DEINE AKADEMIE24

Sonnensystem und Universum für Einsteiger

Planeten, Sterne, Schwarze Löcher und CERN



Bebildertes Sachbuch

DEINE AKADEMIE24

Sonnensystem und Universum für Einsteiger

Bebildertes Sachbuch

Erweiterte Fotoausgabe 2026 in DIN A4

Quellenstand 19 November 2026

Redaktionell überarbeitet und mit Quellen sowie Bildnachweisen abgeglichen. Eine unabhängige Fachabnahme durch Dritte ist nicht erfolgt.

Die Covergestaltung verwendet eine KI-generierte künstlerische Illustration. Das Weltraummotiv ist eine nicht maßstäbliche Montage.

Inhalt

1 Orientierung im All.....5
2 Entfernungen und Größen verstehen.....7
3 Wie Sonne und Planeten entstanden.....9
4 Die Sonne als unser Stern.....11
5 Die vier inneren Planeten.....13
6 Riesenplaneten und ihre Welten.....20
7 Monde Kometen und die kleinen Körper.....26
8 Warum sich alles bewegt.....30
9 Unser Sonnensystem auf Reisen.....33
10 Wie Sterne leben.....35
11 Schwarze Löcher verstehen.....38
12 Galaxien und die Geschichte des Universums.....40
13 CERN und die Bausteine der Natur.....42
14 Wie wir das All erforschen.....44
Planetendaten zum Nachschlagen.....47
Fragen und begründete Antworten.....48
Glossar.....50
Quellen und Bildnachweise.....52

Eine Reise vom vertrauten Himmel zu den großen Fragen der Physik

Wer abends nach oben schaut, sieht zunächst Lichtpunkte. Manche sind Sterne, manche Planeten; zwischen ihnen zieht vielleicht ein Satellit seine Bahn. Schon diese einfache Beobachtung öffnet eine erstaunliche Welt. Die Erde ist Teil eines Planetensystems, unser Planetensystem gehört zur Milchstraße, und die Milchstraße ist eine von sehr vielen Galaxien. Mit jeder größeren Entfernung verändern sich die passenden Maßstäbe und die Fragen, die wir stellen können.

Dieses Buch beginnt in unserer Nachbarschaft. Es erklärt die Sonne, die acht Planeten und die kleineren Körper zwischen und jenseits ihrer Bahnen. Danach geht es um Bewegung, Sternentwicklung, Schwarze Löcher und die Geschichte des Universums. Ein eigenes Kapitel führt zum CERN. Dort untersuchen Forschende keine Planeten, sondern die Bausteine und Wechselwirkungen der Materie. Beide Blickrichtungen gehören zusammen: Aus grundlegenden Naturgesetzen entstehen Sterne, und in Sternen entstehen viele der Stoffe, aus denen Planeten bestehen.

Du brauchst dafür keine physikalische Vorbildung. Zahlen werden mit Einheiten erklärt, Modelle als Modelle bezeichnet. Raumsonden- und Teleskopaufnahmen zeigen beobachtete Strukturen; aus Messdaten erzeugte Ansichten sind ausdrücklich gekennzeichnet. Wo Forschung noch keine gesicherte Antwort hat, bleibt die Frage offen. Ein Quellenverzeichnis und die Bildnachweise am Ende ermöglichen das Weiterprüfen und Weiterlesen.

Redaktionsstand November 2026. Gerundete Werte dienen dem Verständnis; aktuelle Entdeckungszahlen verändern sich. Dieses Buch entstand mit KI-Unterstützung und redaktioneller Quellenprüfung. Es beansprucht keine Prüfung oder Empfehlung durch die genannten Forschungseinrichtungen.

Die Bildnutzung folgt den NASA Medienrichtlinien A38. Fotografien, Mosaike, Radar- und Radiobilder sowie realistische Darstellungen aus Messdaten werden in den Bildunterschriften unterschieden. Für die acht Planeten wurden die an der Quelle veröffentlichten Bildprodukte übernommen und im Buchlayout skaliert. Bereits an der Quelle vorgenommene Bildverarbeitung ist gekennzeichnet.



Abbildung 1 Die Erde über dem Mondhorizont, fotografiert während Apollo 8 im Dezember 1968. Der Blick verbindet unsere Heimatwelt mit ihrem natürlichen Begleiter; die Milchstraße ist damit noch nicht von außen zu sehen.

Bild: NASA/JSC · NASA Bildmaterial

1 Orientierung im All

Sterne Planeten und ihre Begleiter

Die Sonne ist ein Stern. Ihre Strahlung wird durch Energie gespeist, die in ihrem Inneren bei Kernfusion frei wird. Ein Planet erzeugt auf diese Weise kein anhaltendes eigenes Sternlicht. Wenn wir Venus oder Jupiter am Abendhimmel sehen, erreicht uns überwiegend Sonnenlicht, das ihre Atmosphäre oder Oberfläche zurückwirft. Auch der Mond leuchtet im sichtbaren Licht hauptsächlich deshalb, weil die Sonne ihn beleuchtet.

Die Unterscheidung ist wichtiger als der Eindruck am Himmel. Ein naher Planet kann heller erscheinen als ein sehr viel leuchtkräftigerer, aber ferner Stern. Scheinbare Helligkeit verrät daher allein weder Größe noch tatsächliche Leuchtkraft. Ebenso sind Sterne auf einer Fotografie nicht deshalb kleine Punkte, weil ihre Körper klein wären. Sie sind so weit entfernt, dass ihre Scheiben für viele Instrumente nicht aufgelöst werden.

Im Sonnensystem unterscheidet die 2006 beschlossene Definition der Internationalen Astronomischen Union acht Planeten von Zwergplaneten. Ein Planet umläuft die Sonne, ist durch seine eigene Schwerkraft annähernd rund geworden und hat seine Bahnumgebung dynamisch dominiert. Das bedeutet nicht, dass seine Bahn völlig leer sein muss. Auch bei der Erde gibt es kleinere Körper. Entscheidend ist die dominierende Rolle über die langfristige Entwicklung der Umgebung. Pluto gehört nach dieser Definition zu den Zwergplaneten. Ein Mond umkreist dagegen einen anderen Körper; seine Größe allein legt seine Kategorie nicht fest. [A43]

Unser Platz in verschachtelten Systemen

Von innen nach außen heißen die Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Die ersten vier besitzen feste Gesteinsoberflächen. Jupiter und Saturn werden als Gasriesen, Uranus und Neptun als Eisriesen zusammengefasst. „Eis“ bezeichnet hier eine stoffliche Gruppe in der Planetenforschung; daraus folgt keine begehbare gefrorene Oberfläche.

Ein Planetensystem ist noch keine Galaxie. Die Milchstraße enthält Sterne, Gas, Staub und weitere Materie, die gravitativ zusammengehören. Unser Sonnensystem liegt nicht im galaktischen Zentrum. Umgekehrt ist eine Ansammlung von Galaxien keine größere Version des Sonnensystems: Entstehung, Aufbau und Bewegung lassen sich nicht einfach durch Vergrößern desselben Bildes erklären. Der Wechsel des Maßstabs ist zugleich ein Wechsel der Beschreibung.



Abbildung 2 Das Sternenband der Milchstraße auf einer Aufnahme der Artemis-II-Mission vom April 2026. Wir blicken aus dem Inneren unserer Galaxie auf zahlreiche Sterne; dies ist keine Außenansicht ihrer Spiralform.

Bild: NASA · NASA Bildmaterial

Wie ein Bild Wissen vermittelt

Eine Aufnahme kann ein Mosaik aus vielen Einzelbildern sein. Farben können dem menschlichen Sehen angenähert, verstärkt oder aus unsichtbaren Wellenlängen übersetzt worden sein. Solche Bearbeitungen machen Daten nicht wertlos. Sie benötigen nur eine Erklärung. Besonders bei Planetenbildern ist eine dunkle Wolkenstruktur etwas anderes als ein Gebirge, und eine blaue Darstellung bedeutet nicht automatisch Wasser.

Prüfe deshalb bei einer beeindruckenden Abbildung drei Dinge: Welches Instrument hat gemessen? Welche Größe oder Wellenlänge ist dargestellt? Wie wurde das Bild zusammengesetzt? Diese Fragen helfen auch bei Nachrichten über das All. Eine künstlerische Darstellung eines Exoplaneten kann anschaulich sein, zeigt aber nicht seine fotografierte Oberfläche.

Zum Mitdenken: Kann ein Mond größer sein als ein Planet? Ja. Die Einteilung hängt nicht nur vom Durchmesser ab, sondern auch von der Art seiner Umlaufbewegung und seiner Stellung im System.

Quellen zum Kapitel: A01 A02 A26 A43.

2 Entfernungen und Größen verstehen

Warum eine einzige Zeichnung nicht genügt

Eine häufige Sonnensystemzeichnung zeigt acht große Planetenkugeln auf eng benachbarten Kreisen. Sie ist eine Merkhilfe für die Reihenfolge. Ein maßstäbliches Abbild ist sie fast nie. Zeichnet man die Sonne und die Planeten in einem gemeinsamen Größenmaßstab, werden die Zwischenräume sehr groß. Passt man hingegen die Abstände auf eine Buchseite, verschwinden die kleinen Planetenscheiben fast vollständig.

Die Fotografie eines Planeten zeigt seine Gestalt, nicht zugleich seinen maßstäblichen Abstand zu den anderen Planeten. Die Zahlenübersicht trennt deshalb Körpergrößen und Entfernungen. Das verhindert eine falsche Vorstellung: Zwischen Erde und Mars liegt kein schmaler Spalt zwischen zwei fast benachbarten Kugeln. Der größte Teil des Sonnensystems besteht aus Raum. Selbst der Asteroidengürtel ist kein dichtes Hindernisfeld wie in vielen Spielfilmen.

Die Astronomische Einheit wird mit au bezeichnet; im deutschen Text ist auch AE gebräuchlich. Sie ist seit 2012 exakt als 149.597.870.700 Meter festgelegt. Für unser Verständnis reicht meist die Rundung auf 149,6 Millionen Kilometer. Historisch knüpft sie an den Abstand zwischen Erde und Sonne an. Die wirkliche Entfernung der Erde schwankt im Jahreslauf, weil ihre Bahn keine perfekte Kreisbahn ist. Die Einheit selbst bleibt trotzdem unverändert. [A42]

Ein Sonnensystem zum Ablaufen

Annahme für ein Rechenmodell: Eine AE entspricht auf einem gedachten Weg einem Meter. Dann liegt die Erde einen Meter von der Sonne entfernt, Jupiter ungefähr fünf Meter und Neptun ungefähr dreißig Meter. Das sind Modellabstände, keine Modellgrößen der Körper. Soll in demselben Maßstab auch die Sonne gezeichnet werden, hätte sie nur knapp einen Zentimeter Durchmesser. Die Erde wäre winziger als ein Stecknadelkopf.

Die Rechnung ist einfach: Modellabstand gleich tatsächlicher Abstand in AE mal gewählter Meterzahl pro AE. Wer das Modell zehnmal größer aufbauen möchte, multipliziert jede Entfernung mit zehn. Dabei müssen alle Abstände denselben Faktor erhalten. Nur einzelne Planeten zu vergrößern verändert den Maßstab und muss kenntlich gemacht werden.



Abbildung 3 Die Mondvorderseite bei Vollmond als realistische Darstellung aus LRO-Messdaten. Dunkle Mare-Flächen und helle Hochländer werden sichtbar. Die veröffentlichte Ansicht ist eine datenbasierte Visualisierung und kein einzelnes Kamerafoto.

Bild: NASA/GSFC · NASA Bildmaterial

Licht braucht Zeit

Licht bewegt sich im Vakuum mit ungefähr 300.000 Kilometern pro Sekunde. Von der Sonne bis zur Erde braucht es gut acht Minuten. Wir sehen die Sonne daher nicht genau in ihrem jetzigen Zustand, sondern so, wie sie beim Aussenden des Lichts war. Bei fernen Sternen und Galaxien reicht dieser Rückblick viel weiter.

Ein Lichtjahr ist die Strecke, die Licht im Vakuum während eines Jahres zurücklegt: ungefähr 9,46 Billionen Kilometer. Das Wort „Jahr“ im Namen macht daraus keine Zeiteinheit. Wer sagt, ein Stern sei mehrere Lichtjahre entfernt, beschreibt eine Entfernung. Die zugehörige Lichtlaufzeit lässt sich daraus verstehen, ohne Entfernung und Alter des Sterns gleichzusetzen. [A03]

Auch Kommunikation mit Raumsonden ist an Lichtlaufzeit gebunden. Ein Funksignal ist elektromagnetische Strahlung und wird nicht augenblicklich übertragen. Ein Rover auf dem Mars lässt sich daher nicht so steuern wie ein ferngesteuertes Auto im Garten. Befehle und Rückmeldungen benötigen Zeit. Die genaue Verzögerung hängt von den wechselnden Positionen der Planeten ab.

Zahlen die verschiedene Fragen beantworten

„Abstand zur Sonne“ und „Abstand zur Erde“ sind unterschiedliche Angaben. Selbst wenn zwei mittlere Sonnenabstände bekannt sind, lässt sich ihr aktueller Abstand voneinander daraus nicht bestimmen. Dazu braucht man ihre Positionen auf den Bahnen. Dasselbe gilt für Durchmesser und Masse: Ein Körper kann einen großen Durchmesser, aber eine niedrige mittlere Dichte besitzen.

Zum Mitdenken: Wenn ein Objekt doppelt so weit entfernt ist, dauert eine direkte Lichtreise bei sonst gleichen Bedingungen doppelt so lange. Die Helligkeit eines punktförmigen gleichmäßig strahlenden Objekts fällt dagegen mit dem Quadrat der Entfernung. Entfernung beeinflusst verschiedene Beobachtungsgrößen auf unterschiedliche Weise.

Quellen zum Kapitel: A02 A03 A42 A48.

3 Wie Sonne und Planeten entstanden

Aus einer Wolke wird ein System

Vor ungefähr 4,6 Milliarden Jahren entstand unser Sonnensystem aus einer Wolke aus Gas und Staub. Die Gravitation verstärkte eine Verdichtung. Während Material nach innen fiel, wurde die zentrale Region dichter und heißer. Zugleich bildete sich eine rotierende Scheibe. Aus dem zentralen Bereich entwickelte sich die junge Sonne; in der Scheibe wuchsen später die Planeten und viele kleinere Körper heran. [A01]

Die Rotation ist dabei kein zusätzlich eingeschalteter Motor. Schon geringe anfängliche Drehbewegung gewinnt an Bedeutung, wenn eine große Wolke zu einem kleineren System zusammengezogen wird. Eine vertraute Veranschaulichung ist eine sich drehende Person, die ihre Arme heranzieht. Dieser Vergleich erklärt einen Zusammenhang, ersetzt aber keine vollständige Beschreibung von Gas, Magnetfeldern und Materialtransport in einer Sternentstehungsregion.

Der Staub bestand nicht einfach aus fertig gemahlenem Erdmaterial. Die Ausgangswolke enthielt Elemente und Verbindungen aus früheren kosmischen Prozessen. Sterne älterer Generationen hatten die Umgebung bereits mit schweren Elementen angereichert. Das Sonnensystem ist deshalb kein isolierter Anfang: Seine Geschichte baut auf einer älteren Geschichte der Materie auf.

Wachstum durch Zusammenstöße

In einer jungen Scheibe können kleine Teilchen zusammenhaften. Aus wachsenden Ansammlungen entstehen größere Körper, deren Gravitation weiteres Material anzieht. Gleichzeitig können Zusammenstöße Körper wieder zerlegen. Planetenbildung ist daher kein ruhiger Vorgang, bei dem acht fertige Kugeln gleichzeitig aus dem Staub auftauchen. Wachstum, Störungen und Verluste greifen ineinander.

Nahe der jungen Sonne waren leicht flüchtige Stoffe unter den damaligen Bedingungen schwieriger dauerhaft festzuhalten. Weiter außen konnten sich andere Materialien in größerer Menge in festen Körpern sammeln. Das hilft, die Unterschiede zwischen inneren Gesteinsplaneten und äußeren Riesenplaneten zu verstehen. Die heutige Anordnung bewahrt jedoch nicht jedes Detail des Anfangs. Planetenbahnen können sich während der Entwicklung verändern.

Ein Planet mit ausreichender Schwerkraft kann Gas an sich binden; ob und wie viel erhalten bleibt, hängt unter anderem von Masse, Temperatur, verfügbarer Zeit und Umgebung ab. Aus „weit draußen“ folgt deshalb nicht automatisch „Gasriese“. Auch kleinere eisreiche Körper entstanden dort. Für die Einzelheiten vergleichen Forschende Modelle mit Meteoriten, Beobachtungen junger Sterne und den Eigenschaften heutiger Planetensysteme.

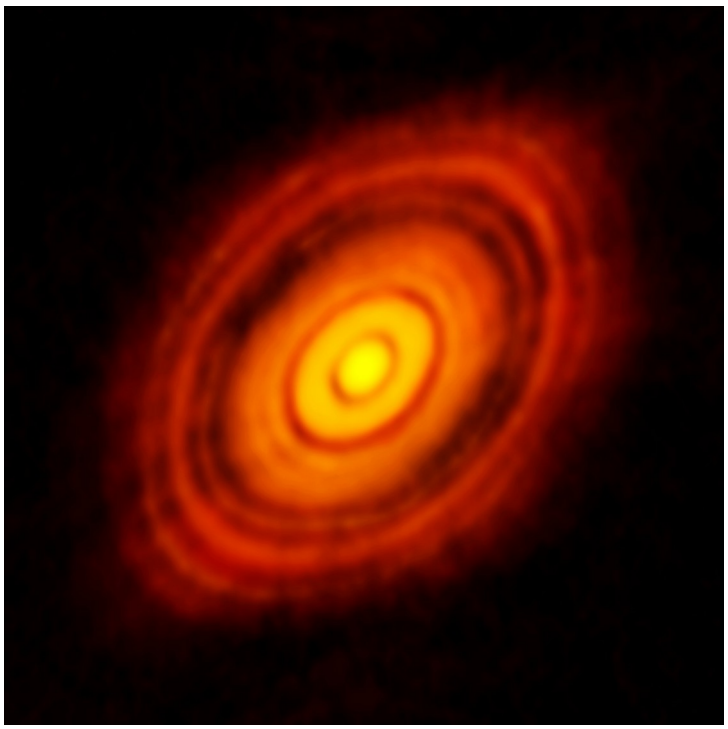


Abbildung 4 Die Scheibe um den jungen Stern HL Tauri im ALMA-Messbild. Helle und dunkle Ringe zeigen Strukturen der Staubstrahlung. Die Farben stellen Millimeterstrahlung dar; das Bild zeigt ein anderes junges System und keine Aufnahme der Entstehung unserer Sonne.

Bild: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) · CC BY 4.0

Spuren statt Augenzeugen

Niemand hat die Entstehung unseres eigenen Sonnensystems direkt beobachtet. Das macht die Erklärung nicht zu bloßem Raten. Sie wird an heute zugänglichen Spuren geprüft. Meteoriten bewahren Informationen über frühe Materialien und ihre Veränderungen. Die ähnliche Orientierung vieler Planetenbahnen passt zu einer gemeinsamen Scheibe. Beobachtungen anderer junger Sternsysteme zeigen, dass solche Scheiben tatsächlich vorkommen.

Modelle müssen mehrere Eigenschaften zugleich erklären. Ein Modell, das nur die Reihenfolge der Planeten nachzeichnet, aber ihre Zusammensetzung oder die kleinen Körper ignoriert, reicht nicht aus. Wissenschaftliche Sicherheit entsteht durch das Zusammenpassen unabhängiger Hinweise. Wo verschiedene Modelle dieselben Beobachtungen erklären, bleibt eine offene Forschungsfrage.

Das Entstehungsalter ist außerdem nicht mit dem Alter jeder heutigen Oberfläche gleichzusetzen. Eine Vulkanfläche kann deutlich jünger sein als der Planet, auf dem sie liegt. Einschläge und geologische Prozesse verändern Landschaften über lange Zeit. Ein Planet ist kein unveränderter Museumsgegenstand seiner Geburtsstunde.

Quellen zum Kapitel: A01 A16 A18 A23.

4 Die Sonne als unser Stern

Energie ohne Holz und Sauerstoff

Die Sonne ist kein gewöhnliches Feuer. Bei einem Feuer werden chemische Bindungen umgeordnet. Im Sonneninneren laufen Kernreaktionen ab. In der Gesamtbilanz der dort vorherrschenden Reaktionskette werden Wasserstoffkerne zu Helium umgewandelt. Dabei wird Energie frei. Die Vorgänge bestehen aus mehreren Reaktionsschritten; zwei Wasserstoffkerne ergeben nicht unmittelbar einen gewöhnlichen Heliumkern.

Im langfristig stabilen Sonneninneren gleichen sich die nach innen gerichtete Schwerkraft und die nach außen gerichtete Kraft aus dem Druckgefälle annähernd aus. Der Druck selbst nimmt vom Zentrum nach außen ab. Dieses Kräftegleichgewicht heißt hydrostatisches Gleichgewicht. [A53] Druck ist dabei keine feste Schale, die den Stern zusammenhält. Er entsteht aus dem Zustand der heißen Materie und der Strahlung. Verändert sich die Energieerzeugung, verändert sich auch dieses Gleichgewicht.

Die sichtbare Sonnenfläche ist die Photosphäre. Sie ist keine feste Oberfläche wie der Boden der Erde. Darunter liegen Bereiche, in denen Energie vor allem durch Strahlung und weiter außen durch die Bewegung heißer Materie transportiert wird. Darüber liegen weitere Atmosphärenschichten. Ein Sonnenbild kann deshalb je nach Wellenlänge sehr verschiedene Strukturen zeigen. [A12]

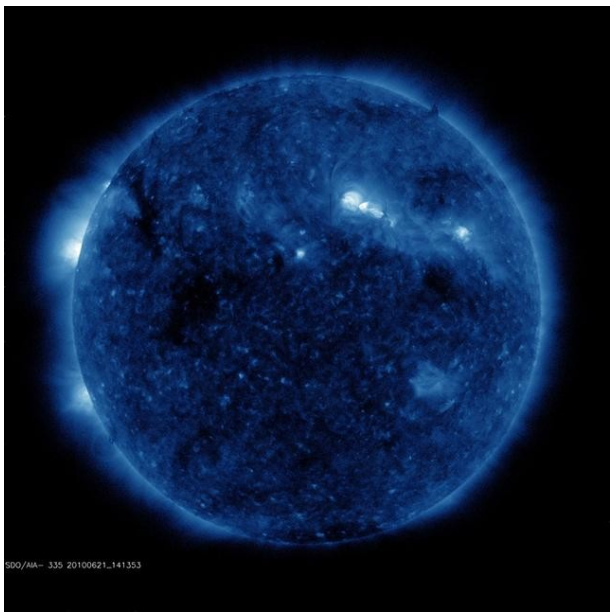


Abbildung 5 Die Sonne in einer Aufnahme des Solar Dynamics Observatory vom 21. Juni 2010. Unsichtbare ultraviolette Strahlung wurde farbig dargestellt. Sichtbar ist die heiße äußere Sonnenatmosphäre; das Innere lässt sich auf einem solchen Bild nicht direkt betrachten.

Bild: NASA/GSFC · NASA Bildmaterial

Flecken Ausbrüche und Sonnenwind

Die Sonne ist magnetisch aktiv. Sonnenflecken erscheinen im Vergleich zur Umgebung dunkel, weil sie dort kühler sind; für sich allein wären sie immer noch außerordentlich hell. Magnetische Vorgänge können energiereiche Strahlungsausbrüche und große Materieauswürfe begleiten. Nicht jedes beobachtete Ereignis erreicht die Erde, und unterschiedliche Ereignisarten dürfen nicht gleichgesetzt werden.

Der Sonnenwind ist ein Strom geladener Teilchen. Er prägt einen großen Bereich um die Sonne, die Heliosphäre. Ihre Grenze ist nicht einfach die äußerste Planetenbahn. Ebenso ist das Ende des stark vom Sonnenwind bestimmten Raums nicht identisch mit dem Ende aller gravitativ an die Sonne gebundenen Körper. „Das Sonnensystem verlassen“ braucht daher eine genaue Definition. [A47]

Auf der Erde können Wechselwirkungen mit dem Sonnenwind unter anderem Polarlichter hervorbringen. Starke Weltraumwetterereignisse können technische Systeme beeinflussen. Daraus folgt weder, dass jede Sonnenaktivität eine akute Katastrophe verursacht, noch dass sie belanglos ist. Für eine Beurteilung sind Messungen, Richtung, Stärke und die betroffenen Systeme entscheidend.

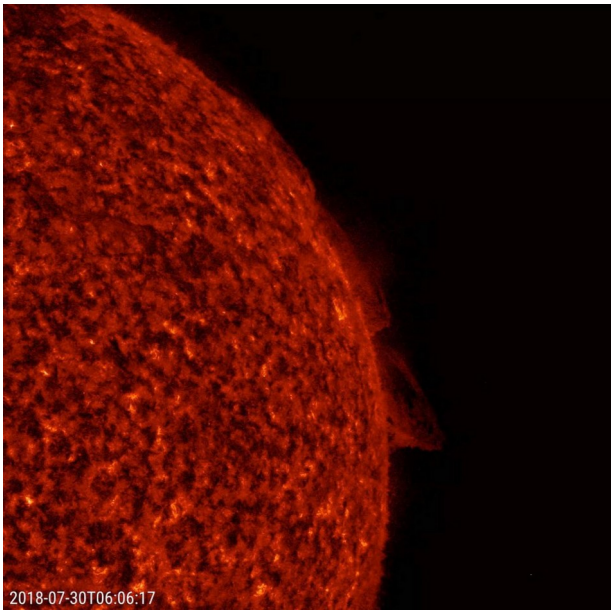


Abbildung 6 Eine Protuberanz am Sonnenrand in einer SDO-Aufnahme. Die geschwungenen Strukturen bestehen aus Plasma im Magnetfeld. Die rote Darstellung übersetzt eine ultraviolette Messung und ist keine natürliche Augenfarbe.

Bild: NASA/GSFC/Solar Dynamics Observatory · NASA Bildmaterial

Der richtige Blick auf unseren Stern

Die Sonne ist unser nächster Stern und deshalb besonders gut untersuchbar. Man kann sie dennoch nicht beliebig direkt ansehen. Ungefiltertes Sonnenlicht kann die Augen schwer schädigen. Schau niemals durch ein ungefiltertes Fernglas oder Teleskop auf die Sonne. Eine Sonnenfinsternisbrille vor dem Auge macht ein ungefiltertes optisches Instrument nicht sicher. Sonnenbrillen sind kein geeigneter Ersatz für dafür bestimmte Schutzmittel. [A37]

Für Einsteiger ist eine betreute Beobachtung in einer Sternwarte der geeignete Zugang. Dort lassen sich unterschiedliche Instrumente und Filter erklären. Auch öffentlich zugängliche, beschriftete Sonnenbilder sind eine gute Möglichkeit, Flecken und zeitliche Veränderungen kennenzulernen, ohne selbst eine Ausrüstung improvisieren zu müssen.

Zum Mitdenken: Warum ist ein dunkler Fleck auf einem Sonnenbild nicht kalt im alltäglichen Sinn? „Dunkel“ beschreibt hier zunächst den Helligkeitsunterschied zur noch helleren Umgebung. Ein Vergleichswort braucht immer einen Bezug.

Quellen zum Kapitel: A12 A37 A44 A47 A53.