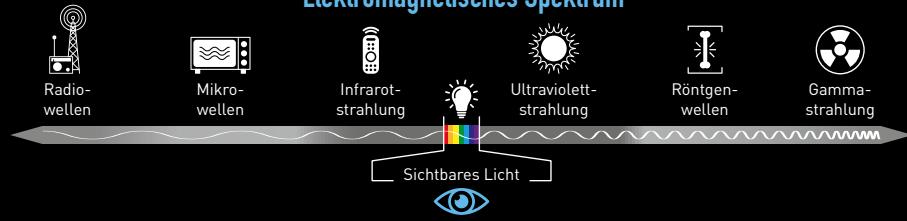
Fortschritt der letzten Jahrzehnte. Inzwischen erzeugt die Astronomie die größten Datenströme der Welt und extrahiert daraus Informationen, immer mehr auch mit künstlicher Intelligenz.

Als Werkzeuge werden Teleskope benutzt, die Licht in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen auffangen: nicht nur das sichtbare Licht wie unsere Augen, sondern auch Radiowellen, Infrarotstrahlung bis hin zu hochenergetischen Röntgenwellen und Gammastrahlung. Auch Gravitationswellen können wir mittlerweile empfangen. Nur so wird die gesamte Bandbreite an Informationen zugänglich, um unserem Universum die Geheimnisse zu entlocken. Beispielsweise gelangen erst mit Radioteleskopen die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung – ein Überrest aus der Zeit des Urknalls – sowie die ersten Bilder riesiger Schwarzer Löcher.

Vertiefende Informationen bietet die Astronomische Gesellschaft (AG) unter folgendem QR-Code:



Elektromagnetisches Spektrum



CAROLINE HERSCHEL

Caroline Lucretia Herschel (* 16. März 1750 in Hannover, † 9. Januar 1848 ebenda) war die erste deutsche Frau, die als Astronomin angestellt sowie bezahlt wurde und für ihre Arbeit volle Anerkennung fand. Sie entdeckte mehrere Kometen sowie hunderte von Sternhaufen und Nebeln, die sie katalogisierte. Zudem beschäftigte sich Caroline Herschel mit astronomischer Theorie – vor allem mit Berechnungen zur Bestimmung der Himmelskoordinaten. Diese nahm sie als Grundlage für eine systematische Durchsuchung des Himmels; ein zu dieser Zeit hochaktueller Forschungsgegenstand.

Caroline Herschel erhielt nach dem Willen ihrer Mutter kaum Bildung und sollte zur Haushaltshilfe ausgebildet werden. Diesem Schicksal entkam sie durch ihren Vater Isaak und ihren zwölf Jahre älteren Bruder Friedrich Wilhelm – durch beide fand sie zur Astronomie. Im Alter von 22 Jahren folgte sie ihrem Bruder nach Bath in England, wo dieser als Organist und Konzertleiter tätig war. Dort arbeitete Caroline Herschel zunächst als seine Haushälterin, später als Konzertsängerin. Als ihr Bruder 1781 den Planeten Uranus entdeckte und zum Königlichen Hofastronomen in Windsor wurde, entschied sich Caroline Herschel gegen eine Karriere als Sängerin und erhielt eine Anstellung als Gehilfin ihres Bruders mit einem Gehalt von 50 Pfund im Jahr – das erste Gehalt überhaupt, das eine Frau in England für eine wissenschaftliche Tätigkeit bezog. Ab diesem Zeitpunkt widmete sie sich eigenen astronomischen Forschungsvorhaben und erhielt für ihre Arbeit zahlreiche Auszeichnungen, etwa die goldene Medaille der Royal Astronomical Society. Zu ihren Ehren vergibt die Astronomische Gesellschaft gemeinsam mit der Royal Astronomical Society die Caroline-Herschel-Medaille an herausragende Wissenschaftlerinnen und würdigt damit auch die lang bestehende wissenschaftliche Kooperation zwischen Großbritannien und Deutschland.

» ... und zur Erholung sprechen wir über Astronomie ... «



IST DER POLARSTERN IMMER IM NORDEN?

Er ist der hellste Stern im Sternbild Kleiner Bär (oder Kleiner Wagen): der Polarstern. Und er ist ein zuverlässiger Wegweiser zur Bestimmung der geografischen Nordrichtung bei Nacht. Denn der Polarstern steht immer an derselben Stelle im Norden, zufällig beinahe genau dort, wo die verlängerte Erdachse bzw. der Himmelspol hinzeigt.

Allerdings wird der Polarstern nicht ewig seine Position als Drehpunkt des Himmels beibehalten. Denn die Erde taumelt ganz langsam, wie ein Kreisel kurz vor dem Umfallen. Dadurch verschiebt sich der Polarstern im Laufe der Jahrhunderte ganz allmählich und wandert weiter.

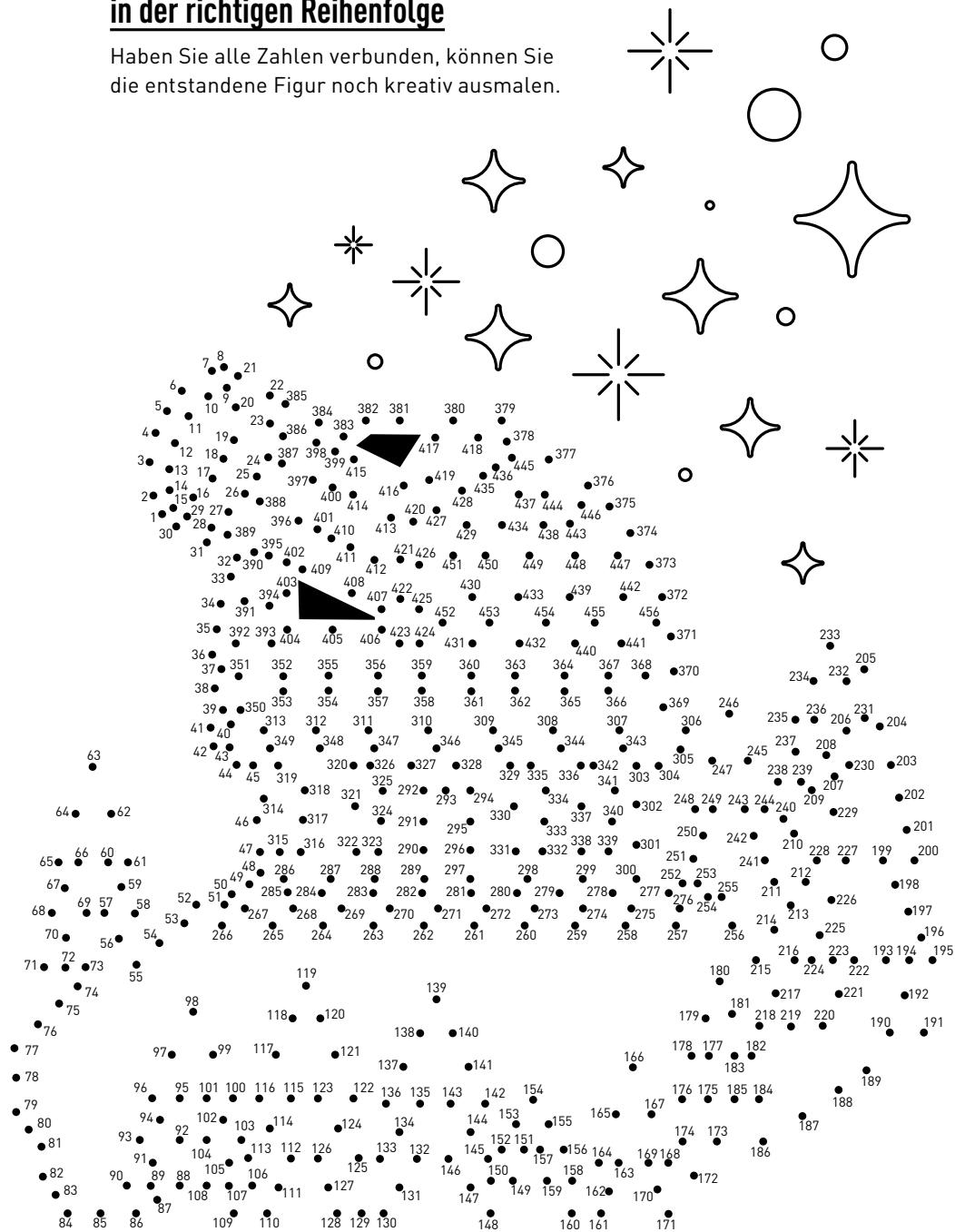
Diese Kreiselbewegung der Erde geschieht in Superzeitlupe, doch langfristig verändert das den Himmel. So wird in etwa 13.000 Jahren der Stern Vega im Sternbild Leier den Platz des Himmelsnordpols einnehmen. Nach rund 25.800 Jahren wird die Erdachse wieder am jetzigen Ausgangspunkt angelangt sein und der Polarstern selbst ist wieder an der Reihe, den Norden zu markieren.

Am Nachthimmel zu finden ist der Polarstern übrigens, indem man die beiden hinteren Kastensterne des Großen Wagens **fünfmal** verlängert.



Verbinden Sie die Zahlen von 1 bis 456 in der richtigen Reihenfolge

Haben Sie alle Zahlen verbunden, können Sie die entstandene Figur noch kreativ ausmalen.



3 FRAGEN AN ...

Name: Eva Grebel

Alter: 56

Institution: Astronomisches Rechen-Institut, Universität Heidelberg

Aufgabenfelder/Forschungsfelder:
Galaxienentwicklung,
stellare Populationen

Lieblingsschulfach: Geschichte



1. Warum haben Sie sich entschieden, Astrophysikerin zu werden?

Weil mich die ganz großen Fragen interessieren: Wie ist das Universum entstanden? Wie entwickelt es sich weiter? Wie haben sich Galaxien wie unsere Milchstraße sowie Sterne und Planeten gebildet? Welche Eigenschaften haben sie und wie entsteht Leben?

2. Was ist für Sie das Spannendste an Ihrer Arbeit?

Die Aussicht, Neues und Unerwartetes zu entdecken, aber vor allem das Erlangen eines tieferen und besseren Verständnisses der Welt, in der wir leben, und der Prozesse, die ihre Entwicklung bestimmen. Und neue Erkenntnisse werfen oft neue spannende Fragen auf.

3. Welches große Rätsel der Astrophysik würden Sie besonders gerne lösen?

Das Rätsel der großen Vielfalt sogenannter Zwerggalaxien – wie sind sie entstanden; welche Rolle haben Umgebungseinflüsse gespielt? Außerdem das große Rätsel sogenannter multipler Sternpopulationen in Kugelsternhaufen und ihrer komplexen chemischen Eigenschaften.

Quizfragen

1. Was bedeutet Astronomie sinngemäß?
2. Womit befasst sich die Astrologie?
3. Was ist Terraforming?
4. Warum schlug ein Wissenschaftler 1971 vor, die Polkappen des Mars zu schmelzen?
5. Nenne drei Erkenntnisse oder Errungenschaften der Astronomie für die Menschheit.
6. Warum vergeht laut Relativitätstheorie die Zeit auf der ISS langsamer?
7. Was sind Exoplaneten?
8. Wofür steht die Abkürzung DLR?
9. Wie hieß der deutsche Astronaut, der im Herbst 2021 für sechs Monate auf der ISS war?
10. Wann wurden die ersten Exoplaneten entdeckt?
11. Wie viele Exoplaneten sind in etwa dokumentiert?
12. Wofür steht die Abkürzung VLT?
13. Wofür steht die Abkürzung JWST?
14. Wofür steht die Abkürzung ELT?
15. Wie weit ist der nächstgelegene Stern (Proxima Centauri) entfernt?
16. Wie viele Planeten im Sonnensystem gibt es?
17. Was bedeutet das Wort Planet wörtlich?
18. Wann war der erste Mensch auf dem Mond?
19. Wie heißt der größte Planet in unserem Sonnensystem?
20. Welcher ist der kleinste Planet in unserem Sonnensystem?
21. Wie hieß der erste Mensch, der den Mond betreten hat?
22. Wie viel Zeit vergeht, bis die Erde einmal die Sonne umkreist hat?
23. Wie nennt man die Explosion eines Sternes?
24. Wodurch leuchtet der Mond?
25. Die Sonne ist ein ...?
26. Wie heißen Forschende, die Planeten und Sterne untersuchen?
27. Wer widerlegte das geozentrische Weltbild?
28. Woraus besteht die Milchstraße?
29. Wie weit ist der Mond von der Erde entfernt?
30. Wie lange braucht das Licht, um von der Sonne zur Erde zu gelangen?

31. Das erste Lebewesen im All war ein ...?
32. Welcher Planet ist von der Erde besonders gut zu sehen und ist nach Sonne und Mond das hellste Gestirn am Himmel?
33. Welche Farbe hat der Mars?
34. Wodurch entstehen Ebbe und Flut auf unserer Erde?
35. Welcher Planet im Sonnensystem hat die meisten Monde?
36. Welchen Planeten sieht man von der Erde aus nie mit bloßem Auge?
37. Welcher deutsche Astrophysiker erhielt 2020 den Physik-Nobelpreis?

- Die Antworten gibt es auf Seite 162.
- Lösungen von S. 42, S. 111 sowie S. 155 unter:
wissenschaftsjahr.de/2023/material

Nutzungsrechte

Sämtliche Inhalte dieses Notizbuches sind urheberrechtlich geschützt. Es wird kostenfrei zur Verfügung gestellt und darf ausschließlich in nicht kommerziellen Kontexten verwendet werden. Zur Verwendung gehören die Vervielfältigung, das Speichern, das Drucken und die Bearbeitung.

Änderungen dürfen nur insoweit vorgenommen werden, als sie zur Ausübung des Nutzungszweckes unumgänglich sind, zum Beispiel in Form von Kürzungen. Der Aussagegehalt ist dabei unverändert beizubehalten. Inhaltliche Änderungen sind ausschließlich dann zulässig, wenn

sichergestellt ist, dass die ursprünglich getroffene Aussage weder abgeändert noch verfälscht, verfremdet oder entstellt wird. Dies gilt auch für eine indirekte Beeinträchtigung des Inhalts durch Verwendung in einem anderen als dem ursprünglichen Sachzusammenhang. Falls Elemente ganz oder teilweise in irgendeiner Form – elektronisch oder schriftlich – zu anderen als den vorher genannten Zwecken reproduziert werden, ist die ausdrückliche schriftliche Zustimmung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Vorfeld einzuholen.

Antworten auf die Quizfragen

1. Die Wissenschaft von den Sternen
2. Mit der Deutung der Sterne (Horoskope)
3. Umformen anderer Planeten zu bewohnbaren Himmelskörpern
4. Zur Freisetzung von Kohlendioxid, sodass der Planet seine verloren gegangene Atmosphäre zurückhält
5. Zum Beispiel Zeitmessung, Kalender, Navigation, Erde ist keine Scheibe, WLAN, Digitalfotografie
6. Die ISS bewegt sich schneller durch den Raum als die Erde. Je schneller sich eine zeitreisende Person bewegt, umso langsamer vergeht für diese Person die Zeit relativ zu einem Bezugspunkt, der sich langsamer bewegt.
7. Planeten, die außerhalb der Grenzen unseres Sonnensystems existieren
8. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
9. Matthias Maurer, Europäische Weltraumorganisation (ESA)
10. Anfang der 1990er
11. Mittlerweile über 5.000
12. Very Large Telescope
13. James Webb Space Telescope
14. Extremely Large Telescope
15. 4,3 Lichtjahre von der Erde
16. Acht
17. Wanderer, umherschweifend
18. 21. Juli 1969
19. Jupiter
20. Merkur
21. Neil Armstrong
22. Ein Jahr; 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 46 Sekunden, um ganz genau zu sein
23. Supernova
24. Die Sonne: Was wir sehen, ist der von ihr angestrahlte Teil des Mondes.
25. Stern
26. Astronominnen und Astronomen
27. Nikolaus Kopernikus
28. Aus 100 bis 300 Milliarden Sternen und großen Mengen Gas und Staub
29. 384.400 km
30. Ca. acht Minuten
31. Hund
32. Venus
33. Rot
34. Obwohl der Mond mehrere Hunderttausend Kilometer von der Erde entfernt ist, zieht er das Wasser unseres Planeten durch die Wirkung seiner Gravitationskräfte an. Diese Kräfte hängen von der Entfernung ab und lassen Flutberge und Ebbtäler entstehen.
35. Der Saturn, Stand 2022, hat 82 Monde.
36. Neptun: Der äußerste Planet im Sonnensystem ist so weit entfernt, dass sein kleines Licht nur mit einem Teleskop oder einem lichtstarken Fernglas mit Stativ zu finden ist.
37. Reinhard Genzel, Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und
Forschung (BMBF)
Projektteam Wissenschaftsjahr 2023 –
Unser Universum
10117 Berlin

Konzeption und Gestaltung

DLR Projektträger
DESY Projektträger
familie redlich AG – Agentur für
Marken und Kommunikation
KOMPAKTMEDIEN – Agentur für
Kommunikation GmbH

Druck

MKL Druck GmbH & Co. KG
Ostbevern

Stand

Januar 2023
(angepasster Nachdruck Mai 2023)

Diese Publikation wird als Fach-
information des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung kostenlos
herausgegeben. Sie ist nicht zum
Verkauf bestimmt und darf nicht zur
Wahlwerbung politischer Parteien
oder Gruppen eingesetzt werden.

bmbf.de



Bildnachweise:

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| Titel/Rückseite ESO/T. Preibisch | S. 104 DLR | S. 54 vchalup |
| S. 2 Bundesregierung/Guido Bergmann | S. 119 ESO | S. 55 pongpongching/Panuwat |
| S. 3 NASA, ESA, Massimo Roberto
(STScI, ESA), Hubble Space Tele-
scope Orion Treasury Project Team.
Bildbearbeitung: Zolt G. Levay
(STScI), Joseph DePasquale (STScI). | S. 126 Friedhelm Albrecht/Universität
Tübingen | S. 62 Pro Web Design/MAV Drone |
| S. 19 ESO | S. 132 KIT | S. 63 Pavel |
| S. 35 Privat | S. 140, 141 ESO | S. 70 Chr. Offenberg |
| S. 41 NASA, ESA, CSA, STScI. Bildbe-
arbeitung: Joseph DePasquale
(STScI), Anton M. Koekemoer
(STScI), Alyssa Pagan (STScI)/
Welt der Physik/StudioM1/IStock/
DLR, CC BY-NC-ND 3.0/
ESO/ESOcast. | S. 156 Universität Heidelberg | S. 76 nadzeya26/MicroOne |
| S. 49 NASA/ESA | S. 163 adidesigner23 | S. 93 vchalup/eyewave/dlyastokiv |
| S. 69 Privat | Adobe Stock | S. 104 JohanSwanepoel |
| S. 92 Dr. Y. Stein (Deutsche Raumfahrt-
agentur im DLR)/ NASA | S. 1 hibrida | S. 110, 111 Xalanx |
| S. 98 Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e. V. (DLR) | S. 3 Christos Georgiou | S. 119 Peter Jurik |
| | S. 11 Fredy Sujono/ananaline/LuckySoul | S. 125 Dmitry |
| | S. 18 vovan | S. 148 Swetlana Wall/orbcat |
| | S. 19 dzm1try/A.vector #3249358/
Comauthor | gettyimages |
| | S. 26 artmim | S. 25 Culture Club |
| | S. 34 Gorodenkoff | S. 77 Tony Korody |
| | S. 40 wowomnom | S. 147 Stefanie Keenan |
| | S. 41 OrlyDesign | |



Die Wissenschaftsjahre sind eine Initiative des
Bundesministeriums für Bildung und Forschung
(BMBF) gemeinsam mit Wissenschaft im Dialog (WiD).
Sie tragen als zentrales Instrument der Wissenschafts-
kommunikation Forschung in die Öffentlichkeit und
unterstützen den Dialog zwischen Forschung und
Gesellschaft.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung