

# Die Erforschung des Weltalls – Vom Urknall zur modernen Raumfahrt

Lehrmaterial  
**Sekundarstufe I**

Mit Praxisteil:  
**Experimentieren  
mit Sensoren**

**Klett MEX**



Deutsche  
Raumfahrtagentur  
im DLR

## Impressum

1. Auflage Mai 2026

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52a UrhG: Weder das Werk, noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Heftes befinden sich Verweise (Links) auf Internetadressen. Haftungsnotiz: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Seiten treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail ([info@klett-mex.de](mailto:info@klett-mex.de)) davon in Kenntnis zu setzen, damit bei Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Herausgegeben vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Deutsche Raumfahrtagentur im DLR, Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn und Klett MEX GmbH.

© Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Deutsche Raumfahrtagentur im DLR, Königswinterer Straße 522 – 524, 53227 Bonn und Klett MEX GmbH, Stuttgart

**Autoren:** Tobias Beck, Biberach; Prof. Dr. Stefan Kruse, Weingarten; Dr. Tobias Schüttler, München; Daniel Zimbelius, Reichenbach

**Redaktion:** Hanne Lier, Medienwerk Lier, Stuttgart

**Fachliche Beratung:** Alexandra Herzog, Dr. Yelena Stein, Dr. Maude Charmetant, Dr. Christian Gritzner, Deutsche Raumfahrtagentur im DLR, Bonn, Dr. Manfred Gaida, DLR e.V., Köln

**Projektkoordination und Herstellung:** Tanja Zunder, Klett MEX GmbH, Stuttgart

**Gestaltung:** Bettina Herrmann, Stuttgart

**Umschlag:** CD Werbeagentur GmbH, Troisdorf

**Illustrationen:** Grafische Produktionen Neumann, Rimpar

**Druck:** MEINDERS & ELSTERMANN GmbH & Co. KG

Zugunsten einer leichteren Lesbarkeit wird in diesem Heft nicht immer ausdrücklich auch die weibliche Form genannt. Selbstverständlich sind aber immer weibliche und männliche Personen gemeint. Wir bitten für dieses Vorgehen um Ihr Verständnis.

Stefan Kruse

Tobias Beck

Tobias Schüttler

Daniel Zimbelius

# Die Erforschung des Weltalls

Physik – Technik – Mathematik – Astronomie

Arbeitsblätter und Lehrerinformationen  
für Sek I (Klassen 8 bis 10)



## VORWORT

Die Erforschung des Weltalls gehört zu den größten Abenteuern der Menschheit. Seit dem Urknall vor rund 13,8 Milliarden Jahren hat sich das Universum stetig weiterentwickelt – Sterne und Galaxien entstanden, Planetensysteme bildeten sich, und schließlich entwickelte sich das Leben auf der Erde. Heute blicken wir nicht nur mit Teleskopen von der Erde aus in die Tiefen des Kosmos, sondern starten auch Raumsonden und Satelliten, um das All direkt zu erforschen.

Dieses Heft nimmt Sie mit auf eine **Reise durch Raum und Zeit**: von den Anfängen des Universums über die Entstehung unseres Sonnensystems bis hin zu den Technologien der modernen Raumfahrt. Dabei wird deutlich, wie eng physikalische Grundlagen, technische Innovationen und menschliche Neugier miteinander verknüpft sind. Die großen Fragen nach dem Ursprung, der Entwicklung und der Zukunft des Universums stehen ebenso im Mittelpunkt wie die praktischen Herausforderungen, die mit Raumfahrtmissionen verbunden sind.

Das Schulmaterial wurde von der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR in Zusammenarbeit mit Klett MEX und engagierten Lehrkräften entwickelt, um den MINT-Unterricht um ein weiteres spannendes

Thema zu bereichern. In fünf Modulen erhalten Schülerinnen und Schüler einen umfassenden **Einblick in die Erforschung des Weltalls** – verständlich, spannend und praxisnah. Für Lehrkräfte bietet dieses Heft vielfältige Anregungen, um mit einfachen Mitteln fächerübergreifende Projekte durchzuführen und anwendungsbezogene Grundkenntnisse in **Physik, Technik, Mathematik und Astronomie** zu vermitteln.

Im Praxisteil bietet dieses Heft **Anregungen zum Experimentieren mit Sensoren**. Schülerinnen und Schüler lernen dabei, physikalische Größen wie Beschleunigung, Druck, Temperatur oder Höhen zu messen, Daten auszuwerten und daraus Rückschlüsse auf reale Prozesse zu ziehen – ganz so, wie es auch in der Raumfahrt geschieht. Durch eigenes Forschen, Konstruieren und Analysieren wird theoretisches Wissen greifbar und erlebbar.

So verbindet dieses Heft **naturwissenschaftliche Grundlagen mit moderner Technik** und fördert selbstständiges, entdeckendes Lernen im MINT-Bereich. Es lädt dazu ein, die Faszination des Weltalls nicht nur zu verstehen, sondern selbst forschend zu erleben – von den ersten Momenten des Universums bis zu den Technologien, mit denen wir heute nach den Sternen greifen.



*Franziska Zeitler*

**Dr. Franziska Zeitler**  
Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

Abteilungsleitung Innovation & Neue Märkte

Wissenschaftliche Leitung der Schul- und Jugendprojekte



*Alexandra Herzog*

**Alexandra Herzog**  
Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

Abteilung Innovation & Neue Märkte

Koordinatorin der Schul- und Jugendprojekte



*Yelena Stein*

**Dr. Yelena Stein**  
Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

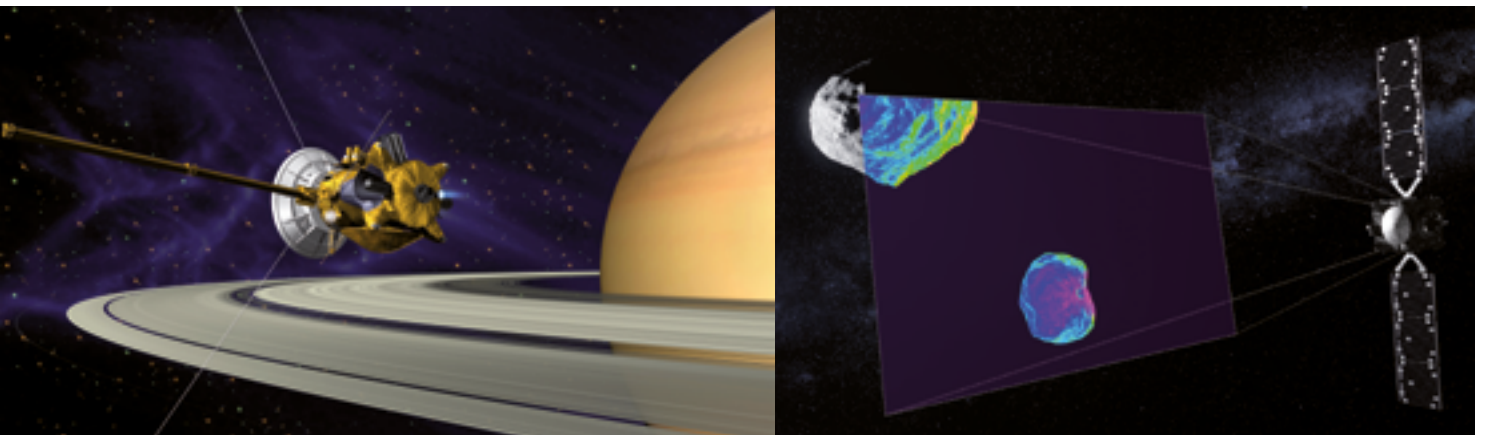
Abteilung Erforschung des Weltraums

Projektleiterin ESA-Mission PLATO

# INHALTSVERZEICHNIS

## Informationen für Lehrkräfte und Lösungen zu den Arbeitsblättern

<b>Modul 1:</b> Die Menschheit – Ursprung, Gegenwart, Zukunft .....	7
<b>Modul 2:</b> Erforschung des Weltalls – vom Beginn der Menschheit bis in die Gegenwart .....	9
<b>Modul 3:</b> Unser Platz im Universum .....	16
<b>Modul 4:</b> Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens .....	20
<b>Modul 5:</b> Praktische Versuche .....	25



## Arbeitsblätter

### Modul 1: Die Menschheit – Ursprung, Gegenwart, Zukunft

1 Der Weltraum-Check-In .....	28
2 Deine eigene Weltraumsonde .....	29
3 Unvorstellbares vorstellbar machen .....	31

### Modul 2: Erforschung des Weltalls – vom Beginn der Menschheit bis in die Gegenwart

4 Der Nachthimmel als Ursprung der Astronomie .....	33
5 Wissenschaftliche Forschungsmethoden .....	35
6 Unsichtbares sichtbar machen .....	37
7 Weltraummissionen und ihre Anwendung auf der Erde (1) .....	41
8 Weltraumorganisationen .....	43

### Modul 3: Unser Platz im Universum

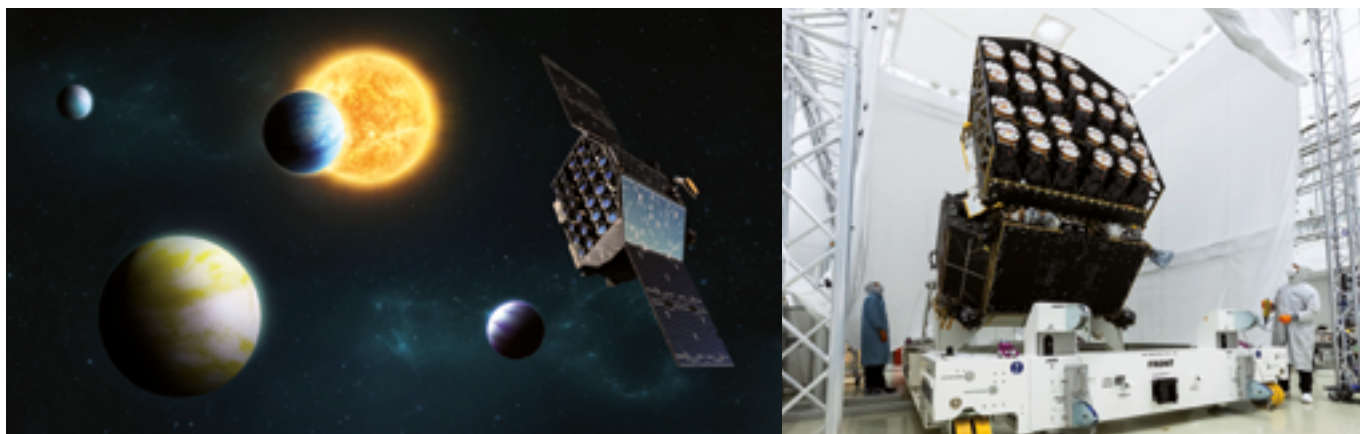
9 Die Erde im Sonnensystem .....	45
10 Die Sonne im Sternensystem .....	47
11 Galaxien .....	49
12 Eine Entstehungsgeschichte von allem .....	51
13 Supernova – der Tod eines Sterns .....	55
14 Gravitationswellen .....	57
15 Weltraummissionen und ihre Anwendungen (2) .....	59

### Modul 4: Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens

16 Asteroiden und Meteoriten .....	61
17 Wir suchen Kontakt .....	64
18 Extrasolare Planeten .....	66
19 Das Universum – und dann? .....	68
20 Wie geht es weiter? .....	70
21 Weltraummissionen und ihre Anwendungen (3) .....	72

### Modul 5: Praktische Versuche

22 Schwerelosigkeit hörbar machen .....	75
23 Sensoren erfassen physikalische Größen .....	77
24 Sterne beobachten .....	81



## LEHRERSEITEN

Informationen für Lehrkräfte und Lösungen  
zu den Arbeitsblättern

Modul 1: Die Menschheit – Ursprung, Gegenwart, Zukunft .....	7
Modul 2: Erforschung des Weltalls – vom Beginn der Menschheit bis in die Gegenwart .....	9
Modul 3: Unser Platz im Universum .....	16
Modul 4: Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens .....	20
Modul 5: Praktische Versuche .....	25

Die Arbeitsblätter finden Sie für alle Module ab Seite 28.

# Modul 1 Die Menschheit – Ursprung, Gegenwart, Zukunft

## Einführung in das Thema

Seit Beginn der Menschheitsgeschichte war der Blick in den Himmel der Antrieb für wissenschaftliche Fragen. Die vorherrschenden Theorien dazu wurden oft von den jeweils aktuellen Erkenntnissen aus der Astronomie getragen. Mitunter entstanden daraus revolutionär neue Weltanschauungen, die einen Umbau vorherrschender Gesellschaftssysteme in Gang setzten.

Der Strom neuer Erkenntnisse aus der Weltraumforschung reißt auch heute nicht ab. Beinahe täglich werden beispielsweise neue Planeten in weit entfernten Sonnensystemen entdeckt oder so tief in die Weiten des Universums geschaut wie nie zuvor, und diese Erkenntnisse schärfen unser Bild von dem, was uns als Menschheit auf einem Planeten in einem der zahllosen Sonnensysteme im Universum ausmacht. Die Faszination, die von der Erforschung des Weltalls ausgeht, ist zugleich ein Motor des technischen Fortschritts.

Das Ziel dieser Materialien ist es, Jugendlichen diese Faszination zugänglich zu machen und die Geschichte der Weltraumforschung näherzubringen. Das vorliegende Arbeitsheft ist in fünf Module aufgeteilt:

- Die Menschheit – Ursprung, Gegenwart, Zukunft
- Weltraumforschung – vom Beginn der Menschheit bis in die Gegenwart
- Unser Platz im Universum
- Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens
- Praktische Versuche

Mit diesem ersten Modul steigen die Schülerinnen und Schüler (SuS) in das Thema ein. Jeder kennt ein paar Fakten, Namen und Anekdoten aus der Welt der Raumfahrt. Für manche ist das sehr motivierend, anderen fällt der Zugang zum Thema Weltraum schwerer. Um eine Grundmotivation für alle zu erzeugen und grundlegende Neugier zu wecken, steht zu Beginn dieses Moduls ein Spiel. Es kann entweder über die ausgeschnittenen Karten in Kleingruppen oder über eine Umsetzung als App-Spiel gespielt werden.

## Infos zu den Arbeitsblättern



**Arbeitsblatt 1** bietet einen lockeren und spielerischen Einstieg in die Inhalte des Heftes: Die SuS erhalten 24 Karten mit Quizfragen aus der Welt der Weltraumforschung und können diese als Gruppenspiel beantworten.

In **Arbeitsblatt 2** sollen die SuS kreativ werden. Es geht darum, welche Forschungsfrage sie gerne durch eine Expedition, eine Sonde oder ähnliches beantwortet haben möchten.

**Arbeitsblatt 3** behandelt für SuS unvorstellbar große Zeiträume, Massen und Entfernungen und lässt auf spielerische und aktive Art einen „Werkzeugkasten“ zur besseren Verdeutlichung erarbeiten.

## Methodische Vorgehensweise

Alle Arbeitsblätter dieses Moduls sind so aufgebaut, dass sie unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Sie unterscheiden sich hier nicht im Schwierigkeitsgrad, sondern in ihrem methodischen Ansatz: Der Quiz-Einstieg in Arbeitsblatt 1 aktiviert die Jugendlichen durch den kompetitiven Charakter, Arbeitsblatt 2 mehr durch einen kreativen, individuellen Ansatz. Abhängig von der Lerngruppe und ihren Vorlieben sowie der zur Verfügung stehenden Zeit können die Arbeitsblätter entweder alle oder auch einzeln als Einstieg durchgeführt werden.



## MEDIEN

Das Quiz in Arbeitsblatt 1 kann entweder analog (mithilfe ausreichender Kopien auf Papier) oder in der digitalen Variante mit Tablets durchgeführt werden. Für den Bau der Raumsonden in Arbeitsblatt 2 sollten Bastelmaterialien zur Verfügung stehen – bewährt hat sich neben festem Papier und Karton vor allem Alu-Folie bzw. eine Rettungsdecke zum Zerschneiden. Für den Versuch zu den Massen in Arbeitsblatt 3 wird Würfelzucker benötigt.

## 1 Der Weltraum-Check-In

1. Die richtigen Antworten stehen auf der Rückseite der Frage-Karten. Die Spielregeln werden auf Arbeitsblatt 1 erklärt.

**Hinweis:** Unter [www.space2school.de/edw/quiz](http://www.space2school.de/edw/quiz) steht ein PDF mit den Fragen und Antworten. Bitte drucken Sie diese doppelseitig (mit den Lösungen auf der Rückseite) in ausreichender Zahl vor dem Unterricht aus (drei bis vier SuS sollten sich in einer Gruppe befinden).

## 2 Deine eigene Weltraumsonde

**1. Voyager-Sonde:** Voyager 1 hat Jupiter und Saturn untersucht; mit Voyager 2 wurden alle äußeren Planeten angefliegen und untersucht. Sie hat Bilder gemacht, Magnetfelder untersucht und für den Fall, dass Außerirdische sie finden, Botschaften über das Leben auf der Erde dabei.

**Hubble-Teleskop:** Es ist das bekannteste Weltraumteleskop seiner Zeit. Seit 1990 kreist es um die Erde. Es erforscht weit entfernte Galaxien, Schwarze Löcher, Sternennebel und Planeten, auch jenseits unseres Sonnensystems.

**Mondlandefähre Appollo 11:** Dies war die Mission, die den ersten Menschen auf den Mond brachte, Gesteinsproben vom Erdmond zurückbrachte und für den Boom der Raumfahrt sorgte.

**Mars-Rover Perseverance:** Dies ist einer der aktuellsten Mars-Rover. Er ist 2021 auf dem Mars gelandet, verfügt über einen Greifarm und ist ein High-Tech-Labor auf Rädern. Er sammelt Materialproben, die später zur Erde zurückgebracht werden sollen.

2. Schülerindividuelle Lösungen.

### Hinweise zum Unterrichtsverlauf

In der ersten Phase entsteht eine Themensammlung von Forschungsideen, die sich auch als analoge oder digitale „Klassen-Liste“ für alle sichtbar festhalten lässt. Alle Ideen sollten, auch wenn sie sehr abstrus klingen, ernst genommen und berücksichtigt werden.

3. und 4. Schülerindividuelle Lösungen.

### Hinweise zum Unterrichtsverlauf

Nun sollen die SuS alleine oder in Zweiergruppen aktiv werden und ein „Lastenheft“ für ihre Sonde schreiben. Dabei können Sie auf Ideen und Fragen aus der „Klassen-Liste“ zurückgreifen.

Mit dem Argument „Eine ganze Sonde für nur eine einzige Fragestellung ist zu teuer“ kann man die SuS motivieren, mehrere Ziele für ihre „Mission“ zu definieren.

Das Lastenheft muss auch die Messgeräte beschreiben, die die Sonde mitnehmen sollte, um die Forschungsfrage zu beantworten.

An das Lastenheft schließt sich ein kreativer Teil an. Die SuS sollen ihre Sonde mithilfe einer Zeichnung oder mit Schere und Papier so „konstruieren“, wie sie es sich vorstellen.

Am Ende bietet sich eine Diskussionsrunde an: Wie gut ließen sich die Ideen umsetzen? Wo gab es Probleme? Was würden die SuS in einem zweiten Anlauf anders machen?

Insgesamt lässt sich mit diesem Arbeitsblatt eine Doppelstunde zu 90 Minuten gestalten. Gemeinsam mit Arbeitsblatt 1 lassen sich drei Unterrichtsstunden motivierend füllen.

## 3 Unvorstellbares vorstellbar machen

1. Schülerindividuelle Lösungen.

2. a) Reihenfolge der 8 Planeten von der Sonne aus:

Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun.

b) Beeindruckend ist, dass die Sonne 999 der Zuckerstücke auf sich vereint (= 99,9%). Der verbleibende Zuckerwürfel ist vor allem für den Jupiter (ca.  $\frac{3}{4}$  des letzten Zuckerwürfels). Der jetzt noch übrige winzige Zuckerrest ist vor allem für den Saturn.

**Tip:** Zur emotionalen Aktivierung kann man an dieser Stelle jedem SuS ein winziges Zuckerkörnchen in die Handfläche geben und sie auffordern, „die Erde zu essen“. Diese Aktion bleibt erfahrungsgemäß im Gedächtnis haften.

3. a) Ein Kreis mit ca. 20 cm Durchmesser aus einem DIN-A4-Blatt ausgeschnitten stellt den Jupiter dar. Die anderen Planeten haben entsprechend folgende Durchmesser:

**Saturn:** ca. 17 cm – **Uranus und Neptun:** ca. 7 cm – **Venus und Erde:** ca. 1,5 cm – **Mars:** ca. 1 cm – **Merkur:** ca. 0,7 cm

b) Wenn man den Abstand Erde–Sonne mit 1 Meter skaliert (als „astronomische Einheit“), dann liegen die anderen Planeten in folgenden Entfernungen zur Sonne:

Merkur: 0,4 m – Venus: 0,7 m – Erde: 1 m – Mars: 1,5 m – Jupiter: 5,2 m – Saturn: 9,5 m – Uranus: 18,2 m – Neptun: 30 m

### Hinweise:

- Die Aufgaben a) und b) haben wegen der Praktikabilität im Schulalltag nicht den gleichen Maßstab, in b) ist er um mehr als den Faktor 200 kleiner. Würde man im sehr schulnahen Maßstab aus Aufgabe a) auch die Abstände der Planeten legen, müsste die Erde 211 Meter von der Sonne entfernt liegen – das sprengt jeden Schulhof. Deshalb ist es wichtig, die Verkleinerung des Maßstabs mit den SuS beim Übergang von a) und b) zu besprechen.
- Eindrucksvoll ist auch das maßstabsgetreue Legen des Mondes. Er liegt in dieser Skala aus Aufgabe b) nur ca. 3 mm neben der Erde. An dieser Darstellung sieht man, dass der Flug zu anderen Planeten eine wirklich andere „Größenordnung“ darstellt.

## Modul 2 Erforschung des Weltalls – vom Beginn der Menschheit bis in die Gegenwart

### Einführung in das Thema

Dieses Modul soll Schülerinnen und Schüler (SuS) für das Thema Weltraumforschung vertiefend begeistern und lädt dazu ein, diese Jahrtausende alte Entdeckungsreise selbst mitzuerleben. Dazu werden historische Themen vorgestellt, von den ersten Himmelsbeobachtungen prähistorischer Kulturen über die bahnbrechenden Ideen von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton bis hin zu modernen Forschungseinrichtungen, Weltraummissionen und innovativen Analyseverfahren.

Der Blick wird also sowohl zurück in die Geschichte als auch nach vorn gerichtet: Wie orientierten sich früher die Menschen aus Babylonien und Ägypten? Und wie gelingt es uns heute, teilweise unsichtbare Welten sichtbar zu machen?

Genauso wichtig wie die Inhalte sind die Wege dorthin. Deshalb vermittelt dieses Modul einen Überblick über wissenschaftliche Methoden – vom Experiment über Beobachtung und Theoriebildung bis hin zu qualitativen, quantitativen oder digitalen Verfahren, einschließlich KI-gestützter Forschung. So erhalten die SuS nicht nur Wissen, sondern auch ein Verständnis dafür, wie Wissenschaft funktioniert.

### Infos zu den Arbeitsblättern



**Arbeitsblatt 4** führt in das Thema ein und bringt den SuS die historische Bedeutung des Sternhimmels nahe.

**Arbeitsblatt 5** stellt den SuS unterschiedliche Forschungsmethoden und Analyseverfahren vor. Außerdem werden sie hingeführt zu einer kritischen Nutzung von KI.

**Arbeitsblatt 6** vertieft die Inhalte und behandelt vor allem Messmethoden und Geräte, die für Menschen nicht sichtbare physikalische Phänomene und Energieformen mess- und nachweisbar machen.

**Arbeitsblatt 7** erklärt die atmosphärische Opazität und behandelt die Notwendigkeit von Weltraummissionen anhand des Beispiels „Röntgenastronomie“. Damit wird der Transfer zu einer Anwendung auf der Erde hergestellt (Hautkrebsfrüherkennung).

**Arbeitsblatt 8** gibt einen Überblick über Aufbau und Aufgaben vor allem der Europäischen Weltraumorganisation ESA sowie der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR.

### Methodische Vorgehensweise

Alle Arbeitsblätter des Moduls sind so aufgebaut, dass sie unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Innerhalb der Arbeitsblätter (AB) haben die Aufgaben in der Regel einen steigenden Schwierigkeitsgrad. Dieser kann an einigen Stellen mit einer Sternchenaufgabe erhöht werden.

In der Schulpraxis hat sich gezeigt, dass eine Einführung in das gesamte Thema über den historischen Zugang mit AB 4 sinnvoll ist.

Die AB 5 und 6 sollen auf wissenschaftliches Arbeiten und auf den Praxisteil vorbereiten. In AB 6 werden dazu physikalische Messgrößen, deren Erfassbarkeit und die Anwendung auf der Erde bzw. im All beschrieben.

Durch die Übertragung von Weltraummissionen auf Anwendungen auf der Erde werden die SuS sensibilisiert für die Relevanz des Themas und die Erkenntnisse für das Leben auf der Erde.



### MEDIEN

In einigen Arbeitsblättern finden sich QR-Codes mit verschiedenartigen Hintergrundinformationen (Links, Verständnistexte oder Anweisungen). Zum Lesen der QR-Codes wird ein Smart-Device oder ein Rechner mit Onlinezugang benötigt.

Grundsätzlich sind in allen Arbeitsblättern immer wieder Aufgaben mithilfe eines Rechners bzw. Smartphones und Internetzugang zu bearbeiten.

In AB 8 soll mit einem Organisationstool gearbeitet werden. Ziel ist es, das gemeinsame digitale Arbeiten mittels eines entsprechenden Programmes zu erlernen. Die genannten Tools sind kostenfrei und können browserbasiert genutzt werden.

## 4 Der Nachthimmel als Ursprung der Astronomie

**1. Zeit- und Kalenderbestimmung:** Durch die Beobachtung der Sterne, Mondphasen und Planetenbewegungen konnten für Landwirtschaft, religiöse Feste und gesellschaftliche Abläufe wichtige Kalender entwickelt werden. – **Religiöse und mythologische Deutung:** Viele Himmelskörper wurden mit Göttern oder mythologischen Figuren verbunden. Ihre Bewegungen galten als Zeichen oder Botschaften von Gottheiten. – **Architektur und Ausrichtung:** Tempel, Pyramiden oder Monumente wurden oft nach bestimmten Himmelsereignissen wie Sonnenwenden oder dem Erscheinen von Sternen ausgerichtet. – **Astrologie:** In einigen Kulturen glaubte man, dass der Stand der Sterne Einfluss auf das Leben und Schicksal des Menschen habe. Astrologie ist keine Wissenschaft! Nach der Astrologie geben uns die Sternzeichen, unter denen wir geboren wurden, bestimmte Eigenschaften. Jedoch kann das gar nicht stimmen: Durch leichte Veränderungen in der Rotationsachse der Erde sind die Sternzeichen, die die Astrologie nennt, gar nicht mehr bei der Geburt zu sehen, sondern andere.

**2. Fakten:** Abfahrt 21:00, Fahrt  $\approx 6$  kn, Morgengrauen  $\approx 7$ – $9$  h Fahrt  $\rightarrow$  Distanz  $\approx 42$ – $54$  sm, Kurs Nordwest/Start liegt südöstlich des Ziels, es ergibt sich eine Strecke von 48 sm. Mögliche Ziele: Die Startpunkte liegen in einem relativ schmalen SE-Sektor in der deutschen Bucht bzw. der Wattenmeer-Region, 42–54 sm südöstlich der gewählten Küstenziele. Daraus ergeben sich die nordwestlich vom Start gelegenen Ziele Borkum, Helgoland oder Sylt.

**3. Großer Wagen (im Sternbild Großer Bär):** Bestimmung der Nordrichtung, da die zwei hinteren Sterne des Wagenkastens direkt zum (den Norden markierenden) Polarstern zeigen. – **Kleiner Bär:** Enthält den Polarstern (Nordstern), der fast genau im Norden steht. Je weiter man nach Norden reist, desto höher steht er am Himmel. – **Kassiopeia:** Steht gegenüber vom Großen Wagen über dem Polarstern und hilft, den Nordhimmel bei schlechten Sichtbedingungen einzugrenzen. – **Orion:** Steht je nach Jahreszeit und Uhrzeit meist im südlichen Himmel und hilft, die ungefähre Südrichtung zu bestimmen. – **Kreuz des Südens:** Ist nur auf der Südhalbkugel sichtbar und dort die wichtigste Navigationshilfe, da es auf den südlichen Himmelspol zeigt. – **Zwillinge, Stier und Skorpion:** Besonders nützlich, um Zeit und Jahreszeit zu bestimmen, da sie nur zu bestimmten Zeiten sichtbar sind.

**4.** Bei Wolken, Nebel oder Sturm ist keine Sternenbeobachtung möglich, die Navigation wird unsicher oder unmöglich. – Sterne sind nur in der Nacht sichtbar, tagsüber muss man sich auf andere Hilfsmittel (z. B. Sonne, Erfahrung, Küstenlinien) verlassen. – Sterne geben Richtungen (Himmelsrichtungen) an, aber keine exakten Positionen. – Sterne „wandern“ wegen der Erdrotation im Laufe der Nacht, dadurch drohen Fehleinschätzungen. – Sterne geben keine Hinweise auf Untiefen, Felsen oder Strömungen, wodurch diese Gefahren übersehen werden können.

**5.** Die Himmelsscheibe war ein frühes astronomisches Hilfsmittel zur zeitlichen Orientierung im Laufe eines Jahres. Anhand der Stellung der Himmelsobjekte ließ sich z. B. die Zeit des Aussähens deuten.

## 5 Wissenschaftliche Forschungsmethoden

**1. Schülerindividuelle Lösungen. Mögliche Lösungen:**

- Was ist das exakte Problem?
- Warum ist es wichtig, diese Fragestellung zu lösen?
- Was weiß man bereits darüber?
- Welche Informationen fehlen noch?
- Welche Methoden werden für den Forschungsgegenstand benötigt?
- Was genau muss man untersuchen oder messen?
- Was will man mit der Lösung erreichen?

**2. Schülerindividuelle Lösungen. Mögliche Lösungen:**

**Empirische Methode:** Man beobachtet, wie Pflanzen mit oder ohne Wasser wachsen und misst täglich ihre Höhe.

**Experimentelle Methode:** Man stellt drei Gläser mit Wasser an sehr unterschiedlichen Plätzen auf und untersucht, in welchem Glas das Wasser am schnellsten verdunstet.

**Theoretische Methode:** Man überlegt mithilfe von Mathematik und Physik, wie hoch ein Ball theoretisch springen müsste, wenn er aus einer bestimmten Höhe fällt.

**Historische Methode:** Mithilfe alter Zeitungsartikel und Fotos findet man heraus, wie sich das Leben von Kindern vor 100 Jahren von heute unterscheidet.

**Deskriptive Methode:** Man beobachtet und beschreibt genau, wie sich das Verhalten einer Hauskatze über den Tag verändert.

**Analytische Methode:** Man zerlegt einen Gegenstand in seine Einzelteile, um zu verstehen, wie er funktioniert.

**Vergleichende Methode:** Man vergleicht zwei verschiedene Schulformen (z. B. Gesamtschule und Gymnasium) und stellt Gemeinsamkeiten und Unterschiede fest.

**3. a)** Ich muss genau wissen, welches Ergebnis ich erzielen möchte. Will ich einen Text als Lösung, muss ich möglichst passende und exakte Suchbegriffe eingeben. Soll die KI z. B. ein Bild erstellen, muss ich einige exakte Begriffe nennen, die das Bild enthalten soll.

**b)** Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:*

- Analyse großer Datenmengen. KI erkennt Muster und Zusammenhänge in komplexen Datensätzen schneller und präziser als ein Mensch.
- Automatisierung von Routineaufgaben. KI übernimmt zeitaufwendige Arbeiten wie Datensortierung, Messungen oder Literaturlauswertungen.
- Simulation und Vorhersage. KI kann zukünftige Entwicklungen modellieren, z. B. beim Klima, in der Medizin oder der Technik.
- Unterstützung bei der Wissensentdeckung. KI hilft, neue Hypothesen zu entwickeln und unbekannte Zusammenhänge aufzudecken.

**4. (1)** Der KI wird ein Text vorgelegt, den sie auf sprachliche Merkmale wie Wortwahl, Satzbau oder Wiederholungen untersuchen soll. Dabei wird sie sehr viele Texte vergleichen und Muster erkennen, die für KI-Texte oder von Menschen erstellte Texte typisch sind. Aufgrund der Vergleiche wird sie eine Einschätzung abgeben, ob ein Text eher von einem Menschen oder einer KI stammt.

**(2)** Der KI werden Fotos von Himmelskörpern oder Oberflächenstrukturen – etwa von Planeten, Monden oder Asteroiden – mit typischen Merkmalen wie Kratern, Gesteinsformen oder Farbmustern vorgelegt. Das Programm vergleicht diese Eigenschaften mit einer großen Datenbank von Raumfahrt- und Satellitenbildern, die zuvor gespeichert wurden.

Auf Grundlage dieses Vergleichs schlägt die KI vor, um welchen Himmelskörper oder welche geologische Struktur es sich vermutlich handelt – beispielsweise um einen Einschlagkrater oder eine bestimmte Gesteinsformation auf dem Mars. Die Genauigkeit hängt stark von der Menge und Qualität der gespeicherten Weltraumbilder in der Datenbank ab.

## 6 Unsichtbares sichtbar machen

**1. Hinweis:** Die SuS können die „Wirkungsdreiecke“ entweder selbst anlegen oder die Vorlage wird unter dem Link [www.space2school.de/edw/wirkungsdreiecke](http://www.space2school.de/edw/wirkungsdreiecke) heruntergeladen und den SuS zur Verfügung gestellt.

Physikalische Phänomene	Technische Anwendungen	Nachweis der Wirkung durch ...
Radiowellen	Sendestationen, Abhörsender	Antenne und Radioempfänger
Mikrowellen	Mikrowellengerät, Fernbedienungen, Radar, Mobiltelefone	Bolometer zur Messung der Temperaturänderung
Magnetfelder	induktive Ladegeräte, Elektromagnete, Transformatoren, Festplatten	Kompass, Hall-Sensor, Induktionsspule
elektrische Ströme und elektrische Felder	elektrische Geräte, Energieübertragung, elektrostatische Anwendungen (z. B. Lackieren oder Luftreiniger)	Ampèremeter, Stromzange, elektrische Feldsonde
Schallwellen außerhalb des Hörbereichs	Ultraschall und Sonografie (Medizin), Reinigung, Tierabwehr, Entfernungsmessung, Navigation	Ultraschallsensor oder -mikrofon, Drucksensor, Frequenzanalysator
radioaktive Strahlung	medizinische Diagnostik und Therapie, Kernkraftwerke, Radiokarbonmethode (Altersbestimmung)	Geiger-Müller-Zähler, Halbleiterdetektor, Ionisationskammer
Gravitationsfelder	Navigation mit Satelliten, Umlaufbahnen von Raumfahrzeugen, Erdmasseverteilungen (Suche nach Rohstoffen)	Gravimeter zur Messung der lokalen Schwerkraft / Accelerometer zur Messung der Fallbeschleunigung
mikroskopisch kleine Teilchen (Atome, Moleküle)	Nanomaterialien, Bestimmung von Molekülen in der Umwelt, Halbleitertechnik (Dotierungen)	Massenspektrometer, Teilchenbeschleuniger (CERN), Rastertunnelmikroskop
Wärmestrahlung	Wärmebildkameras, Nachtsichtgeräte, Infrarot-Heizungen, Aushärtungsprozesse, Fernbedienungen	Thermometer, Thermistor, IR-Sensor, Wärmebildkamera, Thermoelement

**2. Hinweis:** Die SuS sollten das elektromagnetische Spektrum kennen und wissen, dass Licht verschiedene Wellenlängen hat.

**a)** Die folgenden Texte verbergen sich hinter den QR-Codes:

### Beleuchtungsstärke (Helligkeit)

#### QR-Code für Erde:

Sowohl bei natürlichen Quellen (Sonnenlicht) als auch bei künstlichen (z.B. Raumbelichtung) lassen sich Beleuchtungsstärke bzw. Helligkeit messen. Die Beleuchtungsstärke wird mithilfe von Sensoren ermittelt, deren Wirkungsweise auf der Wechselwirkung von Licht mit Materialien beruht. Häufig werden photoelektrische Effekte benutzt: In Fotodioden oder Fototransistoren erzeugen Photonen beim Auftreffen freie Ladungsträger (Elektronen), wodurch ein elektrischer Strom entsteht, dessen Stärke von der Lichtintensität abhängt. Bei Fotowiderständen verändert das einfallende Licht den elektrischen Widerstand des Materials. Bei der Messung wird ermittelt, wie viel Licht pro Fläche und Zeit erfasst werden

kann. Für eine präzise und zuverlässige Helligkeitsmessung müssen die Wellenlänge des Lichts, die Empfindlichkeit des Sensormaterials, Temperatureinflüsse sowie Störstrahlung berücksichtigt werden.

*Beispiel: Straßenlaternen mit Lichtsensor*

#### QR-Code für Weltraum:

Im Universum wird die Helligkeit vieler astronomischer Objekte (Galaxien oder Sterne) in bestimmten Wellenlängen und Wellenlängenbereichen mithilfe von Kameras und Spektren bestimmt. Dabei kann die gesamte gemessene Helligkeit in bestimmten Wellenlängenbereichen ermittelt werden (Kamera) oder das gemessene Licht wird wie mit einem Prisma aufgeteilt und die einzelnen Wellenlängenbereiche genauer untersucht (Spektrum). Diese Spektren können einzelne Emissions- oder Absorptionslinien enthalten. Weil jedes chemische Element einen einzigartigen „Fingerabdruck“ von Linien hat, lässt sich mit Spektren also die Elementzusammensetzung der verschiedenen Objekte im Universum untersuchen.

*Beispiel: Spezielle Kamera*

## Farben/Wellenlängen

### QR-Code für Erde:

Die verschiedenen Farben werden physikalisch durch bestimmte Wellenlängen des Lichts definiert. Doch während das menschliche Auge nur Farben mit Wellenlängen von 380 nm bis 750 nm erfasst, können verschiedene Sensoren und Messgeräte Licht im gesamten Wellenlängenbereich messen. Dabei benötigen die jeweiligen Wellenlängenbereiche unterschiedliche Messtechniken. Die Erfassung von Farben im optischen Wellenlängenbereich mit einem Sensor beruht auf der physikalischen Wechselwirkung von Licht unterschiedlicher Wellenlängen mit Materialien. Farbsensoren nutzen meist Fotodioden oder CCD-/CMOS-Elemente in Kombination mit Farbfiltern, um Licht in bestimmten Wellenlängenbereichen zu messen. Ein Beispiel dafür ist eine Kamera.

Man unterscheidet Breitbandfilter und Schmalbandfilter. Breitbandfilter lassen einen größeren Bereich des Lichtspektrums durch, (z. B. Rot 600 nm – 700 nm, Grün 500 nm – 600 nm, Blau 400 nm – 500 nm), und eignen sich gut zur allgemeinen Farberkennung. Schmalbandfilter hingegen lassen nur einen sehr engen Wellenlängenbereich passieren und ermöglichen besonders genaue Messungen einzelner Farben oder Spektrallinien.

Für zuverlässige und präzise Farbmessungen muss berücksichtigt werden, dass Lichtquellen aus unterschiedlichen Farben bestehen, Oberflächen Licht absorbieren, streuen oder reflektieren können und Messungen durch Umgebungslicht oder Temperatur beeinflusst werden.

**Beispiel: Bildschirm oder Drucker kalibrieren**

### QR-Code für Weltraum:

In der Astronomie wird Licht in verschiedenen Wellenlängenbereichen genutzt, um Informationen über Objekte im Weltall zu gewinnen.

Weltraumteleskope nutzen dabei beispielsweise CCD- und CMOS-Sensoren, die vom Ultravioletten bis zum Infraroten messen können. In anderen Wellenlängenbereichen (wie dem Röntgenlicht) müssen andere Detektoren eingesetzt werden, um diese hochenergetische Strahlung in Bilder umwandeln zu können. So wird für jede Wellenlänge ein individuelles Messgerät eingesetzt.

Mit Schmalbandfiltern können Spektrallinien untersucht werden. Jeder Stoff/jedes Element zeigt dabei ein charakteristisches Muster aus Linien bei ganz bestimmten Wellenlängen – wie ein „Fingerabdruck“. Es ermöglicht beispielsweise, die chemische Zusammensetzung von Planeten, Sternen oder Gaswolken zu bestimmen. Wie stark verschiedene Wellenlängen von einem Objekt reflektiert oder absorbiert werden, lässt Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Oberfläche oder der Atmosphäre zu. Ein Beispiel ist der Planet Mars: Seine Oberfläche enthält viel Eisenoxid. Dieser Stoff absorbiert vor allem Licht im grünen und gelben Wellenlängenbereich und reflektiert Licht stärker im roten Bereich. Dadurch erscheint der Mars rot, obwohl das einfallende Sonnenlicht alle Wellenlängen enthält.

**Beispiel: Analyse von Planetenspektren**

## Temperatur

### QR-Code für Erde:

Die Erfassung der Temperatur erfolgt auf der Erde mit Sensoren. Bei Temperatursensoren nutzt man vor allem den Zusammenhang zwischen Wärme und elektrischen Eigenschaften von Materialien: Metalle ändern ihren elektrischen Widerstand, Halbleiter ihre Leitfähigkeit, und an Thermoelementen entsteht eine messbare

Spannung. Diese werden dann wieder in eine Temperatur übersetzt und vom Messgerät angezeigt.

**Beispiel: Fieberthermometer**

### QR-Code für Weltraum:

Im Universum kann man nicht von einem Thermometer ablesen. Man benötigt hier andere Messverfahren, die auf die jeweiligen zu untersuchenden Objekte im Universum individuell angepasst werden. Weil die Objekte unterschiedliche Temperaturen haben, müssen verschiedene Messmethoden verwendet werden. Um die Temperatur eines Galaxienhaufens oder einer Gaswolke zu untersuchen, wird in der Astronomie die Röntgenstrahlung, die das Gas aussendet, beobachtet. Aus der Helligkeit dieser Strahlung wird dann über physikalische Überlegungen eine Temperatur errechnet. Mithilfe von Spektren misst man die Temperatur von Sternen.

Außerdem hängt die Farbe eines Sterns von seiner Oberflächentemperatur ab: Heiße Sterne erscheinen eher blau, kühlere Sterne dagegen rot.

Eine Infrarot-Emission gibt Aufschlüsse über die Temperatur von Planeten oder Staubwolken. Kühlere Molekülwolken strahlen im Radiobereich Spektrallinien aus, die ebenfalls in eine Temperatur übersetzt werden. Auch der Farbindex, also Helligkeiten in bestimmten Wellenlängen-Bereichen, wird verwendet, um Temperaturen weit entfernter Galaxien zu vermessen.

**Beispiel: Röntgenstrahlung von Galaxienhaufen**

## Abstände

### QR-Code für Erde:

Die Messung von Entfernungen und Abständen mittels Sensoren basiert auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien. Optische Verfahren wie Laser- oder Infrarotsensoren nutzen die Laufzeit oder Reflexion von Lichtstrahlen. Ultraschallsensoren arbeiten mit Schallwellen, deren Ausbreitungsgeschwindigkeit in Luft oder anderen Medien temperatur- und druckabhängig ist. Auch elektromagnetische Wellen, etwa bei Radarsensoren, werden zur Distanzmessung eingesetzt.

Auf der Erde können wir Schallwellen nutzen, um Abstände zu messen. Schall ist eine Druckwelle, die sich in Luft mit 340 Metern pro Sekunde ausbreitet. Wenn ein Sensor einen Schallimpuls aussendet, prallt dieser vom Hindernis ab und kehrt als Echo zurück. Um die Höhe über dem Meeresspiegel zu messen, können wir mit einem Barometer den Luftdruck messen, der mit der Höhe abnimmt, da sich weniger Luft über uns befindet. Bei Regen oder Hitze ändert sich der Druck und der Höhenmesser kann dann falsche Werte anzeigen. Deshalb nutzen moderne Geräte zusätzlich GPS-Signale, die die Laufzeit von Satellitenwellen (Mikrowellen) messen.

**Beispiel: Einparkhilfe beim Auto**

### QR-Code für Weltraum:

Messungen mittels Schallwellen funktionieren im Vakuum des Weltraums nicht.

Höhenprofile von Planeten im Sonnensystem können aber mit Messprinzipien mit elektromagnetischen Wellen, wie sie auch auf der Erde genutzt werden – nämlich Laser oder Radar – erstellt werden. Die Parallaxenmessung für nahe Sterne funktioniert über die Beobachtung eines Sterns jeweils im Januar und Juli, wenn die Erde an gegenüberliegenden Punkten ihrer Umlaufbahn steht. Der Stern scheint vor dem fixen Hintergrund ferner Sterne zu springen – weil unser Blickwinkel sich geändert hat. Die Entfernung wird mittels Trigonometrie gemessen.

Die Entfernung zu Galaxien wird in der Astronomie mit sogenannten „Standardkerzen“, wie Cepheiden-Sternen oder Typ-Ia-Supernovae, vermessen. Von diesen Objekten können wir die wahre Helligkeit über physikalische Eigenschaften herleiten. Vergleicht man die wahre Helligkeit mit der scheinbaren Helligkeit (gemessen durch Teleskope), erhält man die Entfernung, da Licht mit zunehmender Distanz schwächer wird.

*Beispiel: Abtasten von Planetenoberflächen*

### Orientierung

*QR-Code für Erde:*

Die Erfassung des magnetischen Nordpols der Erde und damit der Himmelsrichtung erfolgt mithilfe von Magnetfeldsensoren, die auf physikalischen Wechselwirkungen mit dem Erdmagnetfeld beruhen. Klassische Magnetometer oder elektronische Kompass nutzen den Effekt, bei dem sich durch ein Magnetfeld eine Spannung quer zum Stromfluss in einem Leiter aufbaut, oder Veränderungen im magnetischen Widerstand bestimmter Materialien. Jedoch können Stärke und Richtung des Erdmagnetfelds regional variieren und zusätzlich durch Störfelder beeinflusst werden.

*Beispiel: Kompass beim Wandern*

*QR-Code für Weltraum:*

Damit Sonden und Weltraumteleskope sich im Weltraum orientieren können, haben sie sogenannte Sternensensoren an Bord. Die Positionsbestimmung funktioniert meist über den Abgleich zwischen den mit einer optischen Kamera beobachteten Sternen mit den Sternen eines Sternkatalogs, den das Weltraumteleskop an Bord hat. Daraus wird die Lage des Teleskops/der Sonde im Universum ermittelt. Zudem werden Gyroskope (Sensoren für Drehbewegungen) eingesetzt, um Drehbewegungen zu ermitteln und gegebenenfalls die Orientierung des Satelliten zu steuern.

*Beispiel: Orientierung von Sonden im All*

### Geschwindigkeit

*QR-Code für Erde:*

Die Erfassung von Geschwindigkeiten basiert auf physikalischen Effekten, die eine Bewegung in elektrische Signale umwandeln. Häufig werden magnetische Verfahren genutzt, etwa Induktionssensoren, bei denen ein rotierendes Zahnrad oder Magnetfeld eine Spannung in einer Spule erzeugt, deren Frequenz der Drehzahl entspricht. Auch Hall-Sensoren messen Änderungen im Magnetfeld durch vorbeilaufende Strukturen.

Optische Sensoren arbeiten hingegen mit Lichtschranken oder Reflexionsmustern, die Unterbrechungen oder Helligkeitsänderungen in elektrische Impulse umsetzen. Um Drehzahlen zuverlässig (und damit Geschwindigkeiten präzise) bestimmen zu können, müssen Effekte wie Signalrauschen, Temperaturabhängigkeit, Trägheit der Sensoren sowie mechanische Vibrationen berücksichtigt werden.

*Beispiel: Tachometer im Auto*

*QR-Code für Weltraum:*

Die Geschwindigkeit von Galaxien oder Sternen werden durch den Dopplereffekt gemessen. Wenn sich eine Galaxie von uns weg bewegt, dehnt sich die Wellenlänge des Lichts aus und verschiebt sich daher zu längeren Wellenlängen (Rotverschiebung); bewegt sie sich auf uns zu, staucht sich die Wellenlänge des Lichts und sie verschiebt sich zu kürzeren Wellenlängen (Blauverschiebung). Teleskope wie Hubble oder das James Webb Teleskop nutzen Spektrografen, die diese winzigen Verschiebungen messen können.

*Beispiel: Geschwindigkeit von Galaxien*

### Luftfeuchte

*QR-Code für Erde:*

Für die Erfassung der Luftfeuchtigkeit mit Sensoren wird meist die Fähigkeit bestimmter Materialien benutzt, Wassermoleküle aus der Luft aufzunehmen (Adsorption). Diese Fähigkeit beeinflusst entweder die elektrische Kapazität oder den Widerstand des Materials. Um zuverlässige und präzise Daten zu erhalten, müssen die Wärmeleitung des Materials, die Diffusion von Wassermolekülen sowie Temperatureinflüsse berücksichtigt werden.

*Beispiel: Hygrometer*

*QR-Code für Weltraum:*

Im Universum gibt es keine „Luftfeuchte“, sondern nur sehr wenige Atome in einem großen Bereich; es herrscht Vakuum. Wasser kommt im Universum in Form von Eis, Gas oder Molekülen vor. Bei Gasen oder Staubwolken in Galaxien wird beispielsweise die Elementhäufigkeit von Wasser über Spektren ermittelt.

Jedoch muss beim Bau von Weltraumteleskopen besonders auf die Reinheit der Raumluft und die möglichst geringe Luftfeuchtigkeit geachtet werden. Eine hohe Luftfeuchte könnte dazu führen, dass sich winzige Wassertröpfchen absetzen, die die empfindlichen Geräte der Weltraumteleskope beeinträchtigen. Im Weltall würde sich Eis bilden und die Geräte schädigen.

*Beispiel: Reinräume z. B. beim Bau von Weltraumteleskopen*

### Lautstärke

*QR-Code für Erde:*

Die Erfassung von Lautstärke mittels eines Sensors basiert auf der Ausbreitung von Schallwellen, also Druckschwankungen. Das funktioniert nur in einem Medium, z. B. Luft. Mikrofone wandeln diese Schwankungen in elektrische Signale um. Dynamische Mikrofone nutzen die Induktion, indem eine Membran eine Spule im Magnetfeld bewegt, während Kondensatormikrofone Änderungen der Kapazität durch Membranbewegungen erfassen. Die Stärke des elektrischen Signals steht in Zusammenhang mit dem Schalldruckpegel und damit der Lautstärke. Faktoren wie Frequenzabhängigkeit, Richtwirkung, Hintergrundgeräusche, Nachhall und Temperatureinflüsse können die Messung beeinflussen und müssen für eine präzise Erfassung korrigiert oder kompensiert werden.

*Beispiel: Schallpegelmesser in einem Club*

*QR-Code für Weltraum:*

Im Weltraum ist es absolut ruhig, da es kein Übertragungsmedium für die Schallwellen gibt (Vakuum). Die physikalische Größe Lautstärke hat in der Astronomie deswegen keine Relevanz. Aber auf Planeten und Monden mit Atmosphäre gibt es Geräusche. So haben Rover auf dem Mars mit Mikrofonen Windgeräusche aufgenommen. Es gibt auch Geräusche, die künstlich aus der elektromagnetischen Strahlung erzeugt wurden, also in hörbare Frequenzen für unsere Ohren übertragen wurden. Da kann man dann z. B. verschiedene Rauschsignale von Magnetfeldern oder auch regelmäßiges Klopfen von rotierenden Pulsaren hören.

*Beispiel: Windgeräusche auf dem Mars*

b) Schülerindividuelle Lösungen.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

4. Falsche/fehlende Kalibrierung, Messungenauigkeit, Temperaturabhängigkeit und Reaktionszeit der Geräte, Störanfälligkeit durch Umwelteinflüsse wie Gravitation, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Schwerkraftgradienten, Vakuum, kosmische Strahlung, Temperaturschwankungen und mechanische Erschütterungen, endliche Auflösung der Skalen, Nichtlinearität bei hohen oder niedrigen Messbereichen und Alterung der Bauteile. – Im Übrigen gibt es immer Messfehler. Kein einmalig gemessener Wert ist „absolut richtig“.

5. **Hinweis:** Die SuS können die verschiedenen Instrumente in Partner- oder Gruppenarbeit erarbeiten, wobei nicht alle Instrumente behandelt werden müssen. Hier bietet sich eine Binnendifferenzierung an.

Weiterführende Informationen unter [www.space2school.de/edw/dlr-juice](http://www.space2school.de/edw/dlr-juice) und [www.space2school.de/edw/esa-juice](http://www.space2school.de/edw/esa-juice)

An Bord der JUICE-Sonde befinden sich zehn Instrumente. Vier davon dienen der optischen Fernerkundung (1 bis 4), drei sind für geophysikalische Messungen vorgesehen (5 bis 7) und weitere drei untersuchen die Magnetosphäre (8 bis 10).

(1) **Kamera JANUS (Jovis, Amorom ac Natorum Undique Scrutator,** lateinisch für „umfassende Beobachtung des Jupiters, seiner Lieb-schaften und Nachkommen“): besitzt 13 engbandige Farbfilter und kann damit das Jupitersystem in einem weiten Wellenlängenspektrum (350 nm – 1050 nm) untersuchen. Ziele sind die Kartierung der globalen, regionalen und lokalen Struktur und Form der Eismonde sowie die Untersuchung der Wolkenstrukturen Jupiters. Weiteres Ziel ist die Beobachtung der kleinen Monde und der Ringe des Jupiters.

(2) **Abbildendes Spektrometer MAJIS (Moons and Jupiter Imaging Spectrometer):** kann seine Ziele gleichzeitig in vielen Wellenlängenbereichen beobachten. Das Spektrum reicht dabei vom sichtbaren Licht bis ins nahe Infrarot. Die Ziele von MAJIS sind die gleichen wie von JANUS. Hauptsächlich geht es darum, die stoffliche Zusammensetzung der Oberflächen der Monde und der Jupiter-Atmosphäre zu bestimmen.

(3) **UV-Spektrometer:** untersucht in den Wellenlängen des ultravioletten Lichts (55 nm – 210 nm) die Atmosphäre des Jupiter und der Exosphären der Jupitermonde. Für die Untersuchung der Exosphären (hauchdünne Atmosphären) wird UVS vor allem Sternbedeckungen nutzen, wenn ein Jupitermond vor einem Stern des kosmischen Hintergrunds vorbeizieht und dessen Licht beim Durchgang durch die Mond-Exosphäre spektrale Veränderungen und Abschwächungen erfährt.

(4) **Sub-Millimeter-Wellen-Instrument SWI:** besteht aus zwei Kanälen mit unterschiedlichen Frequenzbereichen für Messungen des Spektrums im Bereich von Wellen, die kleiner als 1 mm sind (Übergangsbereich zwischen Mikrowellen und Infrarotlicht). SWI wird die Exosphären und die Oberflächen der Eismonde untersuchen. Eine weitere Aufgabe ist die Untersuchung der Zusammensetzung und Dynamik der Stratosphäre und Troposphäre Jupiters.

(5) **Radargerät RIME (Radar for Icy Moons Exploration):** Mit diesem Radar-Experiment lässt sich bis zu 9 km tief unter die Oberfläche der Eismonde schauen. Beobachtungen erfolgen sowohl während der Vorbeiflüge an den Eismonden als auch im niedrigen Ganymed-Orbit aus 500 km Höhe. Sie können damit weitere Hinweise auf die Existenz eines Ozeans geben.

(6) **Laser-Höhenmesser GALA (Ganymed Laser Altimeter):** Präzise Messungen der Höhenunterschiede und damit der Topographie auf der Oberfläche der großen Eismonde durch LASER-Pulse. Damit ist es möglich, Veränderungen durch Gezeitendeformation festzustellen. So werden Rückschlüsse auf die Existenz eines Ozeans unter der Oberfläche möglich sein.

(7) **Radiowellen-Wissenschaftsexperiment 3GM (Gravity & Geophysics of Jupiter and Galilean Moons = Schwerkraft und Geophysik von Jupiter und den Galileischen Monden):** Mit diesem Experiment kann das Gravitationsfeld der Eismonde mit zwei unabhängig voneinander eingesetzten Einheiten sehr präzise vermessen werden. Damit sind Rückschlüsse auf die innere Struktur der Eismonde und die Existenz eines Ozeans möglich. Außerdem wird 3GM die Struktur der neutralen Atmosphäre und der Ionosphäre des Jupiters erfassen.

(8) **Magnetometer J-MAG (JUICE Magnetometer):** untersucht das interne Magnetfeld des Jupiters und seine Wechselwirkung mit der Magnetosphäre. Gleichzeitig wird das interne Magnetfeld von Ganymed (Jupitermond) und dessen Wechselwirkung mit dem Jupitermagnetfeld untersucht. Auch aus der Struktur des Ganymed-Magnetfeldes und seiner Wechselwirkungen mit dem Magnetfeld des Jupiters können Rückschlüsse auf die Existenz eines inneren Ozeans gewonnen werden.

(9) **Teilchendetektor PEP (Particle Environment Package):** Messen von Art, Energie und Anzahl geladener Teilchen wie Protonen, Elektronen oder Ionen aus dem Sonnenwind und der kosmischen Strahlung. Die Detektoren von PEP können sowohl positiv als auch negativ geladene Teilchen in der Magnetosphäre und in der Nähe der Eismonde vermessen. Durch die Vielzahl der Detektoren ist es auch möglich, weitere Energiebereiche dieser Teilchen zu untersuchen.

(10) **Plasmawellen-Detektor RPWI (Radio & Plasma Wave Investigation):** Messen der elektrischen und magnetischen Wellen in ionisiertem Gas (Plasma) des Jupiters und ihr Einfluss auf die hauchdünnen Exosphären der Eismonde. Dabei kommen mehrere Detektoren zum Einsatz, mit denen ein weiter Frequenzbereich der Plasmawellen untersucht werden kann.

(11) **Planetary Radio Interferometry and Doppler Experiment PRIDE:** Komplettiert werden die zehn Instrumente durch das Antennen-Netzwerk, mit dem der Orbit der JUICE-Sonde im Jupitersystem genau vermessen werden kann. Dieses Instrument befindet sich nicht an Bord der Sonde, bildet aber ein zusätzliches, für die Präzision vieler Messungen sehr wichtiges Experiment.

## 7 Weltraummissionen und ihre Anwendung auf der Erde (1)

1. Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:*  
Radiowellen werden für Smartphones eingesetzt; Infrarotstrahlung ist eine (spezielle) Wärmestrahlung; sichtbares Licht macht unsere Welt sichtbar; UV-Strahlung verursacht Sonnenbrand; Röntgenstrahlung wird in der Medizin zur bildgebenden Diagnostik eingesetzt; Gamma-Strahlung wirkt ionisierend und krebserregend
2. UV-Strahlung ist eine hochenergetische Strahlung, die Zellen schädigen und dadurch beispielsweise Hautkrebs verursachen kann. Auch für Pflanzen ist die Strahlung schädlich. Ohne den Schutz der Atmosphäre wäre daher kein Leben möglich.

3. **a)** Die Abbildung zeigt Strahlungsbereiche, in denen die Atmosphäre durchlässig (blau) bzw. undurchlässig ist (braun).
- b)** Die Atmosphäre ist nur für ganz bestimmte Strahlung durchlässig (Radiowellen, Teile der Infrarotstrahlung, sichtbares Licht). Die anderen Strahlungsarten dringen nicht bis zum Erdboden durch (v. a. hochenergetische Strahlung wie UV- und Röntgenstrahlung). Um Strahlungsquellen zu untersuchen, die in diesen Bereichen emittieren, sind Teleskope oberhalb der Atmosphäre – also im Weltall – erforderlich.

4. Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:*  
Sowohl Supernova als auch Muttermal sind rund und unscharf begrenzt mit hervorgehobenen und weniger auffälligen Bereichen. Muttermal eher zweidimensional auf der Hautoberfläche, Supernova räumlich (dreidimensional) ...

## 8 Weltraumorganisationen

1. Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:*
  - **Idee und Ziel der Mission:** Was soll erreicht werden? Welche Fragen sollen beantwortet werden?
  - **Planung und Zusammenarbeit:** Welche Länder sind beteiligt? Welche Organisationen sind beteiligt? (Z. B. ESA: Diese veranlasst die Ausschreibungen. Die verschiedenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler oder Industrie-Unternehmen der verschiedenen Länder sagen, was sie machen könnten. Die ESA wählt aus nach wissenschaftlichem Nutzen, aber auch danach, wie viel Geld ein Land in die ESA einzahlt. Daher hat Deutschland als größter Beitragszahler oft relevante Teile in ESA-Missionen beigesteuert oder ein wichtiger Auftrag an die Industrie ging nach Deutschland.) Welche Kapazitäten (Manpower) werden benötigt? Welche Partner können welche Teile der Mission durchführen? Auswahl geeigneter Personen und Training.
  - Stand der Technik: Stehen geeignete Materialien und Antriebe zur Verfügung? Oder müssen diese neu entwickelt werden?
  - **Bau und Tests**
  - **Startplanung und Start ins All:** Startfenster und -platz, Wetterbedingungen, Berechnung der Flugbahn, Countdown, Start der Trägerrakete
  - **Steuerung und Dateneingang:** Überwachung, Kontrolle, Datenübertragung, Fernsteuerung.
  - **Datenauswertung und Forschung:** Empfang und Analyse der gesammelten Daten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werten die Daten aus.
  - **Finanzierung:** Kosten für Bau, Start, Betrieb, Forschung, Aufteilung von Aufgaben/Budget, Überwachung der Kosten.
  - **Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit:** Die Ergebnisse werden in Schulen, Medien und an Forschungszentren weitergegeben. Jeder kann sehen, was Raumfahrt für unsere Erde leistet.

2. Schülerindividuelle Lösungen.  
**Hinweise:** Vereinbaren Sie vor der Bearbeitung der einzelnen Fragen im Plenum bzw. in Gruppenarbeit einen verbindlichen methodischen Ablauf.  
Zu a): Wie soll gearbeitet werden, wenn kein Organisationstool zur Verfügung steht? Mindmap erstellen oder auf Karten schreiben und diese sortieren?  
Zu b): Teilen Sie die Anzahl der Gruppen entsprechend dem bisherigen Ergebnis der Vorüberlegungen ein; in der Praxis ergaben sich 8 bis 9 Gruppen. Wie sollen die Gruppenergebnisse vorgebracht werden? Wie soll das Arbeitsergebnis der Gruppen aussehen (Skizzen, Schaubilder, digital, analog)? Soll es evtl. eine große Wandzeitung geben, in der alle Missionsschritte dargestellt werden?
3. **Mitgliedsstaaten:** Aktuell hat die ESA 23 Mitgliedsstaaten. – **Hauptsitz:** Ihr Hauptsitz befindet sich in Paris. – **Deutsche Interessensvertretung:** Die Raumfahrtagentur im DLR
4. **a)** Bau und Start von Satelliten und Raketen, Gehälter für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Forschung und Technik, Betrieb der Kontrollzentren, Missionen zum Mond, zu Planeten, Öffentlichkeitsarbeit ...  
**b)** Der anteilmäßige Beitrag der einzelnen Staaten richtet sich nach dem jeweiligen Bruttoinlandsprodukt. Bei den optionalen Programmen ist es jedem Staat freigestellt, ob und in welcher Höhe er sich beteiligt.  
**c) Wieviel Geld wird pro Kopf für Raumfahrt ausgegeben?**  
7.700.000.000 € / 448.000.000 Einwohner = 17,18 € pro Einwohner  
**Wie viel zahlt ein Bürger durchschnittlich pro Jahr?**  
1.000.000.000 € / 448.000.000 Bürger = 2,23 € pro Bürger in 10 Jahren = 0,22 € pro Bürger jährlich  
**Was kostet dementsprechend 1 Kilogramm Nutzlast?**  
120.000.000 € / 10.000 kg = 12.000 € pro kg

## Modul 3 Unser Platz im Universum

### Einführung in das Thema

In unserer Wahrnehmung hat alles einen Anfang und ein Ende: Wenn wir uns auf eine Wanderung begeben, starten wir zu einem bestimmten Zeitpunkt unseren Weg, erreichen irgendwann unser Ziel und kommen meist auch wieder zu unserem Ausgangspunkt zurück. In diesem Modul starten wir unsere Reise in unserer kosmischen Nachbarschaft, dem Sonnensystem: von unseren Nachbarplaneten und den physikalischen Gesetzen, die ihre Bahnen beschreiben, führt die Reise über die Sonne hin zu anderen Sternen. Überlegungen über die Milchstraße – unsere Heimatgalaxie – führen uns weiter in die Tiefen des Alls und letztlich zur Frage, wie alles begann: dem Urknall. Damit gibt das Modul in Form eines Astrophysik-Schnellkurses einen kurzen verständlichen Überblick. Die zugrundeliegenden Themen können (und sollten) beliebig intensiviert werden.

### Infos zu den Arbeitsblättern



**Arbeitsblatt 9** stellt unser Sonnensystem und seine Planeten vor. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Veranschaulichung der Abstände und Größen, die nur durch geeignete Maßstäbe verständlich zu fassen sind.

**Arbeitsblatt 10** ist die Weiterführung von AB 9 und erklärt unsere Sonne und ihre enormen Dimensionen. Hierzu ist es erforderlich, auch eigene Berechnungen anzustellen.

**Arbeitsblatt 11** thematisiert die Milchstraße und angrenzende Galaxien.

**Arbeitsblatt 12** bringt die Schülerinnen und Schüler (SuS) auf den aktuellen Stand der Forschung zur Entstehung des Universums – der Urknall schülergerecht erklärt.

**Arbeitsblatt 13** geht der Frage nach, wie ein Stern altert und welche unterschiedlichen Szenarien möglich sind.

**Arbeitsblatt 14** stellt sich den abstrakten Themen „Raumzeit“ und „Gravitationswellen“ auf schülergerechte Art. Es wird aufgezeigt, wie sich Gravitationswellen nachweisen lassen.

**Arbeitsblatt 15** stellt die aktuelle Mission zur Erforschung der Tiefen des Weltalls vor, das James Webb Space Teleskop (JWST).

### Methodische Vorgehensweise

Die Arbeitsblätter sind prinzipiell unabhängig voneinander einsetzbar. In ihrer Gesamtheit orientieren sie sich an einem typischen Astrophysik-Grundkurs, ohne jedoch dieselbe Tiefe zu erreichen. Die Bearbeitung des gesamten Moduls umfasst mindestens sechs Unterrichtsstunden. Es bietet sich an, die zugrundeliegenden Themen mit weiteren Materialien, insbesondere Videos und Animationen, zu untermauern.

Bei den Aufgaben mit Formeln und Berechnungen in den AB 9 bis 11 muss ggf. Hilfestellung geleistet werden.



### MEDIEN

Bei manchen Aufgaben müssen sich die SuS Inhalte durch eigene Recherche selbst erarbeiten. Die benötigten Informationen sind normalerweise unproblematisch durch Suchmaschinen oder auf Portalen zu finden.

Gute Quellen hierfür sind:

- Haus der Astronomie  
[www.haus-der-astronomie.de](http://www.haus-der-astronomie.de)
- alpha-Centauri mit Harald Lesch  
[www.ardmediathek.de](http://www.ardmediathek.de)
- LEIFiPhysik  
[www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de)
- DLR  
[www.space2school.de](http://www.space2school.de),  
[www.space2school.de/edw/42fragen](http://www.space2school.de/edw/42fragen)

## 9 Die Erde im Sonnensystem

1. a) Sonne im Modell | Abstand zur Sonne: 10 cm | —

Merkur im Modell: 0,4 mm | 4,2 m

Venus im Modell: 0,9 mm | 7,8 m

Erde im Modell: 0,9 mm | 11 m

Mars im Modell: 0,5 mm | 16 m

Jupiter im Modell: 10 mm | 56 m

Saturn im Modell: 8 mm | 103 m

Uranus im Modell: 4 mm | 206 m

Neptun im Modell: 4 mm | 323 m

b) Schülerindividuelle Lösungen.

2. a) Man beobachtet, dass beim Quotienten  $T^2/a^3$  immer in etwa derselbe Wert herauskommt:

$$\frac{T^2}{a^3} \approx 4 \cdot \frac{10^{-2} \text{ Jahre}^2}{\text{Mio km}^3} = \text{konstant}$$

b) 1. Kepler-Gesetz: Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

2. Kepler-Gesetz: Ein von der Sonne zum Planeten gezogener Fahrstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleich große Flächen.

3. Kepler-Gesetz: Die Quadrate (zweite Potenzen) der Umlaufzeiten zweier Planeten um das gleiche Zentralgestirn verhalten sich wie die Kuben (dritte Potenzen) der großen Bahnhalbachsen:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \text{ bzw. } \frac{T^2}{a^3} = C$$

3. Innere Planeten: relativ nah zusammen, eher klein, Gesteinsplaneten

Äußere Planeten: große Abstände voneinander, große Durchmesser, Gasplaneten

4. Schülerindividuelle Lösungen.

**Tip:** Maßstab wie in der Tabelle von Aufgabe 1, aber in cm statt m, also bspw. für die Venus Abstand zur Sonne 4,2 cm

5. Schülerindividuelle Lösungen.

## 10 Die Sonne im Sternensystem

1.

$$E_S = mc^2 = 4 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 3,6 \cdot 10^{26} \text{ J} = 2,25 \cdot 10^{45} \text{ eV}$$

2.  $2,25 \cdot 10^{45} \text{ eV} : 26,7 \text{ MeV} = 8,4 \cdot 10^{32} \text{ Fusionsvorgänge/s}$

3. a) Die Sonne strahlt in alle Raumrichtungen, also kugelförmig ab. Dabei verteilt sich die Strahlung auf eine mit zunehmendem Abstand immer größer werdende Kugeloberfläche.

b) Die Fläche, die von der Erde abgedeckt wird, entspricht der Kreisfläche  $A = R^2_{\text{Erde}} \cdot \pi = (6370 \cdot 10^3 \text{ m})^2 \cdot \pi = 1,3 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$ , Daraus resultiert eine Energie von

$$1,3 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 \cdot 1,4 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} = 1,8 \cdot 10^{14} \text{ kJ pro Sekunde.}$$

4. a) **Blauer Riese:** Riesenstern, der viel größer ist als unsere Sonne.

**Roter Riese:** Übergangsstadium eines Sterns.

**Weißer Zwerg:** ein sehr kompakter, kleiner, alter Sternenrest.

**Brauner Zwerg:** liegt in seinen Eigenschaften zwischen einem Stern und einem sehr großen Gasplaneten.

b) Schülerindividuelle Lösungen.

**Tip:** Hertzsprung-Russell-Diagramm

5. a) Die Erde bewegt sich in einer Ebene (Ekliptik) um die kugelförmige Sonne. Aus geometrischen Gründen (Winkel zur Erde) kann man deren Pole nicht sehen.

b) Die Sonde muss exakt zur richtigen Zeit am richtigen Ort an den Planeten vorbeifliegen. Da sich aber alle Planeten (einschließlich der Erde) bewegen und nie ortsfest bleiben, müssen die Zeiten exakt abgestimmt werden.

## 11 Galaxien

1. Unser Sonnensystem ist ein sehr kleiner Teil der riesigen Galaxis. Um von oben auf unsere Galaxis schauen zu können, müssten wir uns aber weit außerhalb befinden. Solche Darstellungen der Milchstraße basieren auf immer genauer werdenden Entfernungsmessungen von Sternen, die dann in Computermodellen zu einem 3D-Modell der Milchstraße zusammengesetzt werden.

$$2. 1 \text{ Lj} = 300.000 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} \approx 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

3. **Höhe am Rand:** 1.000 Lj – **Dicke des „Bulge“:** ca. 15.000 Lj – **Halo:** ca. 150.000 Lj – **Abstand Sonne-Zentrum:** ca. 25.000 Lj

4. Die Abbildungen unterscheiden sich stark, z. B. in der Farbigkeit, allerdings kann man in beiden die Milchstraße (Band in der Mitte) deutlich erkennen.

5. Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Antworten:*

**Pro:** neue Erkenntnisse über das Universum und seine Entstehung; Blick in die Vergangenheit; Entdeckung neuer Effekte und Objekte (z. B. Supernovae, Schwarze Löcher); Testen von physikalischen Hypothesen; Entwicklung neuer Technologien

**Kontra:** enormer technischer und finanzieller Aufwand; schwierige Überprüfbarkeit von Entdeckungen; völlig unerreichbare Objekte wegen der großen Entfernungen.

## 12 Eine Entstehungsgeschichte von allem

1. Durch das Aufblasen des Luftballons dehnt sich dessen Hülle aus. Dadurch wird der Abstand zwischen den Galaxien immer größer.

$$2. \text{ a) } v_{\text{Flucht}} = 0,021 \frac{\text{m}}{\text{s} \cdot \text{Lj}} \cdot 90 \cdot 10^6 \text{ Lj} \approx 2 \cdot 10^3 \text{ km/s}$$

$$\text{b) } D = \frac{v_{\text{Flucht}}}{H_0} = \frac{1000 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,021 \frac{\text{m}}{\text{sLj}}} \approx 48 \cdot 10^6 \text{ Lj}$$

3. Die Galaxie NGC 1357 ist 90 Millionen Lichtjahre entfernt, das bedeutet, dass das von ihr ausgehende Licht 90 Millionen Jahre benötigt, um bis zu uns zu gelangen. Wir sehen also Licht, das bereits vor Jahrmillionen ausgestrahlt wurde. Damit sehen wir auch, wie die Galaxie in der Vergangenheit war.

4. a) Die Abbildung zeigt die Entwicklung eines zweidimensionalen Raums mit der Zeit  $t$ . Ausgehend von der Singularität (= Urknall) expandiert der Raum mit der Zeit, wodurch sich Objekte immer weiter voneinander entfernen.

b) Wenn  $r$  kleiner wird, wird der Wert des Bruchs immer größer. Im Extremfall, wenn  $r$  gegen Null geht, wird der Wert des Bruchs unendlich groß.

$$5. \text{ a) Schritt (1): Formel umstellen; Schritt (2): } \frac{D}{v_{\text{Flucht}}} = T$$

Wenn  $D$  der größte Abstand im Universum ist, ist  $v_{\text{Flucht}}$  die zugehörige Fluchtgeschwindigkeit der Expansion des Raums.

$$\text{Allgemein ist bei } v = \text{konstant: } t = \frac{s}{v}.$$

$$\text{b) } T = \frac{1}{0,021 \frac{\text{m}}{\text{sLj}}} = \frac{1 \text{ LJs}}{0,021 \text{ m}} = \frac{9,46 \cdot 10^{15} \text{ ms}}{0,021 \text{ m}} = 4,5 \cdot 10^{17} \text{ s} \approx 14 \cdot 10^9 \text{ Jahre}$$

6. Wenn der Krankenwagen auf mich zufährt, klingt der Ton höher, wenn er sich entfernt, klingt der Ton niedriger.

7. Ferne Galaxien entfernen sich von uns – ähnlich wie der vorbeifahrende Krankenwagen aus Aufgabe 6. Der Grund ist hier aber ein etwas anderer: Die Galaxien entfernen sich nicht einfach in den Weltraum, sondern es ist der Raum selbst, der sich ausdehnt. Dadurch werden die Lichtwellen ebenfalls „gestreckt“ und kommen bei uns anders (mit größerer Wellenlänge) an, als sie ursprünglich waren.

8. Für A) spricht die Tatsache, dass sich die meisten Galaxien von uns entfernen. Dagegen (und damit für B) spricht, dass es auch Galaxien gibt, die das nicht tun. Außerdem ist es extrem unwahrscheinlich, dass wir uns zufällig exakt im Zentrum des Universums (das es so gar nicht gibt) befinden. Ein weiterer Grund für B) ist die aus allen Richtungen sehr gleichmäßig einfallende kosmische Hintergrundstrahlung.

$$9. \text{ a) } 2,725 \text{ K} = (2,725 - 273,15)^\circ\text{C} = -270,425^\circ\text{C}$$

b) 3000 K entspricht der extrem heißen Flammtemperatur von Flammen mit reinem Sauerstoff.

c) Der Himmel wäre ständig strahlend hell-weiß.

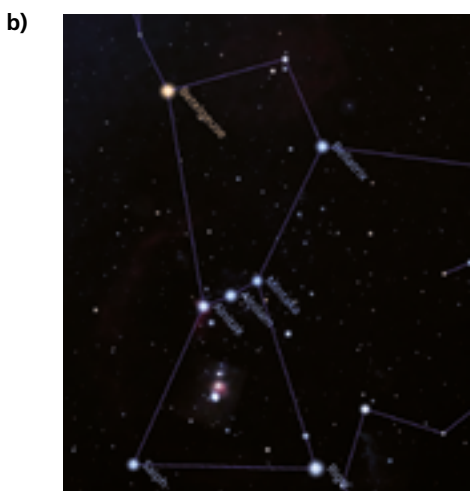
10. a) Die entferntesten Galaxien zeichnen sich durch geringe Helligkeit und eine starke Rotverschiebung aus.

b) Da das Universum erst etwa 300.000 Jahre nach dem Urknall durchsichtig wurde, kann man grundsätzlich auch nur bis zu diesem Zeitpunkt zurücksehen. – Das Universum ist ca. 13,8 Milliarden Jahre alt, also kann man außerdem nur Objekte sehen, deren Licht einen Lichtweg von mehreren zehn Milliarden Lichtjahren zurückgelegt hat.

**Hinweis:** Der deutlich größere Radius des sichtbaren Universums von über 45 Mrd. Lichtjahren resultiert aus der Expansion des Raums.

## 13 Supernova – der Tod eines Sterns

1. a)	Masse des Sterns	weniger als 0,8 Sonnenmassen	zwischen 0,8 und 8 Sonnenmassen	mehr als 8 Sonnenmassen
	Lebensdauer	mehrere zehn Milliarden Jahre	1-10 Milliarden Jahre	mehrere hundert Millionen Jahre
	Ende	keine Explosion	roter Riese	Supernova
	Überreste	brauner Zwerg	planetarischer Nebel, weißer Zwerg	Neutronenstern, Schwarzes Loch



c) Beteigeuze wird wohl zu einem Schwarzen Loch kollabieren, mindestens aber ein Neutronenstern werden.

2. a) Bei der Kernfusion entstehen aus den leichten Elementen (Wasserstoff, Helium) immer schwerere Elemente bis hin zu Eisen. Eine weitere Fusion würde Energie verbrauchen statt sie freizusetzen, d. h., der Stern würde nicht mehr leuchten. Es gibt auch die Möglichkeit, dass durch gewaltige Explosionen innerhalb eines massereichen Sternes Elemente mit einer Ordnungszahl über 26 entstehen.

b) Die Erde muss aus einer Materiewolke entstanden sein, die vorher durch eine Supernova mit Elementen jenseits der Ordnungszahl 26 angereichert wurde.

- 3. a) Hohe Dichte, schnelle Rotation, starkes Magnetfeld, anfangs sehr heiß
- b) Durch das starke Magnetfeld wird die Strahlung an den Polen des Magnetfeldes gebündelt abgestrahlt. Stimmen Rotationsachse und Magnetfeldachse nicht überein, rotiert der Neutronenstern um die Achse. Liegt die Erde in Strahlungsrichtung, wird eine pulsierende Strahlung gemessen. Dies ist ein Pulsar.

c) Schülerindividuelle Lösungen.

**Tipp:** mögliche Informationsquellen sind

[www.space2school.de/edw/astroseminar](http://www.space2school.de/edw/astroseminar) und die Sendung alpha-centauri in der ARD-Mediathek ([www.ardmediathek.de](http://www.ardmediathek.de))

## 14 Gravitationswellen

- 1. Im Modell wären die massereichen Objekte zwei Kugeln im Wasser. Wenn diese umeinanderkreisen, verursachen sie Wellen, die sich nach außen ausbreiten.
- 2. Schwarze Löcher, Supernovae, Kollision von Neutronensternen ...
- 3. Schülerindividuelle Lösungen.

4. a) Extrem exakte Fertigung der Spiegel, Optik, Justierung der Spiegel, Ausblenden von Störungen, feinste und genaueste Messapparate

b)  $10^{-20} \%$  von  $4000 \text{ m} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ m}$  (ca. 1/1000 des Radius' eines Protons!)

c) Schülerindividuelle Lösungen.

5. Schülerindividuelle Lösungen.

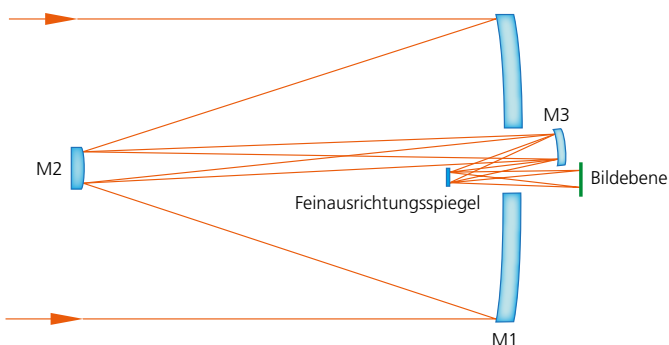
## 15 Weltraummissionen und ihre Anwendungen (2)

1. Die Aufnahme des JWST ist deutlich schärfer und detaillierter. Die Hubble-Aufnahme wird durch Staub bzw. Gas eingetrübt und es scheinen auch weniger Sterne durch den Nebel hindurch.

2. **Vorteile:** Einfache Abschirmung gegen Strahlung der Sonne, der Erde und des Mondes; Orbit außerhalb von üblichen Satellitenbahnen; keine Abschattung der Solarpaneele durch Erd- oder Mondschatten.

**Nachteile:** die große Entfernung bedingt hohen Aufwand; keine Reparaturmöglichkeit bei Fehlfunktion; instabiler Orbit benötigt Kurskorrekturen.

3. Primärspiegel M1; Sekundärspiegel M2; Tertiärspiegel M3; Feinausrichtungsspiegel M4.



4. a) Nach unserer Kenntnis ist Wasser eine der wichtigsten Grundlagen des Lebens. Die Entdeckung kann daher als Meilenstein bei der Suche nach außerirdischem Leben gesehen werden – ist aber noch lange kein Beweis dafür.

b) Schülerindividuelle Lösungen.

## Modul 4 Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens

### Einführung in das Thema

„Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens“ gehört zu den tiefgründigsten und spannendsten Forschungsgebieten bzw. Rätseln der Menschheit. Seit Jahrhunderten versuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Bedingungen zu entschlüsseln, unter denen vor rund 4 Milliarden Jahren aus unbelebter Materie erste Zellen entstanden. Vielleicht kamen diese ersten Aminosäuren aus dem All – mitgebracht auf einem Meteoriten?

In diesem Modul werden verschiedene Aspekte aufgezeigt: Wie kam „das Leben“ vielleicht auf die Erde? Gibt es möglicherweise auch auf anderen Planeten Leben? Wo sind diese anderen Planeten? Und wie könnte es mit dem Universum weitergehen? Dabei werden auch aktuelle Forschungsergebnisse und -missionen betrachtet. Zudem lernen die Schülerinnen und Schüler (SuS) Messmethoden kennen, die für die Suche nach extrasolaren Planeten verwendet werden. Für eine vertiefende Behandlung werden etliche Anregungen vorgeschlagen.

### Methodische Vorgehensweise

Die Arbeitsblätter können unabhängig voneinander behandelt werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Arbeitsblätter 16 und 18 gut hintereinander bearbeitet werden können. Arbeitsblatt 17 (insbesondere Aufgabe 2) eignet sich sehr gut für eine Klasse oder mehrere SuS, die bereits Erfahrungen im selbstständigen Erarbeiten von Inhalten der Anforderungsbereiche zwei und drei haben.

### Infos zu den Arbeitsblättern



**Arbeitsblatt 16** erklärt die Besonderheiten von Asteroiden und Meteoriten. Wie unterscheiden sich die mehr oder weniger kleinen Himmelskörper? Und wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, von einem Meteoriten getroffen zu werden?

**Arbeitsblatt 17** behandelt auf spannende Weise den Versuch der Menschheit, mit evtl. Außerirdischen in Kontakt zu treten. Wie und warum machen wir auf uns aufmerksam?

**Arbeitsblatt 18** führt ein in die Welt von Exoplaneten, also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Wie entdecken wir Exoplaneten überhaupt?

**Arbeitsblatt 19** geht der Frage nach, wie sich das Universum ausdehnt. Und wie geht es weiter? Verschiedene Szenarien sollen bearbeitet werden. Wichtig: die SuS sollen gezielt, reflektiert und kritisch mit einem KI-Tool arbeiten.

**Arbeitsblatt 20** geht der Fragestellung nach, wie die Zukunft der Raumfahrt aussieht. Die Aufgaben regen die Kreativität der SuS an. Wann will die Menschheit nochmals auf den Mond oder gar auf den Mars?

**Arbeitsblatt 21** stellt verschiedene Weltraummissionen vor, mit denen im Weltall nach Spuren von Leben gesucht wird: komplexen organischen Molekülen. Aber es geht auch darum, wie von Menschen hergestellte Himmelskörper (z. B. Sonden) die Bahn von „natürlichen“ Himmelskörpern gezielt beeinflussen können.



### MEDIEN

Aufgrund der Aktualität der Themen benötigt man für viele Aufgaben einen Internetzugang. Sollen kleinere Präsentationen erstellt werden, sind zudem eine entsprechende Software sowie PC oder Tablet notwendig.

Für Aufgabe 2 des AB 17 benötigen die SuS ein Smartphone oder Tablet mit QR-Code-Scanner.

Die Podcast-Folge der Aufgabe 3 des AB 19 dauert ca. 15 Minuten; diese Zeit muss mit eingeplant werden.

Ebenfalls auf AB 19 wird ausdrücklich eine KI als Hilfe empfohlen. Evtl. schulinterne Vorgaben für den Umgang mit KI-Tools müssen bei der Bearbeitung beachtet werden.

# 16 Asteroiden und Meteoriten

Objekt	Größe und Zusammensetzung	Flugbahn und/oder Besonderheit
Asteroid	wenige Meter bis viele hundert Kilometer; aus Gestein und Metall, wenig Eis	hauptsächlich in einem Gürtel zwischen Mars und Jupiter; aus der Frühzeit unseres Sonnensystems; unregelmäßige Form, nicht rund
Meteoroid	1 mm bis ca. 10 m; Gestein und Metall, wenig Eis	kleinere Asteroide; meist Bruchstücke anderer Himmelskörper, die in die Erdatmosphäre gelangen
Meteor	sehr kleine Stücke aus Gestein, Metall, Eis	bildet eine „Sternschnuppe“, wenn der Meteoroid in der Erdatmosphäre verglüht
Meteorit	Gestein und Metall, wenig Eis	Meteoroid, der auf die Erde gefallen ist
Komet	Kometenkern: einige 100 m bis 100 km; Eis, Staub, gefrorene Gase	im äußeren Sonnensystem, oft stark elliptische Bahn, deswegen sehr unterschiedlicher Abstand zur Erde; „schmutzige Schneebälle“

**Tipp:** [www.space2school.de/edw/himmelskoerper](http://www.space2school.de/edw/himmelskoerper)

2. Lose, aus einzelnen kleinen Brocken bestehende Körper werden beim Eintritt in die Erdatmosphäre auseinandergerissen und treffen so auf einen größeren Bereich der Luftschicht. Diese bremst die einzelnen Brocken ab, wobei sie in der Regel so stark erwärmt werden, dass sie vollständig verglühen.

3. a)  $0,9 \cdot 1,457 \cdot 10^6 \approx 1,3$  Millionen

b) Die Masse aller Asteroiden zusammen beträgt nur etwa 1 % bis 10 % der Mondmasse. Das ist zu wenig für einen eigenständigen Planeten.

4. a) Ein Objekt dieser Größe würde auf der Erde erheblichen Schaden anrichten. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit für eine Kollision gering ist, muss man daher von einem hohen Risiko sprechen.

b)  $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2; m = \rho \cdot V; V = \frac{4}{3} \pi R^3 \rightarrow E_{kin} = \frac{1}{2} \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot v^2 = 6,6 \cdot 10^{14} \text{ J}$

c) Die Beobachtungszeit ist relativ kurz, da man solche kleinen Objekte nur sehen kann, wenn sie nahe sind. Die Messungen können deswegen kaum wiederholt werden und sind daher mit einem relativ großen Fehler behaftet. Hinzu kommt, dass 2024 YR4 ja noch vollkommen unbekannt war.

5. a) **Möglichkeit 1:** Den Asteroiden zerstören (klappt nur bei relativ kleinen Objekten, da nur deren Trümmer klein genug wären, um dann in der Erdatmosphäre zu verglühen). – **Möglichkeit 2:** Seine Flugbahn verändern (klappt nur, wenn das Objekt noch weit genug entfernt ist und nicht zu groß oder zu schwer ist).

b) Größter Meteorit seit über 100 Jahren, ca. 12000 t Masse, kleine Brocken wurden in einem See gefunden; es gab viele Verletzte – hauptsächlich durch splitterndes Fensterglas (durch die Druckwelle).

c) Die Wahrscheinlichkeit von einem Blitz getroffen zu werden oder den Jackpot zu knacken ist niedriger als von einem Meteoriten getroffen zu werden. Allerdings treffen von Meteoriten oft nur sehr kleine und damit ungefährliche Teilchen auf die Erde, während ein Blitzschlag häufig tödlich endet.

# 17 Wir suchen Kontakt

1. Schülerindividuelle Lösungen. **Hinweise:**

Die Webseite mit der berühmten Nachricht, die von dem Arecibo Observatory im Jahr 1974 ins All gesendet wurde, vermittelt Folgendes: Eine technische Demonstration, wie die Nachricht in roher binärer Form aussieht. Wenn man die Bits in falscher Reihenfolge anordnet, sieht das Ergebnis bedeutungslos aus. Eine Botschaft, mit der wir als Menschheit versucht haben, uns mitzuteilen — nicht durch „Sprache“, sondern durch universellere Elemente (Mathematik, Chemie, Biologie, Symbolik).

b) 1. **weiß:** Die Zahlen von 1 bis 10 im Binärsystem

2. **lila:** Die Zahlen 1, 6, 7, 8 und 15 – die Ordnungszahlen der nun folgenden chemischen Elemente.

3. **grün:** Darstellung der Nukleotide, also der Moleküle, aus denen die menschliche RNS bzw. DNS besteht.

4. **rot weiß:** Der Mensch und seine Größe. Weiß dargestellt ist die Zahl 14, was multipliziert mit der Wellenlänge von 12,6 cm der Nachricht eine Größe von 1,76 m ergibt.

5. **blau:** Doppelhelix: Aufbau der menschlichen DNS

6. **weiß:** 4.292.853.750 – Weltbevölkerung im Jahre 1974

7. **gelb:** Die Sonne und die damals noch neun Planeten in gelb; die Erde ist hervorgehoben

8. **lila:** Das Arecibo-Observatorium mit dem zum Brennpunkt hin-führenden Strahlengang

9. **weiß blau:** Die Zahl in weiß (2430) multipliziert mit der Wellenlänge der Botschaft (12,6 cm) ergibt 306,18 m, den Durchmesser des Teleskops (blau).

2. Texte hinter den QR-Codes:

(1) **Pioneer-Plaketten (1972 & 1973)**

Missionen: Pioneer 10 und 11

Form: Metallplakette auf der Raumsonde

Inhalt: Zeichnungen von einem Mann und einer Frau, das Sonnensystem, die Position der Erde und das Startdatum (codiert durch eine „Pulsaruhr“)

Besonderheit: Erste physische Botschaft, die das Sonnensystem verlassen hat

(2) **Voyager Golden Records (1977)**

Missionen: Voyager 1 und 2

Form: Goldene Schallplatte aus Kupfer

Inhalt: Musik, Naturgeräusche, Grußbotschaften in 55 Sprachen, Bilder des Lebens

Zweck: Kulturelles Porträt der Menschheit für potenzielle außerirdische Finder

**(3) Cosmic Call (1999 & 2003)**

Ort: Radioteleskop in der Ukraine  
 Form: Radiosignale mit mathematischen und wissenschaftlichen Inhalten  
 Ziel: Verschiedene Sterne mit potenziell bewohnbaren Planeten  
 Inhalt: Ähnlich wie Arecibo – aber detaillierter

**(4) Teen Age Message (2001)**

Gesendet von: Russische Studierende  
 Inhalt: Musik von Jugendlichen, Grüße und mathematische Informationen  
 Ziel: Verschiedene sonnenähnliche Sterne

**(5) „Hello from Earth“ (2009)**

Ort: Canberra Deep Space Communication Complex, Australien  
 Inhalt: Kurznachrichten von Menschen weltweit, per Internet gesammelt  
 Ziel: Planet Gliese 581d (20 Lichtjahre entfernt)

**3. Wer spricht für die Menschheit?** – Wer entscheidet, was wir ins All senden? Eine kleine Gruppe von Forscherinnen und Forschern? Einzelne Nationen? Unternehmen? Spiegelt die Botschaft die Vielfalt der Menschheit – Kulturen, Sprachen, Lebensweisen – wirklich wider?

**Ist es klug, auf sich aufmerksam zu machen?** – Wenn wir ein Signal senden, verraten wir unsere Existenz – aber wir wissen nichts über die Absichten potenzieller Außerirdischer. Ist es verantwortungsvoll, eine potenzielle Gefahr für zukünftige Generationen einzugehen?

**Was sagen wir – und warum?** – Welche Werte, Bilder und Informationen übermitteln wir? Unsere Botschaft sollte authentisch, respektvoll und bedacht formuliert sein – ohne kulturelle Arroganz oder Überheblichkeit.

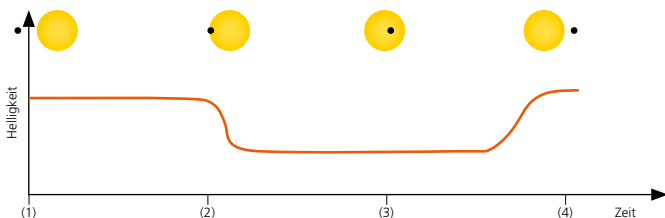
**4. 1977 „Wow!“-Signal:** Empfangen vom Big Ear Radioteleskop (USA), sehr starker, 72 Sekunden, schmalbandiger Radiopuls aus dem Sternbild Schütze.

**seit 2007 FRBs – schnelle Radioblitze:** Empfangen von SETI, wiederholende und nicht wiederholende millisekundenlange, extrem starke Radiopulse aus fernen Galaxien.

**2020 BLC1-Signal:** Empfangen vom Parkes-Teleskop, nicht wiederholbares, nicht eindeutiges Signal aus Richtung von Proxima Centauri oder einem erdnahen Planeten.

# 18 Extrasolare Planeten

1. a)



**b)** Ein tiefe Messkurve deutet auf einen großen Planeten hin (er deckt eine große Fläche des Sterns ab) bzw. eine flache auf einen kleinen. Eine lange Abdeckung deutet auf einen hohe Umlaufdauer und ein kurze auf eine geringe Umlaufdauer oder Neigung der Bahnebene des Planeten hin.

**c)** Der Exoplanet hat vermutlich einen begleitenden Mond, der den Stern ebenfalls kurz bedeckt; oder man sieht einen zweiten Planeten, der die Sonne nur in der Polgegend durchstreift. Ob es das eine oder das andere ist, könnte man aus der Regelmäßigkeit der Bedeckungen erfahren.

**d)** Schülerindividuelle Lösungen.

**2. a)** Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:* Gesteinsplanet mit Landmassen, Heimatstern sollte lange existieren und sich gleichmäßig entwickelt haben, Entfernung zum Zentralgestirn in einer Zone, in der flüssiges Wasser existiert, eine schützende Atmosphäre, Kohlenstoffverbindungen ...

**b)** Schülerindividuelle Lösungen.

**c)** Die Grafik zeigt, in welcher Entfernung zum Zentralgestirn eine habitable Zone (das ist der Fachbegriff) existiert, in der flüssiges Wasser auf einem Planeten überhaupt vorkommen kann.

3. a)

Mission	COROT	Kepler	TESS	JWST
Jahr	2006	2009	2018	2021
Hauptaufgabe	hochauflösende Aufnahmen des gesamten Himmels für leuchtschwache Sterne	Auffinden von Exoplaneten im Sternbild Schwan	relativ erdnahe Exoplaneten über den gesamten Himmel	schwach leuchtende Objekte finden, Exoplaneten untersuchen
Anzahl der Exoplaneten	ca. 35	ca. 2600	ca. 1000	aktuell mehrere Hundert
Methode	Transitmethode	Transitmethode	Transitmethode	Transitmethode

**b)** Astroseismologische Untersuchung: Durch die Beobachtung der Schwankungen des Lichts kann man auf die Schwingungen des Sterns schließen und somit auf seinen inneren Aufbau.

Zu den Missionszielen siehe [www.space2school.de/edw/plato](http://www.space2school.de/edw/plato)

## 19 Das Universum – und dann?

- 1. a) Wabenstruktur mit leeren Räumen (Wabe) und Filamenten (Wabenwände) oder Seifenblasen.
- b) **Dunkle Energie:** Eigenschaft des Raumes, füllt Energiedichte des Raumes, soll fast 70 % des Universums ausmachen.  
**Dunkle Materie:** Soll rund 25% des Universums ausmachen, erklärt abweichende Umlaufgeschwindigkeiten in Galaxien.
- c) Objekte im Raum können sich höchstens mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, der Raum selber aber kann sich mit Überlichtgeschwindigkeit ausdehnen: die kosmische Inflation des Raumes mit Überlichtgeschwindigkeit.

- 2. Schülerindividuelle Lösungen.
- 3. Schülerindividuelle Lösungen.

## 20 Wie geht es weiter?

- 1. a) Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:* Raketenantrieb, Miniaturisierung, Mikroelektronik, Computer, Materialwissenschaften, Satelliten-Kommunikation
- b) Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:*  
**Herausforderung für die Raumfahrt:** – Weiter, schneller und länger im All sein – schwache Signale aus dem All – Menschen leben außerhalb der Erde – viele Ziele sind für Menschen zu weit weg  
**notwendige technische Entwicklung:** – Neue, klimafreundlichere Antriebe (Ionenantriebe?) – leistungsstärkere, empfindlichere Messgeräte – Ernährung der Raumfahrenden; künstliche Atmosphäre – menschliches Leben länger erhalten (Kryonik); autonome Systeme, intelligente Roboter

- 2. a) Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Lösungen:*  
Auf dem Mond wurde Wassereis gefunden, was ein längeres Dortbleiben begünstigt. Mit dem Wassereis könnte man Treibstoff für Rückflüge zur Erde oder Weiterflüge zum Mars generieren. Der Mond gilt als Zwischenstation für Missionen zum Mars. Für Weiterflüge spart man den riesigen Energieaufwand, um bei Starts von der Erde die Erdanziehung zu überwinden. Mit Mondgestein lässt sich weiter in die Geschichte des Sonnensystems zurückblicken als auf der Erde.

b)

Name	Zeitplan	Ziel
Artemis I–V	Bis ca. 2028/2029	Landung auf dem Mond
IM-2	2025	Unbemannte Landung und Bohrung nach Eisvorkommen
Blue Ghost	2025–2027	Transport und Betrieb von Geräten
Hakuto-R	2025	Landung eines Rovers
Blue Moon	2025–2028	Mondlander
LSAS	2022 (geplant), verspätet	Mondlander
Lunar Pathfinder	2026	Kommunikationssatelliten
Chang'e	2007–2028	Aufbau einer Mondstation
HALO	2026	Raumstationsmodule

- c) Der Mond wird als Übungsgelände gesehen. Dort können Fähigkeiten und Technologien entwickelt und getestet werden, die man braucht, um weiter ins All vorzudringen. Wichtig ist auch Erfahrung in der Gewinnung von Ressourcen vor Ort. Für Weiterflüge spart man den riesigen Energieaufwand, um bei Starts von der Erde die Erdanziehung zu überwinden.

- 3. a) Stand Ende 2025: rund 25 Menschen als „Weltraumtouristen“; nimmt man die suborbitalen Touristinnen und Touristen hinzu, sind es fast 100.
- b) **Chancen:** Abbau von Rohstoffen, die auf der Erde selten sind oder nicht mehr vorkommen. Gewinnung von Stoffen, um fernab der Erde Treibstoff für Raketen herzustellen.  
**Herausforderungen:** Distanzen noch sehr groß. Solare und kosmische Strahlung, Gefahren für Leib und Leben der Menschen. Gefahr, andere Himmelskörper durch irdische Lebensformen zu kontaminieren oder extraterrestrische Lebensformen so auf die Erde zu bringen. Kriegerische Auseinandersetzungen um neue Rohstoffe.
- c) Aus physikalischer Sicht sind alle Meilensteine möglich. Eine sinnvolle zeitliche Reihenfolge wäre:  
Space-Hopping (durch Bezos, Musk und Branson schon Realität) → astronautischer Flug zum Mars → privater Weltraumtourismus auf dem Mond → Stadt auf dem Mond → dauerhafte Marskolonie → Nachweis von Leben auf Exoplaneten → Asteroidenbergbau → Kernreaktoren als Raketenantrieb → Landung auf dem Jupiter-Mond Titan → Sonde zur Oortischen Wolke → Fusionsreaktor als Raketenantrieb → interstellare Raumsonde → Terraforming der Venus oder des Mars  
Kontakt mit außerirdischen Lebensformen ist aufgrund der Distanz eher unwahrscheinlich.

## 21 Weltraummissionen und ihre Anwendungen (3)

1. Komplexe organische Moleküle sind große, auf Kohlenstoff basierende Moleküle, die aus Ketten oder Ringen von Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoffatomen sowie anderen Elementen aufgebaut sind. Sie sind zwar für das Leben essenziell, aber für sich selbst genommen noch kein Beweis für die Existenz von Leben, da sie auch auf nicht-biologische Art entstehen können.

2. Geringe Anziehungskraft des Kometen, unvorhersehbare Oberflächeneigenschaften, weite Entfernung zur Kontrollstation auf der Erde und daher lange Signallaufzeiten

3. **Vorteile:** Sonden können an interessante Stellen gesteuert werden; neue Technologien werden entwickelt und können zukünftige Missionen vorbereiten; Sonden können gefährlichen Situationen ausweichen.

**Nachteile:** Hohe Kosten; großes Ausfallrisiko; enormer technischer Aufwand

4. a) **Mission Hayabusa2/MASCOT:** Die japanische Raumsonde Hayabusa2 flog zum Asteroid Ryugu; sie sammelte mithilfe des Landers (Rover) MASCOT Proben, man fand mehr als 10 Aminosäuren.

**Mission OSIRIS-REX:** Die Sonde flog zum erdnahen Asteroiden Bennu; sie flog knapp über dem Boden, stieß mit einem Arm in den Asteroiden und sammelte das aufgewirbelte Material; es gab wohl salzhaltiges Wasser auf den Asteroiden, man fand komplexe organische Moleküle (14 Aminosäuren).

b) Schülerindividuelle Lösungen.

c) Objekte, die durch die Atmosphäre auf die Erde gelangt sind, sind durch das Landegebiet verunreinigt und nicht mehr komplett außerirdischen Ursprungs.

$$5. \text{ a) } v = \frac{s}{t} = \frac{51 \text{ m}}{6 \cdot 60 \text{ s}} \approx 14 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\text{b) } v = \frac{s}{t} = \frac{51 \text{ m}}{3,2 \text{ s}} \approx 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Geschwindigkeit ist ca. 114-mal so groß.

c) Ein Antrieb wie auf der Erde ist hier nicht möglich. Beispielsweise würden Räder aufgrund des geringen Gewichts immer durchdrehen und eine Fortbewegung mittels Hüpfens könnte den Lander wieder ins All zurückschleudern.

6. a) Gründe zur Veränderung der Bahn: Möglichkeit der Asteroidenabwehr wird getestet; Grundlagenforschung zu Asteroiden (Aufbau und Zusammensetzung)

$$\text{b) } E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\text{DART: } E_{\text{kin}} = 1,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$\text{A 380: } E_{\text{kin}} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

## Modul 5 Praktische Versuche

### Einführung in das Thema

Dieses Praxismodul eröffnet Lehrkräften die Möglichkeit, physikalische und technische Grundlagen handlungsorientiert und forschend zu vermitteln. Die Schülerinnen und Schüler (SuS) setzen sich in praktischen Versuchen mit dem Phänomen der Schwerelosigkeit auseinander, erfassen physikalische Größen mithilfe moderner Sensoren und gewinnen erste Einblicke in die Beobachtung von Sternen und Weltraum.

Die Experimente sind so konzipiert, dass sie naturwissenschaftliches/technisches Denken fördern: Beobachten, Messen, Auswerten und Hinterfragen stehen im Mittelpunkt. Dabei knüpfen die Inhalte an aktuelle Anwendungen aus Raumfahrt, Technik und Astronomie an und ermöglichen eine motivierende Verbindung zwischen Theorie und Praxis.

### Infos zu den Arbeitsblättern



**Arbeitsblatt 22** soll praktisch verdeutlichen, dass bei schnellen Kreisbewegungen eine nach außen gerichtete Fliehkraft entsteht, die durch Beschleunigung verursacht wird und mithilfe eines Beschleunigungssensors gemessen werden kann. Die SuS bauen ein technisches System, das diese Fliehkraft beim Rotieren eines Gegenstands misst und akustisch erfassbar macht.

**Arbeitsblatt 23** bietet die Möglichkeit, acht unterschiedliche digitale Messsysteme zur Erfassung physikalischer Größen aufzubauen. Alle Messsysteme basieren auf derselben Grundschialtung, die aus dem Mikrocontroller Arduino, Stromversorgung, Display und Breadboard besteht. Nach dem Aufbau dieser Grundschialtung können unterschiedliche Sensoren angeschlossen werden, um verschiedene physikalische Größen in eigenen Projekten zu messen und darzustellen.

**In Arbeitsblatt 24** werden verschiedene Anwendungen zur Beobachtung von Sternen praktisch umgesetzt: der Bau einer einfachen Lochkamera, die Nutzung von Smartphone-Apps zur Orientierung am Nachthimmel sowie Beobachtungen mit einem Fernglas. Darüber hinaus wird mithilfe eines Smartphone-Lichtsensors ein vereinfachtes Modell zur Exoplaneten-Entdeckung praktisch nachvollzogen.

### Methodische Vorgehensweise

Alle Arbeitsblätter dieses Moduls fördern das praktische Arbeiten. Sie sind so aufgebaut, dass sie unabhängig voneinander bearbeitet werden können.

Die Arbeiten können in Einzelarbeit, Partnerarbeit oder in Kleingruppen mit höchstens drei Personen durchgeführt werden. Das Vorwissen und die physikalischen Grundlagen von Sensorschaltungen werden in den Modulen 2 bis 4 gelegt. Bei Bedarf können einzelne Inhalte der Arbeitsblätter (AB) aus dem zweiten Modul genutzt werden, z. B. AB 5 oder AB 6.



### MEDIEN

Bei allen praktischen Arbeiten findet sich immer eine Materialliste in der Aufgabe. Alle Bauteile und Materialien lassen sich im üblichen Handel beziehen. Bei elektrotechnischen Teilen sollte darauf geachtet werden, dass diese qualitativ hochwertig sind. Oftmals werden z. B. Sensoren oder Aktoren angeboten, die nicht einwandfrei funktionieren.

Die Praxisteile sind so aufgebaut, dass ein SPS-System (hier Arduino) Signale erfasst, welche mit einem Sensor detektiert und dann an einen Aktor geleitet werden (z. B. ein Display), welcher die erfassten Größen ausgibt.

Alle benötigten Programme können auf den Seiten des DLR unter dem Link [www.space2school.de/edw/arduino](http://www.space2school.de/edw/arduino) kostenfrei heruntergeladen werden. Eventuell kann je nach Differenzierungsgrad oder Wissensstand der Klassen die jeweilige Software der Anlagen selber programmiert oder durch eine KI erzeugt werden. In beiden Fällen müssen die Programme ausgiebig getestet und feinjustiert werden.

## 22 Schwerelosigkeit hörbar machen

1. Schülerindividuelle Lösungen.

**Hinweis zu a):** Differenzierung für schnelle SuS: Die Schaltung kann um ein OLED-Display ergänzt werden. Mit dem Display lässt sich der maximal ermittelte  $g$ -Wert ablesen. Weiterführende Informationen enthält AB 23.

**Hinweis:** Wir schreiben immer  $g$ -Kraft (mit kleinem  $g$ ) weil der Bezug der beschleunigten Bewegung die Erdbeschleunigung von  $1g$  darstellt. Teilweise wird sonst auch  $G$ -Kraft (mit Versal- $G$ ) geschrieben, weil das Formelzeichen für Kräfte ein Großbuchstabe ist.

2. Schülerindividuelle Lösungen.

**a)** Die Drehbewegung der Anlage muss maximal hoch sein, damit die Beschleunigungskraft von  $1g$  erreicht werden kann.

**c) Erzeugte Töne:** Je schneller die Rotation der Schaltung, desto schneller wird die akustische Pip-Frequenz der Schaltung. Es lassen sich problemlos  $3g$  bis  $5g$  erzeugen.

**Technische Erweiterung:** Daten auf OLED anzeigen (z. B. maximale  $g$ -Kraft); mehrere LEDs für verschiedene Bereiche (z. B. gelb bei  $0,5g$ , rot bei  $1g$ ); Datenspeicherung auf SD-Karte

**Höhe der Zentrifugalkraft:** Wenn man z. B. einen  $200g$  schweren Gegenstand (Batterie, Arduino, Sensor, LED) zweimal pro Sekunde im Kreis ( $1m$  Radius) rotieren lässt, erfährt er eine Zentrifugalkraft von etwa  $3,2$ -facher Erdbeschleunigung ( $3,2g$ ).

**Fliehkkräfte im Alltag:** Die Fliehkraft (Zentrifugalkraft) begegnet uns im Alltag immer dann, wenn sich etwas auf einer Kreisbahn bewegt: Waschmaschine (Schleudergang), Salatschleuder, Kurvenfahrt mit dem Auto, Achterbahn, Karussell ...

## 23 Sensoren erfassen physikalische Größen

1. bis 3. Schülerindividuelle Lösungen.

4. Schülerindividuelle Lösungen. Mögliche Lösungen:

Projekt	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
Situation	Temperatur im Klassenzimmer	Sitzentfernung zum Nachbarn	Licht am Arbeitsplatz	geografische Höhe der Stadt oder des Schulgebäudes	Ausrichtung des Schulgebäudes	Farbe eines Ahornblattes	Geschwindigkeit eines Fußballs	Lautstärke im Unterricht
ermittelter Wert	$21^\circ C$ und $32\%$ relative Luftfeuchte	$121\text{ cm}$	$510\text{ Lux}$	$421\text{ m}$	NNO	tiefgrün	$42\text{ kmh}$	$42\text{ dB}$

## 24 Sterne beobachten

1. Schülerindividuelle Lösungen. Mögliche Lösungen:

**a)** Die Lampen erscheinen umgekehrt auf dem Schirm. Das liegt daran, dass die Lochkamera oben und unten sowie links und rechts vertauscht.

**c)** Die Bilder bleiben von der Lage her ähnlich wie bei der Lochkamera, also oben und unten, rechts und links sind vertauscht. Aber die Bilder sind schärfer und deutlich heller.

**2. a)** Augmentierte Realität oder Augmented Reality (AR) ist eine durch technische, digitale Hilfsmittel (Rechner, Bildschirmbrillen, Datenhandschuhe ...) „erweiterte“ Realität.

**b) und c)** Schülerindividuelle Lösungen.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

**4. a)** Das Muster zeigt einen Wechsel von hell und dunkel. Dieses Muster kommt dadurch zustande, dass die Styroporkugel, wenn sie sich zwischen der Lampe und dem Smartphone befindet, einen Schatten wirft und daher weniger Licht am Smartphone ankommt (dunkleres Signal).

**b)** Schülerindividuelle Lösungen.

## ARBEITSBLÄTTER

Modul 1:	
Die Menschheit – Ursprung, Gegenwart, Zukunft .....	28
Modul 2:	
Erforschung des Weltalls – vom Beginn der Menschheit bis in die Gegenwart .....	33
Modul 3:	
Unser Platz im Universum .....	45
Modul 4:	
Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens .....	61
Modul 5:	
Praktische Versuche .....	75

Bitte beachten Sie die Bedeutung folgender Symbole neben den  
Aufgabennummern:

Ⓛ Diese Aufgabe ist nicht direkt auf dem Arbeitsblatt zu lösen.

\* Sternchenaufgaben sind zusätzliche, etwas umfangreichere oder schwierigere  
Aufgaben. Sie eignen sich gut zur Differenzierung.

# 1 Der Weltraum-Check-In



In diesem Heft geht es auf eine lange Reise in die Tiefen des Weltalls. Es gibt viel Spannendes und Unerwartetes über die Erde – die Sonne – unser Sonnensystem – andere Galaxien – das Universum – zu lesen und zu lernen.

Vor dem Start solltet ihr euch ein wenig aufwärmen – mit einem Check-In-Spiel.

-  **1.** Gleich geht es los mit der Reise in die Weiten des Weltraums. 24 spannende, ungewöhnliche, lustige Fragen sind zu beantworten.

Bildet Gruppen zu 3 oder 4 Personen. Eure Lehrkraft teilt euch jeweils 6 Seiten mit den Fragen aus. Schneidet die Fragekärtchen aus und legt sie auf einen Stapel. Wichtig: Nicht auf der Rückseite spicken, da stehen die Antworten.

Der oder die Jüngste im Team beginnt, nimmt die oberste Karte vom Stapel und stellt die Frage der links sitzenden Person. Wenn diese die richtige Antwort kennt, erhält sie die Karte und legt sie vor sich ab. Bei einer falschen Antwort wird die Frage nach links im Uhrzeigersinn weitergegeben – so lange, bis jemand die richtige Antwort weiß. Wer die Frage richtig beantwortet hat, nimmt die nächste Karte vom Stapel. Gewonnen hat, wer am Ende die meisten Karten vor sich liegen hat.



## DER ENTSCHEIDENDE BEWEIS

Wie kann man sicher sein, dass sich die Erde um sich selbst dreht und nicht die Sterne und die Sonne um die Erde? Diese Frage hat die Menschen jahrhundertlang beschäftigt.

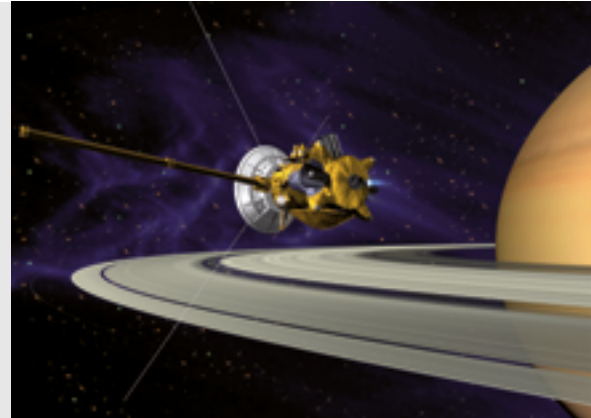
Im Jahr 1851 dachte sich der Franzose Léon Foucault das entscheidende Experiment aus: Im Panthéon, einer ehemaligen Kirche in Paris, ließ er ein 67 Meter langes Pendel schwingen. Weil sich die Erde unter dem Pendel weiterdreht, veränderte sich im Lauf der Zeit die Schwingungsrichtung. Bei einem Pendel direkt am Nordpol zeigt die Erdachse in die Richtung des Fadens und es braucht genau einen Tag für eine gesamte Umdrehung. Ein entsprechendes Pendel am Äquator dreht sich dagegen gar nicht – weil dort Erdachse und Fadenrichtung senkrecht stehen und die Erddrehung die Schwingung nicht beeinflusst.



## 2 Deine eigene Weltraumsonde

In den letzten Jahrzehnten haben viele und sehr unterschiedliche Forschungsreisen in den Weltraum stattgefunden. Dabei spielen Sonden immer eine wichtige Rolle. Mit Sonden wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Fragen beantworten, die sie sich vorher für ihre Mission überlegt haben.

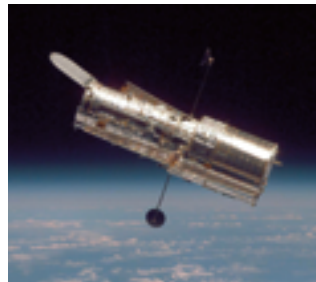
Heute bist du an der Reihe und deiner Fantasie sind keine Grenzen gesetzt: Was willst du in den Weiten des Alls erforschen? Plane und entwirf eine eigene Forschungssonde.



**1.** Zur Inspiration: Es gab schon die unterschiedlichsten Missionen ins Weltall. Gemeinsam hatten sie alle eines: Das, was sie mitgenommen haben, hat genau zu dem gepasst, was sie erforschen wollten. Schließlich kann man da draußen nicht einfach bestellen, was man vergessen hat.



Voyager-Sonde



Hubble-Teleskop



Mondlandefähre Apollo 11



Mars-Rover Perseverance

Betrachtet in Partnerarbeit die vier Bilder. Beschreibt Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Aufbau der Sonden und stellt Vermutungen an, was die Sonden erforscht haben könnten.

---



---



---



---

**2.** Fremde Planeten, ferne Welten, neue Galaxien ...

Beschreibt mindestens drei Beispiele, was ihr im Weltraum gerne erforschen würdet.

---



---



---



---

**3.** Jede Sonde braucht Messgeräte, mit denen man die Forschungsfrage untersuchen kann.

**a)** Welche Messgeräte soll eure Sonde mit an Bord nehmen? Ihr könnt entweder Messgeräte wählen, die es bereits gibt (z. B. Temperaturmesser, Druckmesser, Gesteinsanalysator, Farbmesser, Kamera, Bodenbohrer ...). Ihr könnt aber auch eure eigenen Messgeräte erfinden.

---



---



---

**b)** Berücksichtigt neben den geplanten Messgeräten auch folgende Überlegungen:

- Soll die Sonde die Daten nur sammeln oder zur Erde zurücksenden?
- Soll sie landen und vielleicht sogar wieder starten können?
- Soll sie beweglich sein oder ortsfest?
- Welche weiteren Bedingungen soll eure Sonde erfüllen?

---



---



---

 **4. a)** Jetzt dürft ihr loslegen und eurer Fantasie freien Lauf lassen: Skizziert eure Sonde und entwerft ein eigenes erstes Modell. Ganz wichtig: Eure Sonde muss einen gut klingenden Namen tragen!

**b)** Präsentiert euren Entwurf in der Klasse: Welche Art Sonde habt ihr gebaut? Welche Forschungsfrage soll eure Sonde untersuchen? Welche Messungen kann eure Sonde durchführen, um die Forschungsfrage zu beantworten?



## KEIN MANN IM MOND

Warum sieht der Mond von der Erde aus immer gleich aus? Das lässt sich leicht erklären: Schuld ist die sogenannte „gebundene Rotation“. Der Mond dreht sich in derselben Zeit, in der er die Erde umrundet, einmal um sich selbst – in ca. 28 Tagen. Deshalb zeigt er in unsere Richtung immer die gleiche Seite und in die Kraterlandschaft, die wir sehen können, lässt sich beispielsweise eine Art Gesicht einzeichnen. Früher hat sich der Mond schneller um sich selbst gedreht. Die Kräfte, die bei uns für Gezeiten, also Flut und Ebbe, sorgen, haben den Mond aber so lange abgebremst, bis er der Erde nur noch eine Seite zeigt – das ist die „gebundene Rotation“.



### 3 Unvorstellbares vorstellbar machen

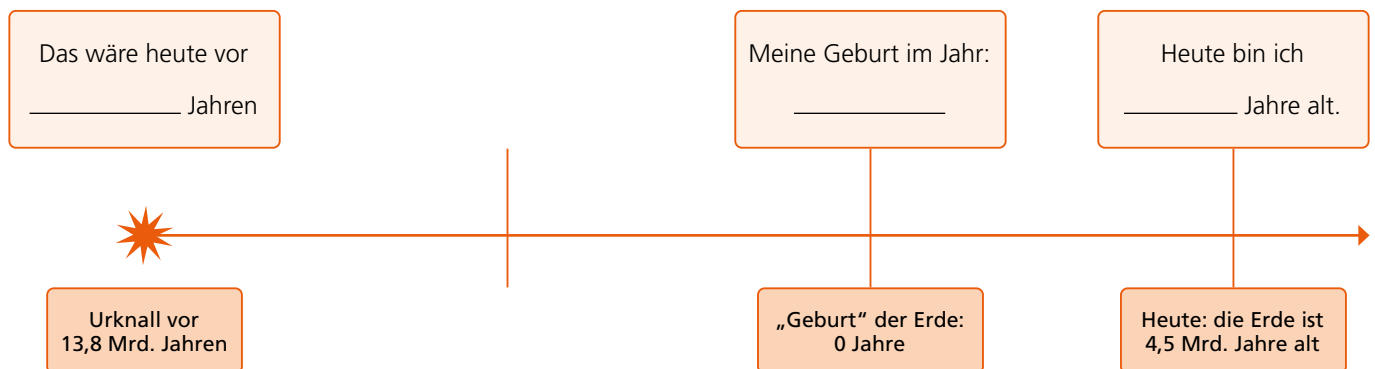
Unendliche Zeiträume, immense Massen und riesige Entfernungen zeichnen unser Sonnensystem aus – diese Dimensionen sind nur schwer vorstellbar. Und erst das gesamte Weltall, das ja noch unfassbar viel größer ist! Deswegen lernen wir hier Hilfsmittel kennen, mit denen die unvorstellbaren Dimensionen anschaulich gemacht werden.



#### 1. Unendliche Zeiträume

Um sich vorzustellen, wie alt die Erde, die Sonne, der Mond und das gesamte Universum sind, lohnt sich ein Zeitraffer. Stell dir vor, die gesamte Entwicklungsgeschichte der Erde so zusammenschumpfen zu lassen, dass sie exakt in dein Alter passt. Tatsächlich ist die Erde zwar 4,5 Milliarden Jahre alt, aber weil man sich das so schwer vorstellen kann, tun wir einfach so, als wäre die Erde nur so alt wie du, nämlich \_\_\_\_\_ Jahre.

a) Nun musst du ein bisschen rechnen! Ergänze den „Zeitstrahl des Lebens“ (von rechts nach links):



b) Der Zeitstrahl muss nun viel größer werden! Deswegen bildet Gruppen und entwerft einen Zeitstrahl in der passenden Größe für die beiden folgenden Aufgaben.

Die ersten Dinosaurier sind vor etwa 225 Millionen Jahren entstanden. Trage das auf dem Zeitstrahl ein. Dazu musst du die Strecke zwischen dir „heute“ und deiner Geburt in 20 gleiche Teile teilen und den Pfeil am letzten Teilstück einzeichnen. Überlege: Was passierte bei einem 20stel deiner Lebenszeit bei dir? Was hast du da gemacht?

c) Die ersten Menschen tauchten vor rund 300.000 Jahren auf der Erde auf. Trage das auf dem Zeitstrahl ein. Dazu musst du die Zeit seit den Dinos nochmal in etwa 10.000 kleine Stücke teilen und beim letzten Teilstück einzeichnen. In deinem Leben wäre das vor ein paar Stunden gewesen. Rechne es genau aus.



## 2. Immense Massen

a) Wie heißen die 8 Planeten unseres Sonnensystems? Und in welcher Reihenfolge neben der Sonne befinden sie sich? Recherchiere und trage in die freien Kästchen ein.

b) In drei Packungen Würfelzucker sind etwa 1000 Zuckerwürfel. Nehmen wir an, diese Zuckerwürfel wären die gesamte Masse unseres Sonnensystems. Schätze und trage auf den Linien ein: Aus wie vielen Zuckerwürfeln bestände die Sonne und aus wie vielen die einzelnen Planeten?

									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

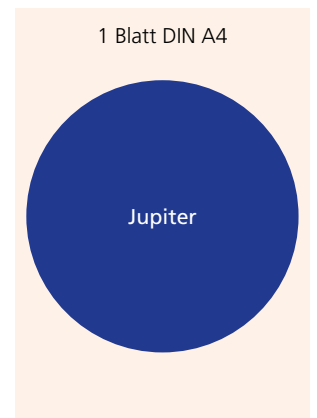
(Zuckerwürfel)

## 3. Riesige Entfernungen

Welche Strecke müsste man eigentlich zurücklegen, um zum Mars zu gelangen? Um sich das klar zu machen, soll das Sonnensystem maßstabsgetreu auf dem Schulhof ausgelegt werden.

a) Bildet Gruppen und schneidet die acht Planeten unseres Sonnensystems aus DIN-A4-Blättern aus. Jupiter ist mit rund 140.000 km Durchmesser der größte Planet; er bekommt als Durchmesser etwa ein DIN-A4-Blatt (ca. 20 cm). Recherchiert die Durchmesser der anderen Planeten und berechnet, wie groß die anderen Planeten dementsprechend sein müssen.

b) Jetzt geht es auf den Schulhof: Zeichnet an einer Stelle die Sonne ein und legt im Abstand von einem Meter „die Erde“ auf den Boden. Den Abstand zwischen Sonne und Erde nennt man eine „astronomische Einheit“. In Wirklichkeit sind das ca. 150 Millionen Kilometer. Recherchiert die Entfernung der anderen Planeten zur Sonne und legt sie in entsprechender Entfernung auf den Boden. Fotografiert aus dem Obergeschoss eurer Schule oder mit einer Drohne euer Sonnensystem.



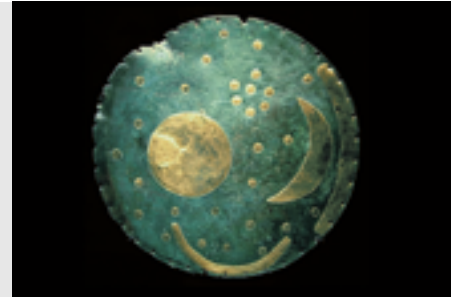
## WELTBERÜHMT: DAS ERSTE FOTO EINES SCHWARZEN LOCHS

Nein, es ist kein Fake – obwohl es so klingen mag. Forschende haben vor ein paar Jahren tatsächlich ein Schwarzes Loch fotografiert und damit für eine echte Sensation gesorgt. Nicht mit dem Smartphone, sondern durch aufwendige und lange Beobachtung mit insgesamt acht Teleskopen haben sie geschafft, etwas sichtbar zu machen, was man eigentlich gar nicht sehen kann. Es ist ein riesiges Schwarzes Loch in der Mitte einer anderen Galaxie. Weil das Schwarze Loch von schwach leuchtenden Gaswolken umgeben ist, kann man es auf dem Foto trotzdem sehen. Unvorstellbar: Es wiegt mehr als 6 Milliarden Mal so viel wie die Sonne.



## 4 Der Nachthimmel als Ursprung der Astronomie

Sterne und Planeten dienten in vielen alten Kulturen nicht nur zur Orientierung und Zeitmessung, sondern waren oft mit Mythen und spirituellen Vorstellungen verbunden. Sternbilder erzählten Geschichten, erklärten Naturphänomene und halfen, Jahreszeiten zu bestimmen. Bei den Maya, im antiken Ägypten oder Babylonien war die Himmelsbeobachtung ein zentraler Bestandteil religiöser Praktiken. Tempel und Monumente wurden oft nach ihnen ausgerichtet. Der Nachthimmel war für diese Menschen ein lebendiges Buch – ein Fenster zu den Gottheiten und zur Ordnung der Welt.



1. Beschreibe, welche Funktion der Sternenhimmel in den folgenden Beispielen im Weltverständnis alter Kulturen hatte.



Zeit- und Kalenderbestimmung: \_\_\_\_\_



Religiöse und mythologische Deutung: \_\_\_\_\_



Architektur und Ausrichtung: \_\_\_\_\_



Astrologie: \_\_\_\_\_

2. Nomadenvölker und zur See fahrende Menschen orientierten sich an Sternbildern wie dem Polarstern, um ihren Weg zu finden. In der folgenden Beschreibung segelt ein Wikingerstamm zu einem Ziel, um dort reiche Beute zu machen. Interpretiere die folgende Route und beschreibe, wohin sie fahren.

Der Wind steht gut bei etwa 3–4 Beaufort, also ca. 6 Knoten pro Stunde. Um im Morgenrauen angreifen zu können, sind sie abends gegen 21 Uhr losgesegelt, anfangs immer Richtung Polarstern. Der steht ziemlich genau im Norden, geradeaus also! Da das Ziel aber nordwestlich liegt, mussten sie kurz nach dem Start korrigieren. Es ist eine klare Nacht – gut so, denn so können sie ständig ihren Kurs korrigieren: Steht der Polarstern zu weit rechts von ihnen, sind sie zu weit nach Westen abgekommen. Steht er direkt vor dem Schiff, sind sie nach Norden abgedriftet. Punktlandung – beim ersten Morgenrauen liegt das Ziel vor ihnen!



3. Recherchiere und schreibe auf, wofür die folgenden Sternbilder bei der Navigation genutzt wurden.

Großer Wagen (im Sternbild Großer Bär)	
Kleiner Bär	
Kassiopeia	
Orion	
Kreuz des Südens	
Zwillinge, Stier und Skorpion	

4. Die Sternennavigation ist ein nützliches und historisch bedeutendes System, aber sie hat auch Nachteile, weswegen sie durch Kompass, Sextant und moderne Navigationsgeräte ergänzt oder ersetzt wurde. Zähle mehrere Nachteile auf.

---



---



---



---



---



5. Vor mehr als 3600 Jahren blickten Menschen auf der Suche nach Ordnung im Lauf der Zeit zum Himmel. In dieser frühen Welt entstand ein geheimnisvoller Gegenstand – die Himmelscheibe von Nebra (Abbildung in der Einleitung). Sie besteht aus Bronze und ist mit goldenen Symbolen verziert: eine leuchtende Sonne, eine Mondsichel, ein funkelndes Sternenfeld. In ihrer Mitte strahlen die Plejaden, ein Sternhaufen, der einst als Zeichen für den Beginn der Erntezeit galt. Zwei goldene Bögen an den Rändern markieren die Punkte, an denen die Sonne zur Sommersonnenwende und Wintersonnenwende untergeht. Welchen Zwecken diente die Himmelscheibe? Beschreibe.

---



---



---



---



---



---



### WIE BEKOMMEN STERNE IHREN NAMEN?

Alle Sterne, die wir am Nachthimmel sehen können, haben bereits einen Namen – entweder durch traditionelle Bezeichnungen, durch Kürzel des Sternbilds, in dem sie sich befinden oder – meistens – durch wissenschaftliche Katalognummern in riesigen Datenbanken. Wird trotzdem ein Himmelskörper neu entdeckt, ist die „Internationale Astronomische Union“ zuständig, die auch Regeln für die Benennung festgelegt hat. Deswegen hier eine schlechte Nachricht: Die Adressen im Internet, bei denen man – oft gegen Geld – einen Stern vermeintlich selbst taufen kann, sind immer Humbug. Offiziell wird er immer so heißen wie im Katalog der IAU.

## 5 Wissenschaftliche Forschungsmethoden

Menschen betreiben Forschung, um neues Wissen zu gewinnen und unbekannte Bereiche – wie das Weltall – besser zu verstehen. Gerade in der Raumfahrt ist Forschung entscheidend, um Missionen sicher zu planen, Technologien zu entwickeln und das Weltall zu untersuchen.

Dabei gehen Forschende systematisch vor: Sie beobachten Menschen in der Schwerelosigkeit oder Himmelskörper, stellen Fragen, formulieren Hypothesen und überprüfen diese durch Experimente – etwa mit Satelliten, Teleskopen oder auf Raumstationen. Anschließend werten sie die Daten aus. Diese sorgfältige Vorgehensweise stellt sicher, dass die Ergebnisse verlässlich sind und hilft zu verstehen, wie Naturgesetze auch im Weltraum wirken.



1. Sammelt in Partnerarbeit stichwortartig Fragen, die man sich vor der Arbeit an einem Forschungsprojekt stellen sollte, um den Gegenstand der Forschung besser zu verstehen und einen klaren Forschungsplan entwickeln zu können..  
Schreibt die Fragen auf Karten, die alle an einer Pinnwand gesammelt und geordnet werden.

Warum ...

Welche ...

Was genau ...

Benötigte ...

2. Nenne für jede der genannten grundlegenden wissenschaftlichen Forschungsmethoden ein Beispiel aus der Forschung, das mit der jeweiligen Methode erforscht werden könnte.

- Die **empirische Methode** basiert auf Beobachtungen, Messungen und Experimenten in der realen Welt.
- Bei der **experimentellen Methode** werden Hypothesen unter kontrollierten Bedingungen gezielt getestet.
- Die **theoretische Methode** entwickelt Modelle, Formeln oder Theorien durch logisches Denken und vorhandenes Wissen.
- Die **historische Methode** untersucht vergangene Ereignisse durch Quellenanalyse.
- Die **deskriptive (beschreibende) Methode** betreibt Forschung, indem Phänomene genau beschrieben werden, ohne sie zu verändern.
- Bei der **analytischen Methode** werden komplexe Sachverhalte zur besseren Untersuchung in Einzelteile zerlegt.
- Die **vergleichende Methode** fußt auf dem systematischen Vergleich von Fällen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu finden.

3. Durch Künstliche Intelligenz (KI) kann Forschung im Weltraum und auf der Erde oft schneller und effizienter werden. Forschende erhoffen sich durch den Einsatz der Technik neue Möglichkeiten, die mit klassischen Methoden nur schwer erreichbar wären.

a) Wie musst du grundsätzlich bei der Nutzung eines KI-Programms vorgehen?

---



---

b) Nutze ein KI-Programm und lass es beschreiben, wie sich KI-Systeme in der wissenschaftlichen Forschung einsetzen lassen. Notiere hier den Wortlaut deiner Anfrage (eine solche Anfrage nennt man auch Prompt).

---



---



---

4. Beschreibe für die beiden folgenden Forschungsbeispiele, welche Rolle KI bei der Lösung spielen könnte.

1 „Wie kann ein Mensch erkennen, ob ein Text von einem Menschen oder von einer KI geschrieben wurde?“

---



---



---

2 „Wie lassen sich Himmelskörper oder Oberflächenstrukturen im Weltraum anhand von Raumfahrt- und Satellitenbildern korrekt bestimmen?“

---



---



---



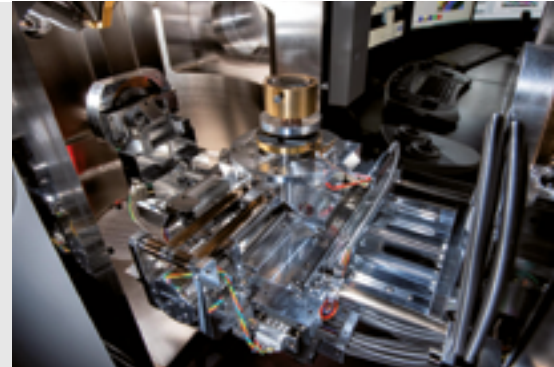
## PIONIERIN DER ASTRONOMIE

Aus Hannover stammte die erste Frau, die mit Weltraumforschung berühmt wurde – inmitten einer damals komplett von Männern dominierten Wissenschaft vor mehr als 250 Jahren. Caroline Herschel schaffte das mit unbändigem Interesse, Fleiß und einer festen Überzeugung. „Ich vermochte den Gedanken, dass ich eine Hausmagd werden sollte, nicht zu ertragen“, schrieb sie in Ihren Erinnerungen. Statt Näherin zu werden, was ihre Mutter wollte, begann sie zu forschen und wurde zur Entdeckerin von Kometen und Weltraumnebeln, zur gefeierten Autorin von Sternverzeichnissen und zum Vorbild für junge Frauen in der Wissenschaft. Der folgende Satz gilt als ihr Vermächtnis an alle Forscherinnen nach ihr: „Wenn Sie für die Wissenschaft brennen, folgen Sie Ihrem Herzen.“



## 6 Unsichtbares sichtbar machen

Viele physikalische Phänomene und Energieformen – etwa elektromagnetische Strahlung außerhalb des sichtbaren Spektrums oder Bewegungen im atomaren Maßstab – entziehen sich unseren Sinnen vollständig. Um diese nicht sichtbaren Bereiche der Natur und des Universums erfassen und verstehen zu können, benötigen wir spezialisierte Werkzeuge und Messinstrumente. Diese technischen Hilfsmittel erweitern die Reichweite unserer Wahrnehmung, machen das Unsichtbare sichtbar und ermöglichen es, die verborgenen Mechanismen der physikalischen Welt zu erforschen und nutzbar zu machen. Die Abbildung zeigt ein Rasterelektronenmikroskop.

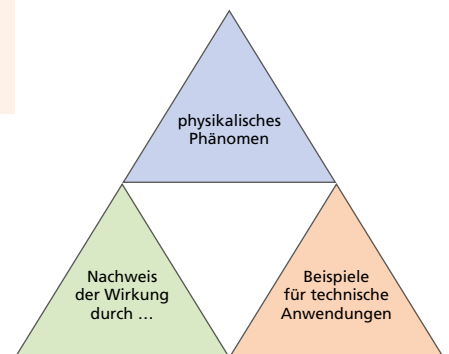


1. Für die menschlichen Sinne sind viele physikalische Phänomene und Energieformen nicht sichtbar, weil sie außerhalb unserer Wahrnehmungsfähigkeit liegen; also alles, was wir nicht sehen, hören, fühlen, riechen oder schmecken können.

»Ein physikalisches Phänomen zeigt sich durch eine bestimmte Wirkung, die mithilfe technischer Geräte gezielt genutzt werden kann und deren Existenz oder Stärke sich durch spezielle Nachweisgeräte sichtbar oder messbar machen lässt.«

Puzzle die genannten **physikalischen Phänomene (blau)** so zusammen mit den Beispielen für **technische Anwendungen (orange)** und den **Nachweismöglichkeiten (grün)**, dass jeweils ein „Wirkungsdreieck“ entsteht.

Hinter dem QR-Code findest du eine Vorlage, in welche die passenden Begriffe geschrieben werden können.



Ampèremeter, Stromzange,  
elektrische Feldsonde

Bolometer zur Messung der  
Temperaturänderung

Massenspektrometer, Teilchen-  
beschleuniger (CERN), Rastertunnel-  
mikroskop

Antenne und Radioempfänger

Gravimeter zur Messung der lokalen  
Schwerkraft/Accelerometer zur Mes-  
sung der Fallbeschleunigung

Kompass, Hall-Sensor, Induktionsspule

Thermometer, Thermistor, IR-Sensor,  
Wärmebildkamera, Thermoelement

Ultraschallsensor oder -mikrofon,  
Drucksensor, Frequenzanalysator

Geiger-Müller-Zähler, Halbleiter-  
detektor, Ionisationskammer

Radiowellen

Mikrowellen

Magnetfelder

elektrische Ströme und elektrische  
Felder

Schallwellen außerhalb des  
Hörbereichs

radioaktive Strahlung

Gravitationsfelder

mikroskopisch kleine Teilchen (Atome,  
Moleküle)

Wärmestrahlung

Nanomaterialien, Bestimmung von  
Molekülen in der Umwelt, Halb-  
leitertechnik (Dotierungen)

medizinische Diagnostik und Therapie,  
Kernkraftwerke, Radiokarbonmethode  
(Altersbestimmung)

Wärmebildkameras, Nachtsicht-  
geräte, Infrarot-Heizungen, Aus-  
härtungsprozesse, Fernbedienungen

Ultraschall und Sonografie (Medizin),  
Reinigung, Tierabwehr, Entfernungsmes-  
sung, Navigation

elektrische Geräte, Energieüber-  
tragung, elektrostatische Anwendun-  
gen (z. B. Lackieren oder Luftreiniger)

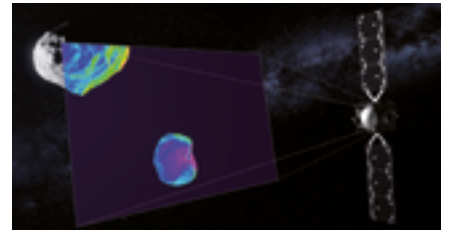
induktive Ladegeräte, Elektromagnete,  
Transformatoren, Festplatten

Mikrowellengerät, Fernbedienungen,  
Radar, Mobiltelefone

Sendestationen, Abhörsender

Navigation mit Satelliten, Umlaufbah-  
nen von Raumfahrzeugen, Erdmasse-  
verteilungen (Suche nach Rohstoffen)

2. Die im Folgenden aufgeführten physikalischen Größen werden in der Regel mit speziellen technischen Sensoren erfasst.



a) Lies die Texte hinter den QR-Codes. Trage die zu erfassende Größe in die freien Felder in der Tabelle ein. Benenne je eine Anwendung auf der Erde (E) bzw. im Weltraum (W).

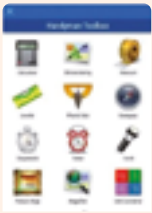
E			
W			
E			
W			

b) Welche Unterschiede gibt es zwischen den Messungen auf der Erde und denen im Universum? Erstelle einen kurzen Text und ggf. den passenden QR-Code.

3. a) Mithilfe von intelligenten Tools lassen sich die in einem Smartphone oder Tablet eingebauten Sensoren für Messzwecke nutzen. In der Regel liefern die Sensoren äußerst genaue Messungen, die für viele Anwendungen genutzt werden können. Installiere ein Programm für „digitale Werkzeuge“ aus einem App Store auf dein Smartphone/Tablet. Im Folgenden findest du einige Beispiele.

### Digitale Werkzeuge

Kostenfreie Tool-Box-App mit 40 smarten Heimwerker- und Dosierwerkzeugen.



### Smart Tools Werkzeugkasten

Ein Alleskönner mit insgesamt 15 Werkzeugen (kostenpflichtig).



### Daily Smart Tools Box

Kostenfreies Programm für mehr als 27 Tools für nützliche und praktische Anwendungen.



- b) Bildet Kleingruppen und sucht euch eines der aufgelisteten Themen aus, alternativ könnt ihr euch auch ein eigenes Thema ausdenken.

Führt die erforderlichen Messungen durch und dokumentiert eure Ergebnisse in einem Versuchsprotokoll. Dieses soll die folgenden Felder enthalten: **Namen der Teilnehmer**, **Name des digitalen Forschungsthemas**, **verwendete App**, **genutztes Werkzeug**, **Vermutung über das Ergebnis**, **Versuchsprotokoll**, **Ergebnis**.

- Bestimmt mit dem Kompass die Ausrichtung der Fenster im Klassenzimmer.
- Bestimmt in verschiedenen Lebenssituationen den Herzschlag einer Person.
- Ermittelt auf einer Strecke auf dem Schulhof die verschiedenen Geschwindigkeiten bei unterschiedlichen Fortbewegungsarten eines Menschen.
- Misst die Temperatur an verschiedenen Stellen im Schulhaus.
- Misst die Beschleunigung eines Schülers bzw. einer Schülerin beim Rennen.
- Bestimmt ohne Meterstab eine 50 m lange Strecke auf dem Schulhof.
- Misst in verschiedenen Situationen die jeweilige Lautstärke.
- Sucht mit dem Metalldetektor Stromkabel und Wasserleitungen in den Wänden des Klassenzimmers.
- Ermittelt die Aufprallkraft eines Gegenstands, wenn dieser aus verschiedenen Höhen herunterfällt.
- Ermittelt die Winkel von fünf verschiedenen Gegenständen im Klassenzimmer.



## LIEBER WISSENSCHAFT ALS ESOTERIK

Zeit, das mal klarzustellen: „Astrologie“ ist keine Wissenschaft – selbst wenn es, wie die Astronomie, auch ein „Astro“ im Namen hat. Was „Sterndeuter“ in Horoskopen als Forschung verkaufen, die unsere Zukunft voraussagen soll, dient nur dazu, gutgläubige Menschen abzuzocken. Auch ein „Sternzeichen“, das Auswirkung auf das Leben haben soll, ist Humbug. Bestes Argument: Astrologinnen und Astrologen teilen die Menschen nach dem Zeitpunkt ihrer Geburt in zwölf „Sternzeichen“ ein – je nachdem, in welchem der Sternbilder die Sonne bei der Geburt stand. Weil sich die Position der Erdachse aber langsam ändert, hat sich auch der Bezug zu den Sternen geändert und die Einteilung stimmt längst nicht mehr. Wer laut Horoskop ein „Widder“ ist, wurde im Sternbild „Fische“ geboren.

4. Egal ob Fachleute bei präzisen Messungen auf der Erde oder im Weltraum analoge oder digitale Werkzeugen und Messgeräte zur Forschung einsetzen: es sind immer die gleichen Faktoren, die die Ergebnisse verfälschen können. Benenne einige dieser Faktoren.

---

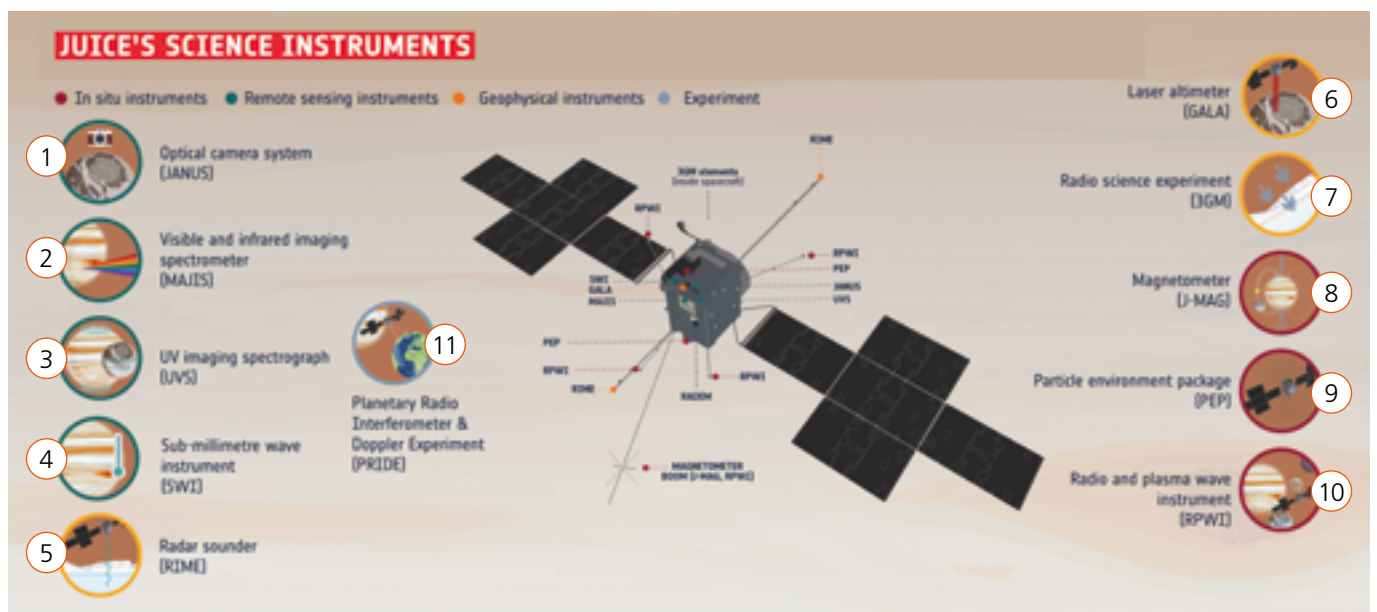


---

\* 5. Für die Erforschung des Weltalls verwenden forschende Menschen viele Messinstrumente und Detektoren. Die Abbildung zeigt die Messinstrumente auf der Raumsonde JUICE.

a) Arbeitet in Partnerarbeit und recherchiert. Übersetzt die Begriffe ins Deutsche und beschreibt, was man mit den Geräten misst.

b) Überlegt, warum diese Instrumente für die wissenschaftliche Forschung interessant sind.



1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

4 \_\_\_\_\_

5 \_\_\_\_\_

6 \_\_\_\_\_

7 \_\_\_\_\_

8 \_\_\_\_\_

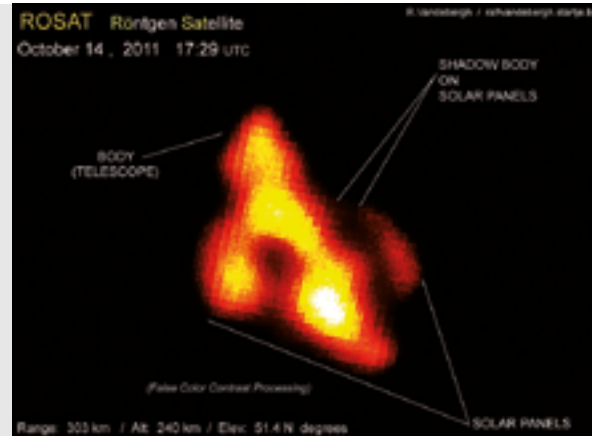
9 \_\_\_\_\_

10 \_\_\_\_\_

11 \_\_\_\_\_

# 7 Weltraummissionen und ihre Anwendung auf der Erde (1)

Weltraummissionen helfen uns, die Geheimnisse des Universums zu lüften. Ungestört von den Effekten der Erdatmosphäre können Weltraum-Teleskope bis in den hintersten und ältesten Winkel des Weltalls blicken. Ein Beispiel hierfür ist die Röntgenastronomie. Röntgenstrahlung wird von besonders heißen Objekten im Universum ausgesendet, beispielsweise heißem Gas, Sternen oder Supernova-Explosionen. Bei der Analyse wird – ähnlich wie in der Medizin – auf die besonderen Eigenschaften der Röntgenstrahlung gesetzt. Die Abbildung zeigt eine der letzten Aufnahmen des deutschen Röntgensatelliten ROSAT, kurz bevor er nach Jahren zuverlässiger Arbeit in der Atmosphäre verglühte. Heutzutage misst beispielsweise das ESA-Teleskop XMM-Newton erfolgreich die Röntgenstrahlung aus dem Universum.



1. Man kann sich Licht als einen Strom aus Teilchen (Photonen) vorstellen. Diese Photonen haben unterschiedliche Energien und die von ihnen verursachte Strahlung auch unterschiedliche Eigenschaften. Nenne je (mindestens) eine Eigenschaft/Besonderheit der Strahlungsarten.

Zunehmende Strahlungsenergie

Radiowellen	
Infrarotstrahlung	
sichtbares Licht	
UV-Strahlung	
Röntgenstrahlung	
Gammastrahlung	

2. Aus dem Weltall trifft Strahlung mit ganz unterschiedlichen Photonenenergien auf die Erde, aber nur ein kleiner Teil davon dringt durch die Atmosphäre. Diese Eigenschaft der Atmosphäre, für bestimmte Strahlungsarten undurchlässig zu sein, nennt man atmosphärische Opazität.

Zum Beispiel ist die Atmosphäre für UV-Strahlung größtenteils undurchlässig. Erkläre, inwiefern das für das Leben auf der Erde von Bedeutung ist.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

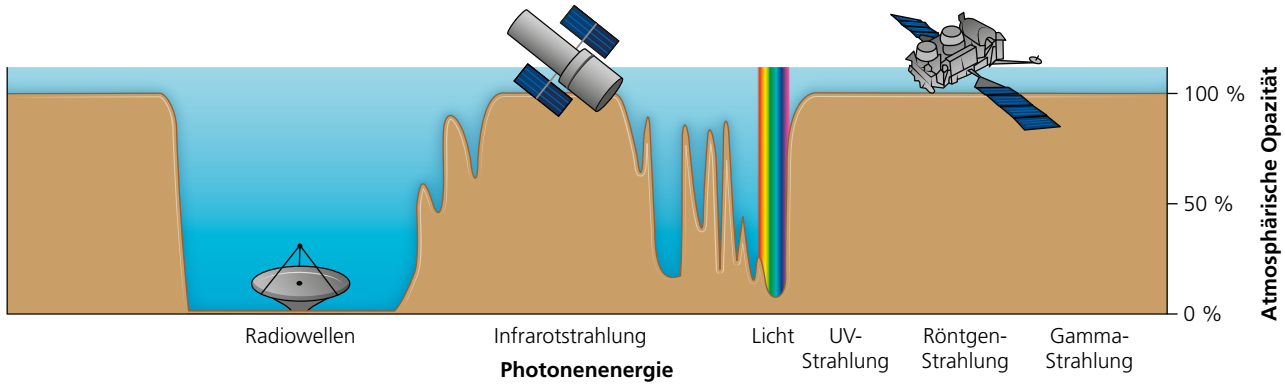
---



## VOM WAISENKIND ZUM WELTSTAR

Dass Joseph von Fraunhofer, ein deutscher Physiker aus München, eines Tages weltberühmt und für die Forschung unersetzbar werden würde, konnte keiner voraussehen. Bereits mit 11 Jahren hatte er beide Eltern verloren, mit 12 Jahren begann er eine Lehre zum Glasschleifer und mit 14 stürzte das Haus, in dem die Werkstatt war, über ihm zusammen. Für den Jungen war die Katastrophe ein Glücksfall: Er überlebte und fand durch den öffentlichen Rummel, den der Einsturz nach sich zog, Menschen, die ihn förderten. Seine geschliffenen Gläser wurden weltberühmt und seine Entdeckungen, die er damit machte, auch. Er fand die Linien im Farbspektrum der Sonne, mit der sich heute noch Art und Entfernung von Sternen und die Atmosphäre von entfernten Planeten bestimmen lassen: die Fraunhofer-Linien.

3. Die Abbildung zeigt die atmosphärische Opazität in Abhängigkeit von der Photonenergie.



a) Beschreibe und erkläre die Abbildung.

---



---



---

b) Begründe, dass die Beobachtung von Strahlung aus dem Weltall auf der Erdoberfläche nur bei ganz bestimmten Strahlungsarten möglich ist. Nenne diese Strahlungsarten. Begründe damit die Notwendigkeit von Weltraumteleskopen.

---

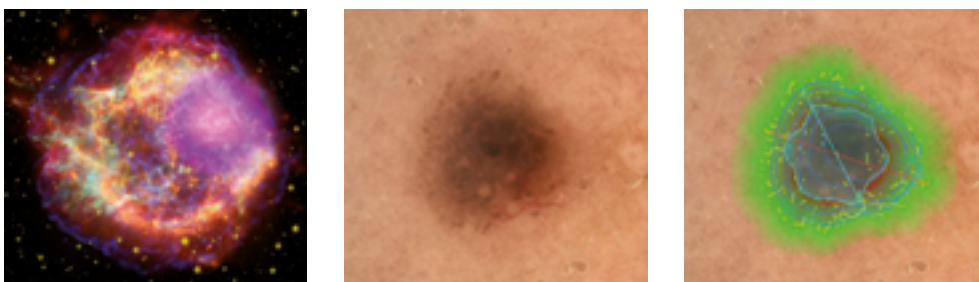


---



---

4. Von 1990 bis 1999 untersuchte der deutsche Röntgensatellit ROSAT das Weltall nach Quellen von Röntgenstrahlung. Heutzutage können verschiedene Röntgen-Weltraumteleskope Daten liefern. Es wurden und werden neue, bislang unbekannte Objekte entdeckt, Galaxienhaufen besser verstanden, Supernovae charakterisiert und vieles mehr. Möglich war dies nur durch computergestützte Bildauswertungsverfahren, wie man sie heute zur Hautkrebsfrüherkennung nutzt. Beschreibe Ähnlichkeiten und Unterschiede der Aufnahme einer Supernova (links) und eines auffälligen Muttermals (Mitte).




---



---



---



---

## 8 Weltraumorganisationen

In Europa arbeiten viele Länder gemeinsam an der Erforschung des Welt- raums – das geschieht vor allem über die 1975 gegründete Europäische Welt- raumorganisation (ESA). Sie hat inzwischen über 20 Mitgliedsstaaten, wobei Deutschland einer der größten Beitragszahler ist. Die ESA plant Missionen ins All, entwickelt Satelliten und Raketen, Raumsonden und Raumfahrttechnik für die Internationale Raumstation (ISS). Auch die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR arbeitet eng mit der ESA zusammen.



**1.** In der Raumfahrt muss alles genau geplant, gebaut, getestet, finanziert und überwacht werden – mit vielen Menschen aus unterschiedlichen Ländern und Technikbereichen, die eng zusammenarbeiten müssen. Diskutiert im Plenum und schreibt in Stichworten Themenfelder und deren Inhalte auf, die bei der Organisation eines Raum- fahrtprojektes berücksichtigt werden müssen.

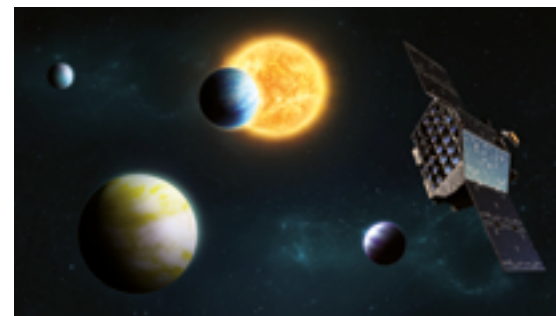
**2.** Wie plant man eigentlich eine Raumfahrtmission? Stellt euch im Plenum vor, dass eure Weltraumorganisation eine Mission plant, mit der nach anderen Planeten wie der Erde gesucht werden soll. Diese Mission soll z. B. folgende Fragen klären:

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit Leben auf einem Planeten existieren kann? Ist unsere Erde einzigartig, oder hat sich auch anderswo im Welt- all Leben entwickelt?

**a)** Erstellt mit der ganzen Klasse mithilfe eines Organisationstools (z. B. Kahoot oder miro board) Vorüberlegungen zu dieser Mission.

**b)** In Gruppenarbeit sollt ihr nun die gesammelten Teile der Mission ausarbeiten. Legt die Ergebnisse aus Aufgabe 1 zugrunde. Jede Gruppe bearbeitet einen anderen Schwerpunkt. Hinterher werden die einzelnen Ergebnisse ausgetauscht.

**c)** Scannt den QR-Code und informiert euch über die dort vorgestellte Mission, die 2027 starten soll. (Die Abbildung neben dieser Aufgabe zeigt den ESA-Satelliten PLATO.)



### KOSTSPIELIGE LANDUNG

Warum gelang vor mehr als 50 Jahren die Mondlandung? Nicht zuletzt dank enorm viel Geld. Mehr als 25 Milliarden US-Dollar hat es gekostet, Raketen zu bauen, Landefähren zu konstruieren und die Crew auf Forschungsreise zu schicken. Wegen der Inflation wären das heute mehr als 200 Milliarden Dollar. Gelohnt hat es sich trotzdem: Was für die Raumfahrt entwickelt wurde, hat später auch für Nutzen auf der Erde gesorgt. Und die Idee, auf den Mond zu fliegen, hat die Geisteshaltung einer ganzen Generation geprägt – sich selbst Ziele zu setzen, die schwierig zu erreichen sind. Der damalige US-Präsident packte das in einen berühmten Satz: „Wir fliegen nicht zum Mond, weil es leicht, sondern weil es schwer ist.“



3. Recherchiere mithilfe des Links wissenswerte Fakten über die ESA und beantworte die Fragen.

[www.space2school.de/edw/esa](http://www.space2school.de/edw/esa)

Wie viele Mitgliedsstaaten hat die ESA?

Wo befindet sich der Hauptsitz der ESA?

Welche Organisation vertritt die deutschen Raumfahrtinteressen bei der ESA?



4. a) Raumfahrt kostet viel Geld. Die ESA bekommt ca. 7,7 Milliarden Euro pro Jahr von ihren Mitgliedsstaaten. Besprecht in Partnerarbeit, wofür das Geld verwendet wird.

---



---



---

b) Die Weltraumforschungsprogramme und das allgemeine Budget werden von allen Mitgliedsstaaten gemeinsam finanziert. Bezahlen alle Staaten den gleichen Betrag?

---



---



---

c) Bearbeite die drei folgenden Fragen durch Berechnungen.

Die ESA-Mitgliedsstaaten verfügen über etwa 448 Millionen Einwohner (Stand 2024).  
Wieviel Geld wird pro Kopf für Raumfahrt ausgegeben?

Ein ESA-Projekt kostet 1 Milliarde Euro mit einer Laufzeit von 10 Jahren.  
Wie viel zahlt ein Bürger durchschnittlich pro Jahr?

Eine Rakete kostet 120 Millionen Euro und kann 10 t ins All bringen.  
Was kostet dementsprechend 1 Kilogramm Nutzlast?

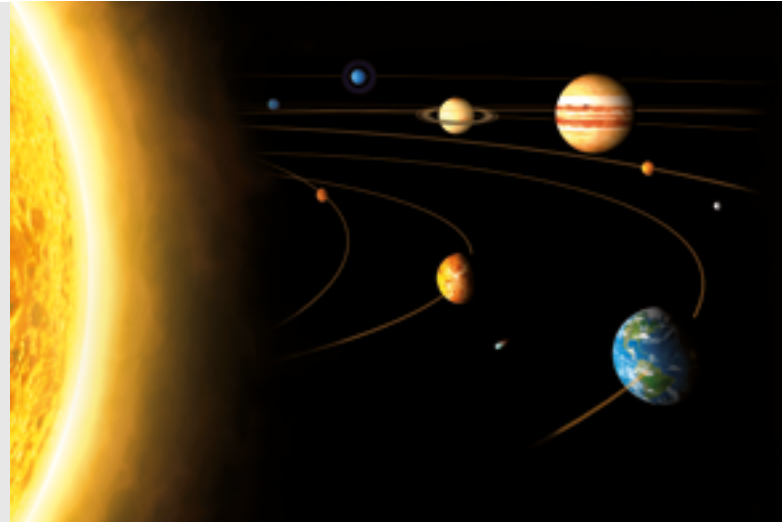
Berechnung:


Berechnung:


Berechnung:


## 9 Die Erde im Sonnensystem

**Mein Vater Erklärt Mir Jeden Sonntag Unseren Nachthimmel.** Dieser Merksatz hilft, die Namen der acht Planeten unseres Sonnensystems in die richtige Reihenfolge zu bringen. Das Wissen, das wir über unsere himmlische Nachbarschaft haben, geht zu einem großen Teil auf die direkte Erforschung mit Raumsonden zurück – also ohne Menschen an Bord (bis auf die Apollo-Missionen zum Mond). Wann erstmals Menschen auf dem Mars und damit auf einem anderen Planeten landen werden, ist offen. Pluto gilt übrigens seit 2006 nicht mehr als Planet und ist daher im obigen Merksatz nicht dabei. Als „Zwergplanet“ hat er aber dennoch seinen Platz im Sonnensystem und ist für die Forschung hochinteressant.



1. Die Tabelle enthält wichtige Parameter der Planeten des Sonnensystems.

a) Um die Größenordnungen zu veranschaulichen, soll ein maßstabsgetreues Modell dienen, in dem die Sonne den Durchmesser einer Orange (10 cm) hat. Berechne die Durchmesser und mittleren Abstände von der Sonne für alle Planeten in diesem Modell. Nutze hierfür am besten ein Tabellenkalkulationsprogramm. Trage die Ergebnisse in die Tabelle ein.

b) Vergleiche die Größen aus (a) mit Alltagsgegenständen und deinem Schulgebäude.

Himmelskörper	Durchmesser	Abstand zur Sonne	Umlaufdauer
Sonne	1.392.700 km	—	—
im Modell	10 cm	—	—
Merkur	4.880 km	58 Mio km	88 Tage
im Modell			—
Venus	12.100 km	108 Mio km	225 Tage
im Modell			—
Erde	12.756 km	150 Mio km	365 Tage
im Modell			—
Mars	6.779 km	228 Mio km	687 Tage
im Modell			—
Jupiter	139.820 km	778 Mio km	12 Jahre
im Modell			—
Saturn	116.460 km	1.433 Mio km	29 Jahre
im Modell			—
Uranus	50.724 km	2.872 Mio km	84 Jahre
im Modell			—
Neptun	49.244 km	4.495 Mio km	165 Jahre
im Modell			—





4. So gigantisch unsere Sonne uns auch erscheinen mag – im Vergleich zu anderen Sternen ist sie eher ein Durchschnittstyp. Da gibt es Blaue und Rote Riesen, Weiße und Braune Zwerge und noch viele weitere verblüffende Objekte.

a) Recherchiere die genannten Begriffe im Internet und fasse kurz zusammen.

Blauer Riese: \_\_\_\_\_

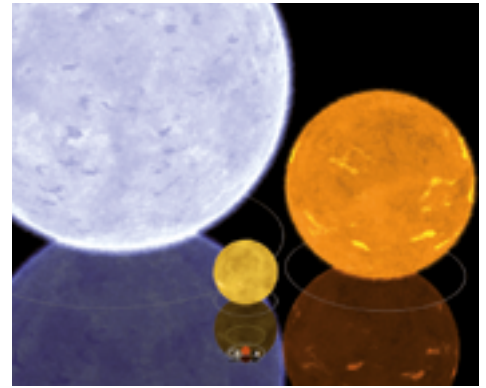
\_\_\_\_\_


Roter Riese: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Weißer Zwerg: \_\_\_\_\_

Brauner Zwerg: \_\_\_\_\_



 b) Erstelle eine Übersicht über die wichtigsten Sterntypen.

5. Im Jahr 2020 wurde die ESA-Sonde Solar Orbiter gestartet. Sie soll sich mit komplexen Swing-By-Manövern innerhalb von 10 Jahren bis auf ca. 42 Millionen Kilometer an die Sonne annähern und dabei insbesondere auch deren Pole beobachten.

a) Begründe, warum man die Pole der Sonne von der Erde aus nicht beobachten kann.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) Bei Swing-By-Manövern nutzt man während des Fluges die Anziehungskraft von Planeten, um eine Raumsonde zu beschleunigen.

Erkläre, warum der Startzeitpunkt von Solar Orbiter sehr genau berechnet werden musste.

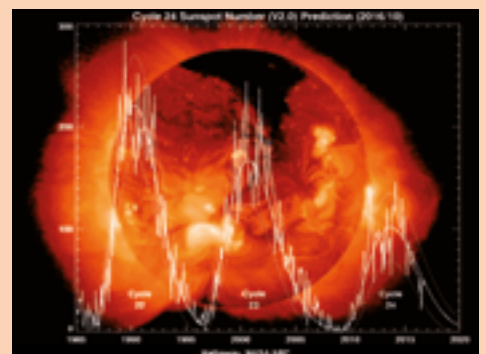
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## EIN APOTHEKER WIRD BERÜHMT

Weil die Erforschung des Weltraums eine echte Leidenschaft für ihn war, verkaufte der deutsche Apotheker Samuel Heinrich Schwabe aus Dessau vor 200 Jahren seine Apotheke, um sich ein paar Straßen weiter ein „Observatorium“ einzurichten. Von dort aus studierte er die Sonne – und wurde weltberühmt, weil er entdeckte, dass alle elf Jahre besonders viele Sonnenflecken auf der Oberfläche zu sehen sind.



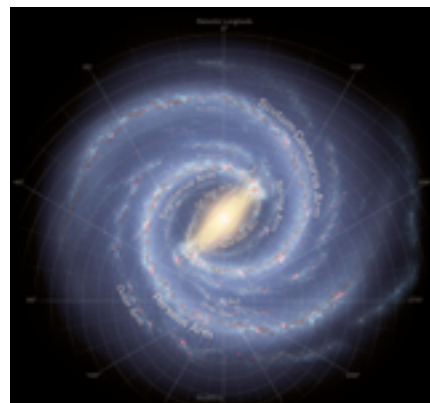
# 11 Galaxien

Warum heißt die Milchstraße eigentlich Milchstraße? Der Grund liegt in der alten griechischen Mythologie, in der das milchig weiße Band, das wir am Nachthimmel sehen können, durch Muttermilch der schlafenden Göttin Hera erklärt wird. Aus dem Altgriechischen kommt übrigens auch der zweite Name für unsere Stern Heimat: Galaxis. Darin steckt das griechische Wort gála = „Milch“ – Feinschmeckern auch bekannt von der leckeren Milch-Nachspeise Galaktoboureko.



1. Die Milchstraße wird oft in ihrer Form als Spiralgalaxie – gewissermaßen in der Draufsicht – dargestellt.

Begründe, warum wir unsere Galaxie als Ganzes nicht so von oben betrachten können. Wie könnten solche Bilder erstellt worden sein?




---



---



---



---

2. Die Milchstraße ist – wie andere Galaxien auch – gigantisch groß. So groß, dass man eine eigene Längeneinheit erfinden musste, um diese Dimensionen sinnvoll angeben zu können, das Lichtjahr (Lj). Das ist die Strecke, die das Licht mit seiner enormen Geschwindigkeit von  $c = 300.000 \text{ km/s}$  in einem Jahr zurücklegt. Berechne ein Lichtjahr in Kilometern.

---



---

3. Die Abbildung zeigt die Milchstraße schematisch. Sie hat einen Durchmesser von ca. 120.000 Lichtjahren. Schätze auf Basis der Abbildung die anderen Entfernungen in Lj und trage sie in die Abbildung ein.

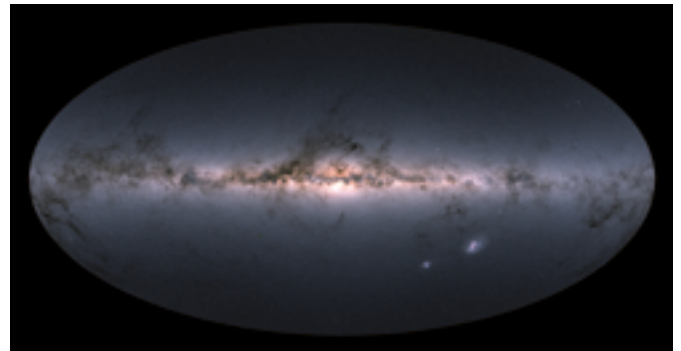
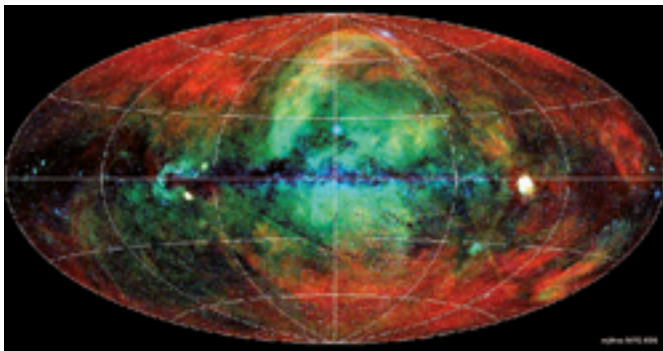
Halo:

Dicke der „Bulge“:

Abstand Sonne-Zentrum:

Höhe am Rand:

4. Viele Details der Milchstraße entnehmen Astronominen und Astronomen den Aufnahmen, die nicht im sichtbaren Licht, sondern in anderen Strahlungsbereichen aufgenommen wurden. Mit dem Röntgensatellit Rosat des DLR wurde der gesamte Himmel nach Röntgenquellen abgesucht (Abbildung links).  
 Vergleiche die Aufnahme mit der des Satelliten Gaia (sichtbares Licht, Abbildung rechts).



5. Die Milchstraße bildet mit der Andromedagalaxie, dem Dreiecksnebel und einigen anderen kleineren Galaxien die lokale Gruppe. Dabei ist die Andromedagalaxie mit 2,5 Millionen Lichtjahren Entfernung die uns nächste Spiralgalaxie und das entfernteste Objekt, das man mit bloßem Auge am Nachthimmel sehen kann.

Diskutiert, was dafür oder evtl. dagegen spricht, so weit entfernte Objekte überhaupt zu beobachten.



Pro

Kontra



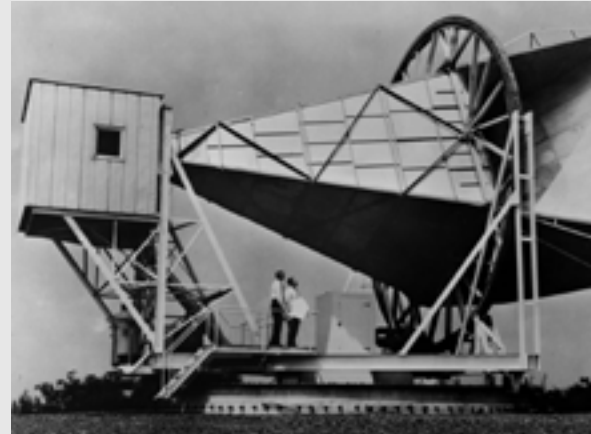
### GANZ ALTES LICHT



Vor einigen Jahren hat das Weltraumteleskop Hubble den bis dahin tiefsten Blick ins Universum geworfen. Das Foto, das einen winzigen Ausschnitt des Nachthimmels zeigt, trägt den Namen „Hubble extrem deep field“ und blickt fast unfassbar weit ins Universum: Das Licht der mehr als 5000 Galaxien auf dem Foto war länger als 13 Milliarden Jahre lang unterwegs, bevor es aufgenommen wurde. Es war so schwach, dass die Kameras es mehr als 23 Tage lang sammeln mussten, um das Bild aufnehmen zu können. Weil das Universum selbst nur 13,7 Milliarden Jahre alt ist, zeigt es Sternsysteme also in ihrer „Kinderzeit“ ganz zu Beginn. Inzwischen können wir dank dem James Webb Space Telescope (JWST) noch älteres Licht beobachten.

## 12 Eine Entstehungsgeschichte von allem

„Die meisten Leute bekommen den Nobelpreis für Dinge, nach denen sie gesucht haben. Wir haben ihn für etwas bekommen, das wir loswerden wollten.“ So äußerte sich Arno Penzias, der gemeinsam mit Robert Woodrow Wilson die kosmische Hintergrundstrahlung entdeckte, über den dafür im Jahr 1978 erhaltenen Physiknobelpreis. Eigentlich wollten sie eine neue, sehr empfindliche Satellitenantenne in Betrieb nehmen und stießen dabei auf ein störendes Signal, das aus allen Himmelsrichtungen kam. Ein Jahr lang versuchten sie vergeblich dieses Rauschen loszuwerden. Erst der Austausch mit anderen Physikerinnen und Physikern brachte sie dazu, in der vermeintlichen Störung die bereits theoretisch vorhergesagte kosmische Hintergrundstrahlung und damit einen der wichtigsten Hinweise auf die Urknalltheorie der Entstehung des Universums zu erkennen.



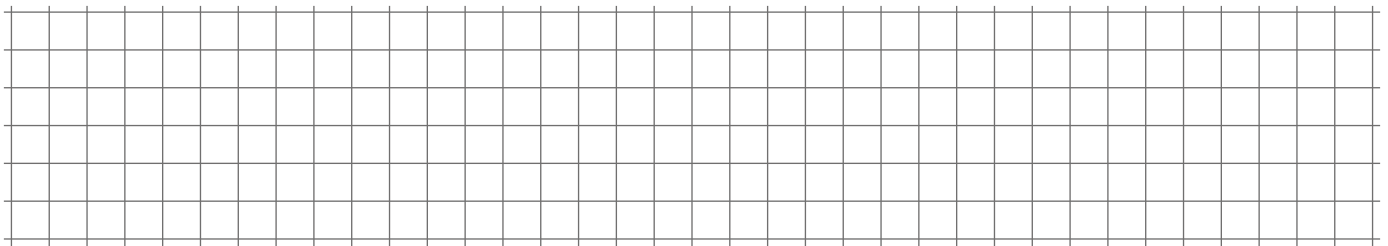
- 1.** Unser Universum dehnt sich aus. Ein anschauliches Modell hierfür ist ein Luftballon, auf den man „Galaxien“ malt. Blase einen Luftballon ein wenig auf und zeichne mit einem Filzstift „Galaxien“ auf den Ballon. Beschreibe, wie sich dein Modelluniversum beim weiteren Aufblasen des Luftballons verhält.



- 2.** Die Expansion des Universums konnte Edwin Hubble 1929 durch Messungen belegen. Er fand einen verblüffend einfachen Zusammenhang: je größer die Entfernung  $D$  einer Galaxie ist, desto schneller entfernt sie sich von uns:

$$v_{\text{Flucht}} \approx H_0 \cdot D. \text{ Dabei ist } H_0 \approx 70 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}} \approx 0,021 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ pro Lichtjahr die Hubble-Konstante.}$$

- a)** Die Galaxie NGC 1357 ist ca. 90 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Berechne ihre Fluchtgeschwindigkeit.  
**b)** Die Galaxie NGC 2775 entfernt sich von uns mit über 1000 km/s. Wie weit ist die Galaxie von uns entfernt?



- 3.** „Ein Blick in die Weiten des Alls ist zugleich ein Blick in die Vergangenheit.“ Erläutere diesen Satz am Beispiel der Galaxie NGC 1357 aus Aufgabe 2.

---



---



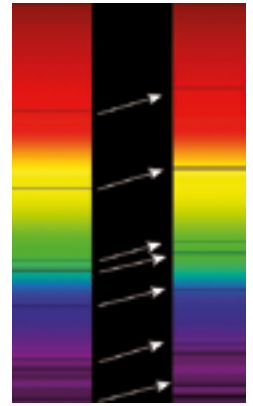
---



---



7. Das Licht, das von fernen Galaxien kommt, ist nicht so, wie man es erwarten würde. Die Farben sind in gewissem Sinne verschoben – man spricht hier von einer Rotverschiebung. Erkläre die Rotverschiebung des Lichts unter der Annahme, dass sich Licht ähnlich wie Schall wellenförmig ausbreitet.




---



---



---



---

8. Edwin Hubble (Abb.) stellte fest, dass sich fast alle Galaxien von uns entfernen. Zur Erklärung könnte man zwei Ansätze verfolgen. Finde für beide Erklärungsansätze Argumente und diskutiere sie in Zweiertteams.



A

Es könnte sein, dass wir uns exakt im Zentrum des Universums befinden.

B

Die Galaxienflucht ist eine Konsequenz daraus, dass sich das gesamte Universum ausdehnt.

---



---



---



---



---



---



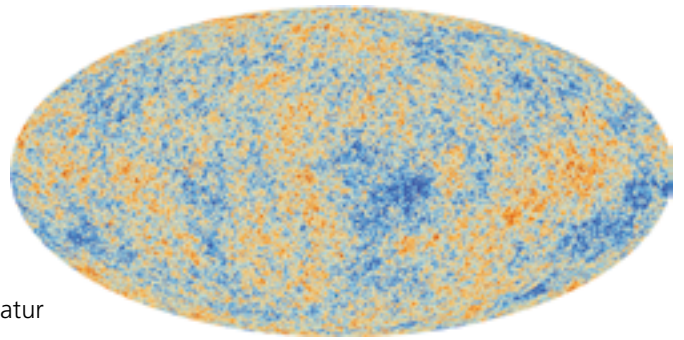
---



## DER URKNALL PASST ALLEN GANZ GUT

Für die meisten Religionen passt der Urknall gut ins Bild ihrer jeweiligen Schöpfungsgeschichten – schließlich kann ein großer „Knall“ als Beweis für Allmacht verstanden werden, die viele Religionen ihrem „Schöpfer“ zuschreiben – egal ob er Gott oder Allah heißt. Der Papst hat den Urknall als Ursprung der Welt offiziell anerkannt. Spannend ist es für den Hinduismus, der die Geschichte als ewigen Kreislauf beschreibt. Für den Beginn eines Zyklus glauben die Hindus an einen großen „Klang“: Aus einem lauten „Aummmm“ sei die Welt entstanden. Das ist ja nicht so weit weg vom großen Knall. Und ob und wie es nach dem Ende des Universums weitergeht – das weiß heute noch niemand.

9. Man geht davon aus, dass das Universum in den ersten ca. 380.000 Jahren nach seiner Entstehung ein extrem heißes und energiegeladenes Gemisch aus Materie und Strahlung war. Dieses Plasma war ähnlich wie eine Wolke für Strahlung undurchsichtig. Erst mit fortschreitender Abkühlung konnte Licht das Universum durchdringen. Wir messen dieses erste Licht im Universum noch heute als kosmische Hintergrundstrahlung.



a) Die kosmische Hintergrundstrahlung entspricht einer Temperatur von 2,725 K. Berechne die Temperatur in Grad Celsius.

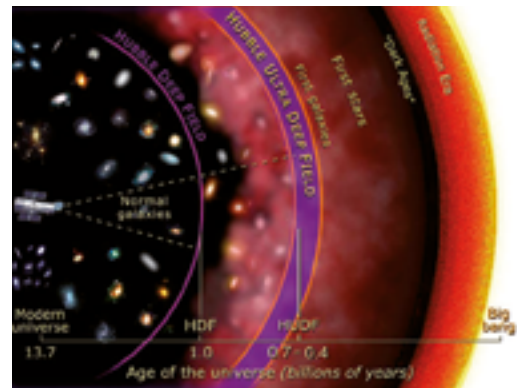
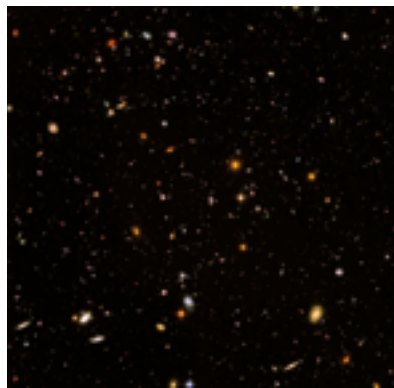
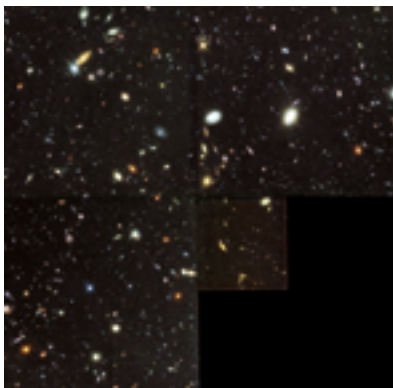
b) Tatsächlich geht man davon aus, dass das Universum, als es durchsichtig wurde, noch eine Durchschnittstemperatur von etwa 3000 K hatte.

Recherchiere und nenne Beispiele für solch hohe Temperaturen.

c) Wegen der Rotverschiebung durch die Expansion des Universums messen wir die Hintergrundstrahlung nur bei etwas weniger als einem Tausendstel ihres eigentlichen Wertes.

Wie würde der Himmel aussehen, wenn wir die Strahlung so sehen könnten, wie sie ursprünglich war?

10. Die Aufnahmen Hubble Deep Field (links) und Hubble Ultra Deep Field (mitte und rechts schematisch) des Hubble Space Telescope erlauben uns einen Blick an den Rand des sichtbaren Universums in einer Entfernung von mehr als 45 Milliarden Lichtjahren.



a) Woran kann man die entferntesten Galaxien in den Aufnahmen erkennen?

b) Begründe, warum ein noch weiterer Blick in die Tiefen des Alls an Grenzen stößt.

## 13 Supernova – der Tod eines Sterns

Supernovae (das ist der Plural) gehören zu den größten Explosionen im Universum. Von der Erde aus betrachtet leuchtet dann ein einzelner Stern heller als eine ganze Galaxie oder so hell wie der Vollmond. Bei dieser Explosion entstehen viele Elemente und die Überreste sind sowohl optisch als auch physikalisch spektakulär. Ein solches Ereignis findet nur selten statt. Die letzte auf der Erde mit bloßem Auge beobachtete Supernova in der Milchstraße ereignete sich 1604 – die sogenannte Kepler-Supernova. Übrigens: Leben auf der Erde wäre wohl ohne eine Supernova nicht entstanden.



1. Bei der „Geburt“ eines Sterns lässt sich bereits ziemlich genau sagen, wie der Stern einmal „sterben“ wird, denn dies hängt von seiner Masse ab.

a) Recherchiere und ergänze die Tabelle entsprechend.

Masse des Sterns	weniger als 0,8 Sonnenmassen	zwischen 0,8 und 8 Sonnenmassen	mehr als 8 Sonnenmassen
Lebensdauer			
Ende			
Überreste			

b) Der Stern Beteigeuze ist ein heller Stern im Sternbild Orion – und ein Kandidat für eine Supernova.

Zeichne das Sternbild Orion in die nebenstehende Skizze (Falschfarbendarstellung) und markiere dort den Stern Beteigeuze.

**Tipp:** Benutze ggf. die kostenlose Software „Stellarium“.

c) Beteigeuze ist bereits ein sogenannter roter Überriese – ein Stern, der sich schon aufgebläht hat und in „absehbarer“ Zeit enden wird. Recherchiere (z. B. unter [www.space2school.de/edw/sofia](http://www.space2school.de/edw/sofia)) und beschreibe, was aus Beteigeuze werden wird.

---



---



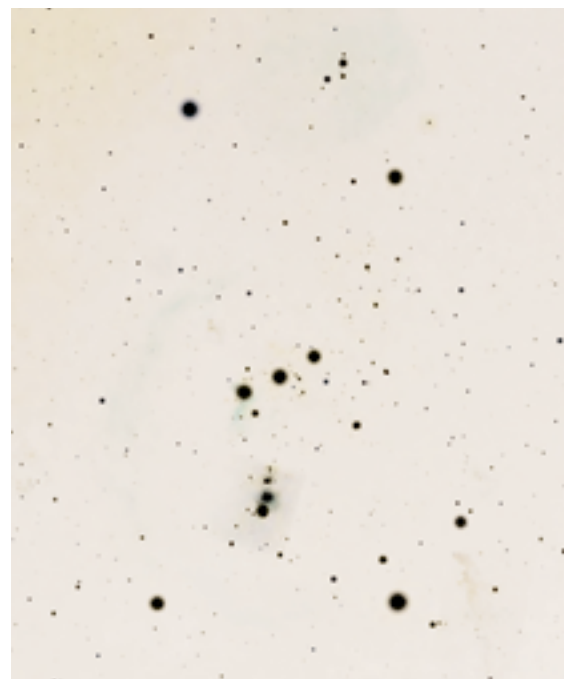
---



---



---



2. Im Inneren eines Sterns entstehen durch die normale Kernfusion nur Elemente bis zur Ordnungszahl 26 (Eisen). Schwerere Elemente können nur im Rahmen einer Supernova gebildet werden.

a) Begründe die Richtigkeit der obigen Aussage.

---



---



---

b) Erläutere die logische Konsequenz, die sich somit für die Erde und ihre Entstehung ergibt.

---



---



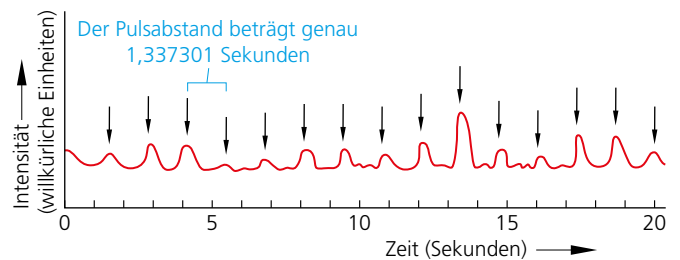
---

3. Ein massereicher Stern hinterlässt nach einer Supernova bestimmte „Überreste“. Bearbeitet die folgenden Aufgaben in Gruppen.

a) Am häufigsten bleibt ein Neutronenstern übrig, der in vielerlei Hinsicht extreme Eigenschaften besitzt. Recherchiert und nennt drei Eigenschaften eines Neutronensterns.

b) Bei einigen Neutronensternen lässt sich von der Erde aus das in der Grafik dargestellte Verhalten messen. Formuliert eine Antwort auf die Fragestellung, wie es zu dieser Messung kommt und wie dieses Phänomen genannt wird.

**Tipp:** Benutzt die Begriffe Rotation, Magnetfeld, Drehachse, pulsierende Strahlung.



c) Ein möglicher Überrest eines explodierten Sterns ist ein Schwarzes Loch, das nur bei einer Supernova von sehr massereichen Sternen entstehen kann. Informiert euch über Schwarze Löcher und erstellt eine Powerpoint-Präsentation, die in Grundzügen ein Schwarzes Loch erklärt. Stellt euch eure Gruppenergebnisse gegenseitig vor.

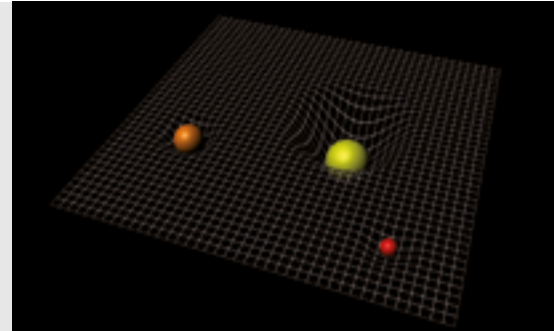


## VOM WEIHNACHTSSTERN

Seit Christi Geburt wird gerätselt: Was war wohl der Weihnachtsstern, den so viele jedes Jahr zeichnen und der ein Symbol für das Weihnachtsfest geworden ist? Unterschiedliche Möglichkeiten wurden erwogen: Ein Komet? Eine Supernova? Neuere Rechnungen zeigen: Es gab vermutlich keines der beiden kosmischen Ereignisse in jener Zeit. Wahrscheinlicher ist ein Schauspiel, das man „dreifache Konjunktion“ nennt und das sehr selten ist. Kurz vor Beginn unserer Zeitrechnung kamen sich Saturn und Jupiter am Nachthimmel gleich dreimal hintereinander sehr nah – es wird vermutet, dass daraus später in Berichten der „Weihnachtsstern“ entstand.

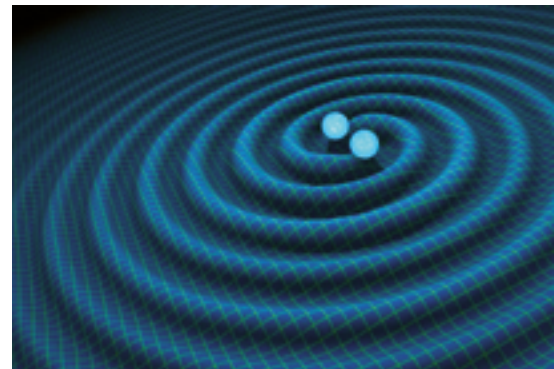
# 14 Gravitationswellen

Stelle dir vor, im Wasser schwimmt eine Holzkugel. Die Kugel wird etwas ins Wasser einsinken und dort gewissermaßen eine Delle hinterlassen. Etwas Ähnliches machen massereiche Objekte wie Sterne und Planeten mit der Raumzeit: sie krümmen sie. Die nebenstehende künstlerische Abbildung veranschaulicht das Prinzip, mit einer Einschränkung: Die Raumzeit ist nicht zweidimensional, also flach wie die Wasseroberfläche, sondern sogar vierdimensional (also ein Raum mit drei Dimensionen plus die Zeit). Das macht es so schwer, sich den Vorgang vorzustellen.



**1.** Wenn zwei sehr massereiche Objekte wie beispielsweise zwei Schwarze Löcher umeinanderkreisen, senden sie durch die veränderliche Krümmung der Raumzeit Gravitationswellen aus.

Begründe dies anschaulich mit dem Vergleich der Kugel im Wasser (oben in der Einleitung).



**2.** Gravitationswellen sind an sich keine seltenen Phänomene; sie entstehen immer, wenn Materie im Raum asymmetrisch beschleunigt wird. Sie sind jedoch äußerst schwach, sodass man sie bislang nur mit größtem Aufwand nachweisen kann, wenn sie durch extrem massereiche Objekte verursacht wurden.

Recherchiere und nenne Beispiele für astronomische Objekte und Ereignisse, bei denen man den Nachweis von Gravitationswellen erwarten kann.

**3.** Dass die Gravitation großer Massen die Raumzeit krümmt, kann man gut an Aufnahmen erkennen, bei denen sich eine Galaxie hinter einer zweiten versteckt und also eigentlich nicht sichtbar ist. Die Masse der vorderen Galaxie krümmt die Raumzeit so sehr, dass das Licht der hinteren uns dennoch erreicht, weil es sich um die vordere herum bewegt – es entsteht ein Einsteinring.

Recherchiere den Begriff und erkläre die Entstehung mithilfe einer Skizze anschaulich.





## 15 Weltraummissionen und ihre Anwendungen (2)

Die Tiefen des Alls verstecken sich zum Teil hartnäckig vor neugierigen Beobachtern. Denn neben leuchtender Materie in Sternen befindet sich auch viel Gas und Staub in den Weiten des Alls und behindert zuweilen die Sicht. Außerdem wird das Licht sehr weit entfernter Galaxien wegen der Ausdehnung des Universums stark ins Rote oder gar Infrarote verschoben und damit für Sensoren, die im sichtbaren Licht arbeiten, unsichtbar. Ein weiteres spannendes Thema ist die Untersuchung von Exoplaneten und deren Eignung für Leben. In all diesen Feldern liefert das Weihnachten 2021 gestartete James Webb Space Teleskop (JWST) Daten in bisher unerreichter Präzision.

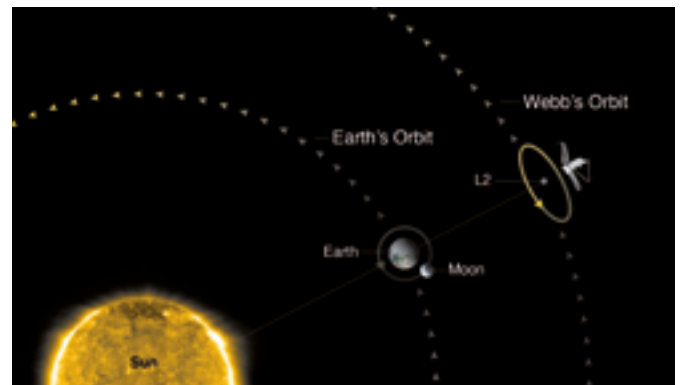


**1.** Die nebenstehende Abbildung des Sternentstehungsgebiets „Säulen der Schöpfung“ zeigt Details einer Nahinfrarotaufnahme des JWST von 2022 (rechts) und einer Hubble-Aufnahme im sichtbaren Licht (links; veröffentlicht 2014).

Vergleiche beide Aufnahmen und beschreibe Vorteile der neueren Aufnahme.



**2.** Das JWST kreist in einem speziellen, instabilen, sogenannten Halo-Orbit im System Erde-Sonne, etwa 1,5 Millionen km über der Nachtseite der Erde. Diskutiert in Partnerarbeit Vor- und Nachteile eines solchen Orbits und notiert mindestens je drei Ergebnisse.



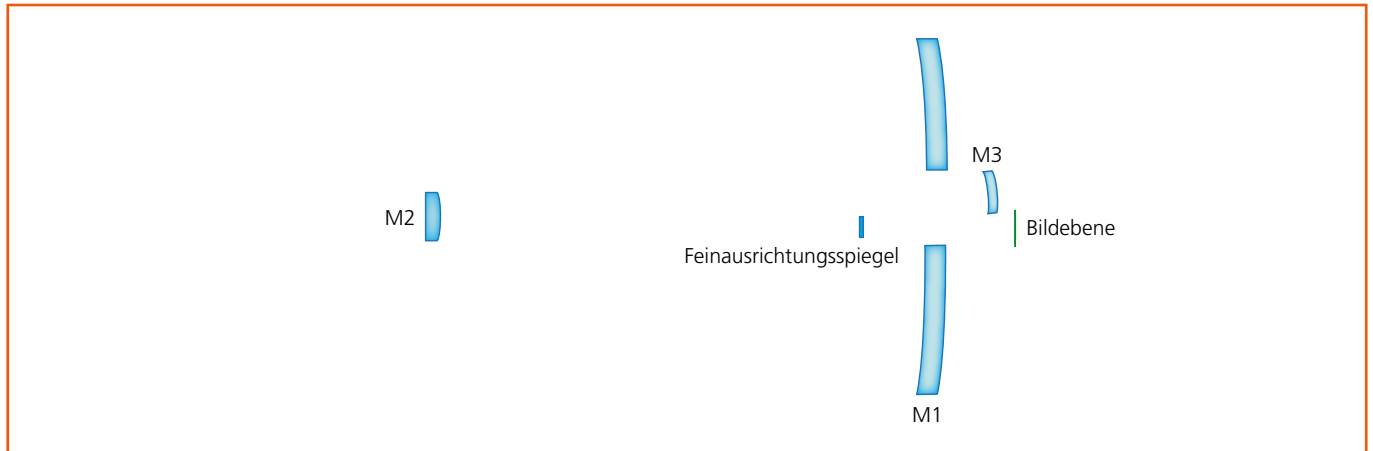
**Vorteile:**

**Nachteile:**

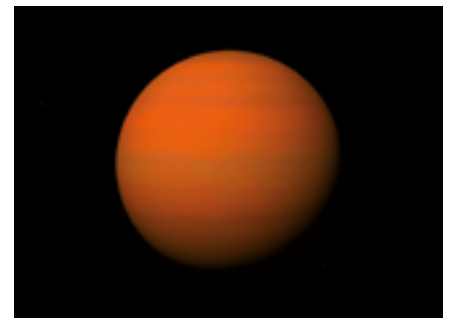
3. Eine komplexe und ausgeklügelte Optik, basierend auf vier äußerst exakt gefertigten Spiegeln, ermöglicht die hohe Auflösung der JWST-Aufnahmen.

Ordne die folgenden Bezeichnungen der Abbildung zu und zeichne den Strahlengang des (Infrarot-) Lichts ein.

Primärspiegel (Durchmesser 6,5 Meter!) – frei beweglicher Sekundärspiegel – starrer Tertiärspiegel – schwingungsgedämpfter Feinausrichtungsspiegel



4. Mit den empfindlichen Instrumenten des JWST ist es gelungen, auf dem 2014 entdeckten Exoplaneten WASP-96b Wasser nachzuweisen. JWST lieferte Hinweise auf Dunst und Beweise für Wolken in der Atmosphäre. Der Gasplanet ist etwas größer als Jupiter, hat aber nur etwa die halbe Masse. Er umkreist einen sonnenähnlichen Stern und kommt diesem dabei über 20-mal näher als die Erde der Sonne. Das führt zu hohen Temperaturen in der Atmosphäre des Exoplaneten von über 1000°C!



a) Begründe, dass diese Entdeckung ein wichtiger Schritt auf der Suche nach möglichem außerirdischem Leben ist.

---



---



---

b) In der Abbildung ist eine sehr hypothetische Darstellung des Exoplaneten im Vergleich zur Erde zu sehen. Beschreibe die dargestellten Besonderheiten.



### REKORDHALTER: VOYAGER 1

Sie fliegt und fliegt und fliegt – die Raumsonde Voyager 1 hält den Entfernungsrekord für Forschungssonden. Neptun und die anderen Brocken jenseits des letzten Planeten hat sie längst hinter sich gelassen und rast mit mehr als 60000 km/h weiter durch den leeren Raum zwischen den Sternensystemen. Trotz fast leerer Akkus sendet sie weiterhin Daten zur Erde und vermisst Strahlung und Magnetfeld. Wegen der großen Entfernung brauchen die Signale, obwohl sie sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, aber mehr als 22 Stunden, um zur Erde zu kommen.



## 16 Asteroiden und Meteoriten

Die Erde und die anderen Planeten des Sonnensystems haben sich seit ihrer Entstehung drastisch gewandelt. Im Gegensatz dazu veränderten die übrigen vielen kleinen Himmelskörper ihre Form und Zusammensetzung kaum. Deswegen sind Asteroiden und Meteoriten wichtig für das Verständnis der Entstehung unseres Sonnensystems. Andererseits stellen sie bei Kollisionen eine große Gefahr für die Erde dar.



**1.** Zu den Himmelskörpern unseres Sonnensystems zählen nicht nur Planeten mit ihren Monden und die Sonne. Recherchiere fünf weitere natürliche Objekte und stelle sie vergleichend in der Tabelle dar.

Objekt	Größe und Zusammensetzung	Flugbahn und/oder Besonderheit

**2.** Asteroiden sind in den meisten Fällen keine kompakten Gesteinsbrocken, sondern Ansammlungen von „losen Schutthaufen“, die nur durch die Gravitation zusammengehalten werden. Begründe, dass solche instabilen Körper bei einer Kollision mit der Erde weit weniger gefährlich wären als kompakte Felsbrocken.

---



---



---



---



**5.** Fast alle Asteroiden haben eine stabile Umlaufbahn um die Sonne. Jedoch kann es vorkommen, dass sie aus ihrer Bahn geworfen werden und sich dann aufgrund der Gravitation in Richtung Inneres des Sonnensystems bewegen – auf diesem Weg könnten sie die Erde treffen.

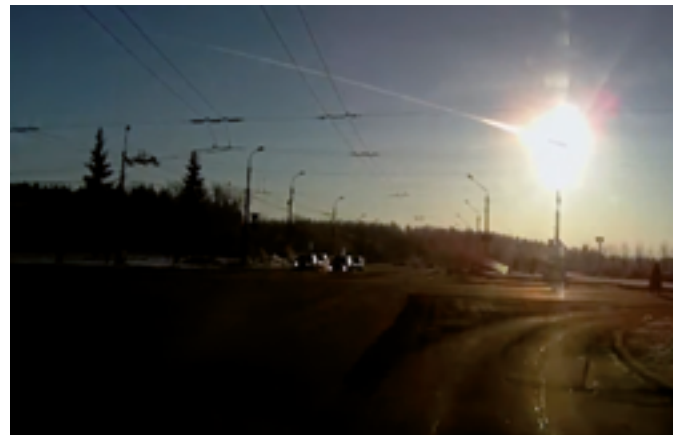
**a)** Einschläge von Asteroiden bzw. Meteoroiden auf der Erde können verheerende Folgen haben. Wie könnte ein Einschlag verhindert werden? – Es gibt hauptsächlich zwei Möglichkeiten. Überlege und beschreibe diese beiden Möglichkeiten mit evtl. Vor- und Nachteilen.

**Möglichkeit 1,  
einen Meteoriteneinschlag zu verhindern:**

**Möglichkeit 2,  
einen Meteoriteneinschlag zu verhindern:**

**b)** Meteoriten sind alltägliche Objekte. Einschläge gab es schon immer und wird es auch weiterhin geben. Die Abbildung zeigt beispielsweise einen Meteoriten über Tscheljabinsk in Russland im Jahr 2013. Der letzte große Einschlag eines Meteoritenteils ereignete sich am 8. März 2026 in Koblenz (Rheinland-Pfalz). Informiert euch in Partnerarbeit über die Größe der Meteoriten und die Auswirkungen der Einschläge in Rheinland-Pfalz und in Russland im Februar 2013.

**c)** Wie wahrscheinlich ist es, von einem Meteoriten getroffen zu werden? Schätze die Wahrscheinlichkeiten folgender Ereignisse ab: Meteoriteneinschlag auf der Erde – vom Blitz getroffen werden – Jackpot in Lotto „6 aus 49“ knacken. Vergleicht eure Ergebnisse im Plenum.



## 4,5 MILLIONEN EURO FÜR EINEN STEIN

Schwer vorstellbar, aber wahr: Jeden Tag landen mehrere Tausend Tonnen Weltall-Gestein und -Staub auf der Erde. Das meiste verglüht und verdampft in der Atmosphäre, aber immer wieder gelangen die Steine auch auf die Erdoberfläche. Für sie ist ein richtiger Markt entstanden: Im Internet und in Planetarien kann man die meist ganz dunklen Brocken kaufen, mit einem Zertifikat über Fundort und Zusammensetzung. Die größten Fundstücke schaffen es sogar bis in die Auktionshäuser! Für 4,5 Millionen Euro wurde der bisher teuerste Meteorit im Jahr 2025 in London versteigert. Er wurde in der Sahara gefunden und stammt vom Mars, wo er vermutlich vor Millionen von Jahren von einem Vulkan ins All geschleudert wurde.



2. Im Laufe der Zeit wurden mehrere Nachrichten ins All geschickt, um ein Zeichen der Menschheit zu setzen. Hinter folgenden QR-Codes findest du Beispiele. Decodiere die Inhalte und stelle sie tabellarisch dar (**Botschaft – Jahr – gesendet mittels – Ziel/Besonderheit – Inhalt**).



3. Das Senden von Nachrichten ins All – sogenannte „aktive SETI“ (Search for Extraterrestrial Intelligence) – wirft jedoch auch tiefgreifende ethische Fragen auf. Diskutiert und beschreib in Partnerarbeit stichwortartig, welche kritischen Aspekte hinter den folgenden Punkten liegen könnten.

Wer spricht für die Menschheit?

Ist es klug, auf sich aufmerksam zu machen?

Was sagen wir – und warum?

4. Bis heute hat die Menschheit keine bestätigten künstlichen Signale aus dem All empfangen, die eindeutig auf außerirdische Intelligenz hinweisen. Es gab jedoch einige auffällige oder rätselhafte Signale, die für Aufsehen sorgten. Recherchiere, was es mit den drei folgenden Signalen auf sich hat, die bisher noch nicht klar zugeordnet werden konnten.

1977:

„Wow!“-Signal

seit 2007:

FRBs – schnelle Radioblitze

2020:

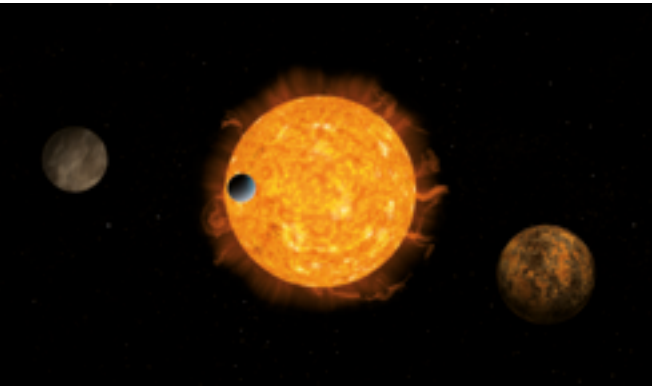
BLC1-Signal



## ERFOLGREICHE AUSSERIRDISCHE

Obwohl sie noch keiner je gesehen hat, haben Außerirdische auf der Erde schon Filmgeschichte geschrieben und zahlreiche Oscars gewonnen. Ob „Star Wars“ oder „The Dune“ – wie das Leben in fremden Welten und das Miteinander mit anderen Wesen ablaufen könnten, inspiriert Drehbuchautorinnen und -autoren immer wieder neu. Als einflussreichster Film mit Außerirdischen gilt heute noch „Alien“, in dem die Begegnung mit Wesen aus fernen Welten zum ersten Mal einen Horror-Kick bekam. Der finanziell erfolgreichste Film über Außerirdische ist bislang „Avatar“ – er spielte an den Kinokassen knapp 2,5 Milliarden Euro ein.

# 18 Extrasolare Planeten

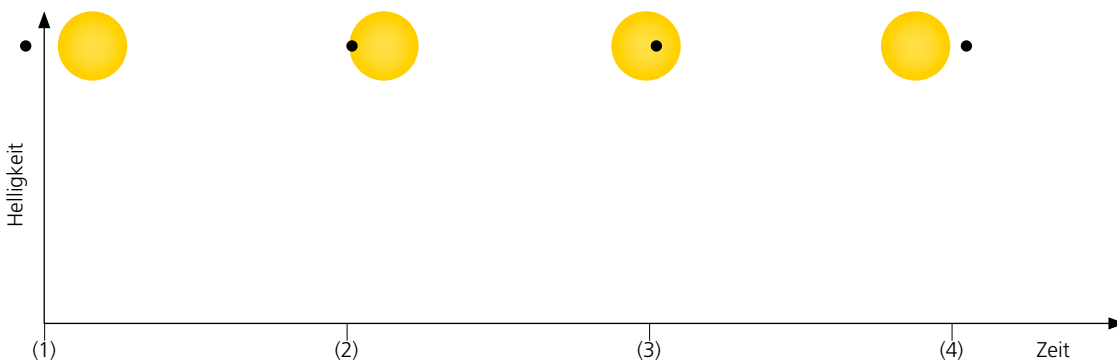


Gegenwärtig sind wir uns sicher, dass innerhalb unseres Sonnensystems nur auf der Erde intelligentes Leben existiert. Aber wie sieht es in den vielen Billionen anderer Systeme aus? 1995 wurde der erste sogenannte Exoplanet entdeckt. Seitdem sind viele tausend dazu gekommen. Noch wurde kein Exoplanet gefunden, auf dem gesichert Leben existiert. Aber mit etlichen aktuellen Missionen wird weiter gesucht.

**1.** Exoplaneten leuchten nicht selbst, sondern reflektieren das Licht ihres nahen Sterns. Deswegen leuchten sie so schwach, dass man sie kaum sehen kann. Um Exoplaneten zu finden, muss man indirekte Nachweismethoden verwenden.

Die meisten Exoplaneten wurden mit der Transitmethode aufgespürt. Dabei beobachtet man mit einem Teleskop das Licht eines entfernten Sterns und hofft, dass sich zwischen ihm und das Teleskop ein Exoplanet schiebt (wie bei einer Sonnenfinsternis der Mond zwischen Sonne und Erde).

**a)** Ergänze das Diagramm um die vermutlichen Messwerte 1 bis 4 des Teleskops.



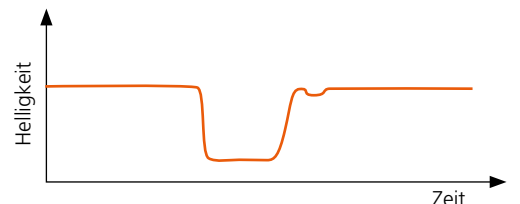
**b)** Welche Schlussfolgerungen ergeben sich, wenn die Messkurve besonders tief bzw. flach verläuft oder wenn die Ausschläge besonders kurz bzw. lang andauern?

---



---

**c)** Die Grafik zeigt den Verlauf der Messkurve eines besonderen Planeten: Kepler-1625b. Dieser Verlauf ergab sich nicht bei jedem Transit, aber bei einigen. Beschreibe, welche Erkenntnis man aus diesem Verlauf erhalten kann, insbesondere im Hinblick auf die zweite, sehr kleine und kurze Verdunklung.  **Tipp:** Betrachte das Video: [www.space2school.de/edw/hubble-exomoon](http://www.space2school.de/edw/hubble-exomoon).




---



---

**\* d)** Weitere indirekte Nachweismethoden sind die Radialgeschwindigkeitsmethode und die Microlensing-Methode. Erarbeitet in Gruppenarbeit eine kurze Präsentation zu einer der Methoden und stellt sie der jeweils anderen Gruppe vor.

**2.** Die Suche nach einer „zweiten Erde“ beinhaltet auch die Sehnsucht nach der Beantwortung der Frage, ob die Menschheit allein im Universum ist.

**a)** Erarbeitet in Partnerarbeit einen Kriterienkatalog: Welche Bedingungen muss ein Exoplanet erfüllen, damit man dort außerirdisches Leben vermutet?

Geht dabei von unserer Erde aus und vergleicht sie mit den anderen Planeten unseres Sonnensystems, auf denen sich kein Leben entwickelt hat.

**b)** Manche Kriterien lassen sich selbst aus weiter Entfernung bestimmen, z. B. die Masse und die Entfernung zum Zentralgestirn.

Bestimmt und markiert in eurem Kriterienkatalog, welche Kriterien nur mit diesen zwei Messwerten von der Erde aus überprüft werden könnten.

**c)** Die Grafik zeigt einen wichtigen Zusammenhang für Exoplaneten, auf denen man Leben erhofft. Beschreibe, welche Informationen man aus der Grafik herauslesen kann. Recherchiere und nenne den Fachbegriff für den Bereich des bläulichen Streifens.



**3.** Unser Wissen über Exoplaneten haben wir nicht nur mithilfe erdgebundener Teleskope gesammelt. Hilfreich waren vor allem bestimmte Missionen ins Weltall.

**a)** Auf der Internetseite [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu) steht eine Datenbank, in der alle bekannten Exoplaneten aufgelistet sind. Ende 2025 waren es bereits über 7500 Stück. Die meisten davon wurden von vier Missionen entdeckt: Kepler, COROT, JWST (James Webb Space Telescope) und TESS.

Erstelle tabellarisch eine Übersicht über diese vier Missionen, die folgende Zeilen enthält: **Jahr – Hauptaufgabe – Anzahl der Exoplaneten – Methode.**

\* **b)** Eine aktuelle Mission des DLR soll 2027 ins All starten: PLATO (PLAnetary Transits and Oscillations of stars).

Neben der Transitmethode soll PLATO die Sterne auch astroseismologisch untersuchen.

Fasse die Missionsziele durch eine Internetrecherche in fünf Stichpunkten zusammen. Erarbeite, wie die astroseismologische Untersuchung physikalisch umgesetzt wird.



## ALLE MEINE PLANETEN

Wer im Netz nach Planeten suchen möchte, kann das mit zahlreichen Datenbanken tun. Der berühmteste und bunteste Katalog stammt von der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA. Da kann man zwischen den vielen tausend inzwischen bekannten Planeten wählen und sich einem besonders schönen widmen. Wissenschaftlicher und umfangreicher präsentieren jedoch europäische Forscherinnen und Forscher die Planeten außerhalb des Sonnensystems auf ihrer Website „[exoplanet.eu](http://exoplanet.eu)“. Hier sind wirklich alle Entdeckungen enthalten und in riesigen Tabellen und Zahlenwerken aufbereitet.

# 19 Das Universum – und dann?



Für die Menschheit auf der Erde ist es etwas Natürliches: Jeder Vorgang und jedes Objekt haben einen Anfang und ein Ende. Diese Vorstellung gilt im Universum so nicht. Wir wissen zwar, dass das Universum einen Anfang hatte, aber wie es sich entwickeln wird, ist eines der spannendsten Forschungsthemen.

Die Abbildung zeigt zwei Galaxien, die sich anziehen und sich irgendwann zu einer großen Galaxie vereinigen werden. Diese Anziehungskräfte müssten eigentlich dafür sorgen, dass die Ausdehnung des Weltalls allmählich verlangsamt wird. Stattdessen beschleunigt sich die Ausdehnung – von solchen Ausnahmen abgesehen – immer mehr.

**1. a)** Heute weiß man, dass die Galaxien nicht gleichmäßig im Weltall verteilt sind, sondern größere Strukturen bilden, sogenannte Galaxien-Superhaufen, die sich seit dem Urknall gebildet haben. Betrachte die Simulation auf der Seite [www.space2school.de/edw/gedankenreise](http://www.space2school.de/edw/gedankenreise). Beschreibe eine passende Analogie in der Natur für die Filamente.

---



---

**b)** Seit Edwin Hubble weiß man, dass das Universum beschleunigt expandiert. Diese beschleunigte Expansion war im Rahmen der bekannten Theorien nicht erklärbar und so wurde eine neue Größe eingeführt: die dunkle Energie – die nicht zu verwechseln ist mit der dunklen Materie. Recherchiere und verdeutliche die Unterschiede dieser beiden Begriffe in einer Gegenüberstellung.

---



---



---

**c)** Obwohl unser Universum nur knapp 14 Milliarden Jahre alt ist, liegt die Grenze des beobachtbaren Universums heute bei gut 46 Milliarden Jahren. Nenne eine logische Erklärung, wie das möglich ist, wenn die Urknalltheorie stimmt.

---



---



---



---



---



---



---




## BEI 88 IST SCHLUSS!

Das Universum ist unvorstellbar groß, und die Anzahl der Galaxien und Sterne ist riesengroß. Doch die Anzahl der offiziellen Sternbilder liegt fest: 88. Das hat vor hundert Jahren die Internationale Astronomische Union – die weltweite Vereinigung der Astronominnen und Astronomen – entschieden. 88 sind es seither und dazu gehören auch die zwölf bekannten Sternbilder wie Widder, Zwilling oder Steinbock. Genaue Grenzen schreiben seither vor, wer wohin gehört. Heute können zwar noch neue Sterne und Galaxien entdeckt werden, neue Sternbilder wird es keine mehr geben.

2. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts ging man davon aus, dass das Universum schon immer existierte und auch immer existieren wird. Aber schon die Allgemeine Relativitätstheorie von Albert Einstein legte ein dynamisches Universum dar.

a) Gravitation und die Expansion sind fundamentale Größen, die wie beim Tauziehen um die Zukunft des Universums ringen. Entwerft in Kleingruppen Szenarien (ohne Recherche!), auf die das Ringen dieser zwei Größen letztendlich hinauslaufen könnte.

\*  b) Für das Universum – und damit für die Menschheit – ergeben sich daraus mögliche Folgen.

Teilt eure Klasse in sieben Gruppen auf. Jede Gruppe soll eines der aufgeführten möglichen Endsznarien für das Universum oder die Menschheit mithilfe von KI bearbeiten:

- Big Crunch
- Multiversen
- Instabilität Protonen
- Ende der Sonne
- Gammastrahlung eines Nachbarsterns
- Änderung der Erdbahn
- Gefahr durch einen Asteroiden



Lest zunächst die Hinweise zur Arbeit mit einer KI. Klärt dann die Ursache des jeweiligen Szenarios. Recherchiert einen möglichen Ablauf, einen Zeitrahmen und die jeweilige Konsequenz für die Menschheit. Stellt euer Szenario auch optisch dar. Präsentiert eure Ergebnisse den anderen Gruppen.

**Hinweis zur Arbeit mit der KI:** Die Ergebnisse werden besser, wenn ihr der KI mitteilt, in welcher „Rolle“ sie sich befinden soll und welche konkrete Fragestellung zu bearbeiten ist. Schränkt auch die Quellen ein. Ein Prompt könnte lauten: „Du bist eine Schülerin eines Gymnasiums und musst deinen Mitschülern die Mondfinsternis erklären. Erstelle eine Stichwortliste zur Mondfinsternis, verwende nur wissenschaftliche Quellen und Bilder ohne urheberrechtliches Problem“.

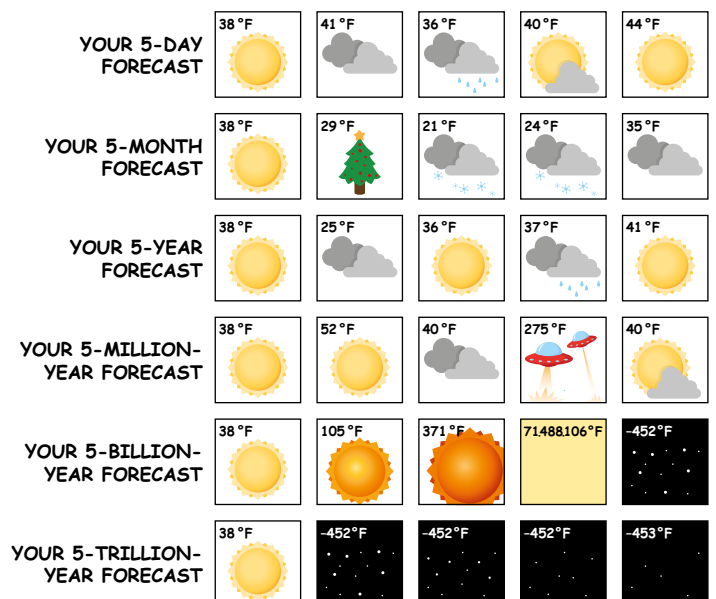
Neben den bekannten KI-Sprachmodulen gibt es auch welche, die sich auf wissenschaftliche Texte spezialisiert haben wie perplexity.ai, Semantic Scholar, Elicit oder Research Rabbit.

Nach jedem Vorschlag der KI müsst ihr das Ergebnis kritisch hinterfragen und die KI den Text auch wieder überarbeiten lassen. Nehmt nicht gleich die erste Version!

\*  3. Höre den Podcast *Sternengeschichten Folge 100* an.

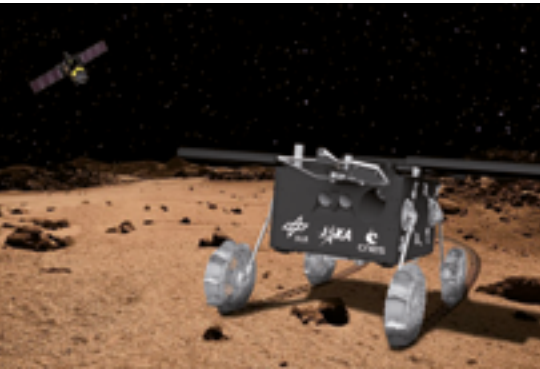
[www.space2school.de/edw/das-ende-von-allem](http://www.space2school.de/edw/das-ende-von-allem)

Erkläre mithilfe der Infos, die du im Podcast hörst, den abgebildeten Comic.



Comic wurde neu gezeichnet nach einer Vorlage von Randall Munroe. <https://xkcd.com>  
Der Künstler ist Physiker und Amerikaner – deswegen sind alle Temperaturen in Fahrenheit angegeben.

## 20 Wie geht es weiter?



Die Astronomie gilt als älteste Naturwissenschaft, denn schon die ersten Menschen haben nachts in den Himmel geschaut und sich über die Leuchterscheinungen ihre Gedanken gemacht. Mit der Raumfahrt, die nur knapp 100 Jahre alt ist, nahm die Erforschung des Weltraums richtig Fahrt auf. Aber wie sieht die Zukunft aus? Was passiert in den nächsten 100 Jahren? Werden wir den Mond besiedeln oder gar den Mars? Entwickeln wir Antriebe, die uns außerhalb des Sonnensystems bringen können? – Vieles ist ungewiss, aber eines ist klar: Astronomie und Raumfahrt bleiben auch zukünftig ein spannendes Feld.

**1.** Die unglaubliche Zunahme unseres Wissens über den Weltraum liegt vor allem am technischen Fortschritt, den wir in den letzten 100 Jahren erlebt haben.

**a)** Überlegt in Partnerarbeit, welche Entwicklungen seit 1920 die Raumfahrt wohl am stärksten revolutioniert haben. Vergleicht euer heutiges Leben mit dem vor 100 Jahren und erarbeitet daraus die entsprechenden Fortschritte in der Raumfahrt.

**b)** Ergänzt basierend auf euren Ergebnissen aus a) die folgende Tabelle.

Herausforderung für die Raumfahrt	notwendige technische Entwicklung



### DER SCHRECK KAM AUS DEM RADIO

Während heute alle darüber reden, wie man den Mars besiedelt, glaubten früher viele Menschen, dass dort Außerirdische leben könnten. Gerüchten zufolge sollten die „Marsmenschen“ feindlich sein und die Invasion der Erde planen. Ein Hörspiel, das 1938 in den USA im Radio lief, hatte angeblich viele Menschen verunsichert und erschreckt. „Krieg der Welten“ hieß es und war inszeniert als Live-Reportage aus einem Konzert, über das ein Reporter berichtete. In dieses Konzert platzten in dem Hörspiel die Außerirdischen und begannen, mit ihren Hitzestrahlen alles zu verwüsten. Lange hieß es, das Hörspiel habe eine Massenpanik ausgelöst. Wahrscheinlich stimmt dies so aber nicht – die Wirkung wurde später stark übertrieben.

**2.** Eugene Cernan verließ im Jahr 1972 als bislang letzter Mensch den Mond. 50 Jahre lang stand der Mond in der astronautischen Raumfahrt nicht mehr im Mittelpunkt. Das ändert sich derzeit.

**a)** Notiere verschiedene Argumente, warum der Mond wieder in den Fokus der astronautischen Raumfahrt gerückt ist.

---



---



---

**b)** Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist mit dem ARTEMIS-Programm aktiv an einer Mondmission beteiligt. Dies ist aber nicht die einzige aktuelle Mondmission. Erstelle eine Übersicht über die aktuellen Mondmissionen, ihre Zeitpläne und Missionsziele, die die Nationen der Erde bis zum Jahr 2030 planen.

**c)** Die NASA hat Pläne, zum Mars zu fliegen, aber erst nach dem erfolgreichen Abschluss der ARTEMIS-Mission. Nenne Gründe, warum diese Reihenfolge sinnvoll ist, anstatt gleich zum Mars zu fliegen.

---



---



---



**\* 3.** Was will die Menschheit im All? Wie wird sich die Raumfahrt im 21. und 22. Jahrhundert entwickeln?

**a)** Neu im 21. Jahrhundert ist, dass private Unternehmen in das Geschäft mit der Raumfahrt eingestiegen sind, und zwar nicht nur bei offiziellen staatlichen Missionen, sondern auch als Veranstalter rein privater Weltraumflüge. Schätze, wie viele Weltraumtouristinnen und -touristen es bisher gab und überprüfe deine Schätzung durch eine Internetrecherche.

---



---

**b)** Es gibt die Idee des „Asteroiden Minings“ – dem Bergbau auf Asteroiden. Diskutiert im Plenum die Chancen und Herausforderungen dieser Zukunftsvision.

---



---

**c)** Die folgende Aufzählung enthält mögliche Meilensteine der zukünftigen Raumfahrt. Bildet in Partnerarbeit eine Zeitleiste, wann zukünftig welcher Meilenstein möglich sein wird. Benennt die eurer Meinung nach auch künftig nicht realistischen Meilensteine und begründet dies.

Space-Hopping für Normalsterbliche – Landung auf dem Jupiter-Mond Titan – Kontakt mit außerirdischer Lebensform – Sonde zur Oortschen Wolke – bemannter Flug zum Mars – Asteroidenbergbau – dauerhafte Marskolonie – Fusionsreaktor als Raketenantrieb – Stadt auf dem Mond – interstellare Raumsonde – Terraforming der Venus oder des Mars – dauerhafte Raumstation im Mondorbit – Nachweis von Leben auf Exoplaneten – Kernreaktoren als Raketenantrieb – privater Weltraumtourismus auf den Mond

## 21 Weltraummissionen und ihre Anwendungen (3)



Bislang haben wir keine Lebenszeichen von anderen Wesen aus dem All erhalten. Also suchen wir weiter – nicht nur nach außerirdischem Leben, sondern auch nach Bestandteilen, aus denen das Leben auf der Erde entstanden sein könnte. Eine besondere Rolle könnten hierbei Kometen wie Churyumov-Gerasimenko (kurz „Tschuri“) gespielt haben. Vielleicht finden zukünftige Missionen Hinweise darauf, dass die Bausteine des Lebens im gesamten Universum verbreitet sind und Leben auch an anderen Orten entstehen konnte.

**1.** Das Bild oben zeigt den Kern des Kometen Tschuri, auf dem am 12. November 2014 erstmals in der Raumfahrtgeschichte eine Sonde gelandet ist. In dieser Mission des DLR und der ESA, der ROSETTA-Mission, konnte nachgewiesen werden, dass auf Tschuri komplexe organische Moleküle vorkommen.

Begründe, dass alleine das Auffinden von komplexen organischen Molekülen noch kein Beweis für das Vorhandensein von Leben ist.

---



---



---

**2.** Als der Lander Philae der ROSETTA-Mission auf dem Kometen Tschuri gelandet ist, hat vieles gut funktioniert, aber es ist auch einiges schief gegangen. So ist die Sonde beispielsweise von der harten Oberfläche des Kometen abgeprallt und anschließend schräg gelandet.

In dem Video erfährst du mehr: [www.space2school.de/edw/kometenlandung](http://www.space2school.de/edw/kometenlandung)

Nenne die im Video genannten Gründe, warum es äußerst anspruchsvoll ist, auf einem Himmelskörper wie Tschuri zu landen.

---



---



---



### WAHRSCHEINLICHKEIT 100 PROZENT

Wie viele hoch entwickelte Zivilisationen wie die Menschen auf der Erde gibt es denn jetzt da draußen? Als Antwort auf diese Frage hat der Astrophysiker Frank Drake vor mehr als 50 Jahren eine Formel entwickelt – die berühmte Drake-Gleichung. Für ein Ergebnis muss man viele Annahmen machen, unter anderem, wie lange eine intelligente Zivilisation im Schnitt auf einem Planeten lebt. Weil wir das nicht wissen, ist auch das Ergebnis nur eine grobe Schätzung und liegt für unsere Milchstraße irgendwo zwischen 1 und 4 Millionen. Aber unsere Galaxie ist ja nur eine von vielen hundert Billionen Galaxien im Universum – viele Astrophysikerinnen und -physiker sagen daher: Außerirdisches Leben gibt es so gut wie sicher – wir müssen es nur finden.

**3.** Weltraummissionen, bei denen Sonden auf einem fernen Himmelskörper landen, sind sehr anspruchsvoll. Noch größer ist die Herausforderung, wenn sich die Sonden auf der Oberfläche fortbewegen sollen. Dennoch wird diese Herausforderung immer wieder angenommen.

Diskutiere und nenne Vor- und Nachteile, bei Lander-Missionen bewegliche Sonden wie beispielsweise Rover einzusetzen.

---



---



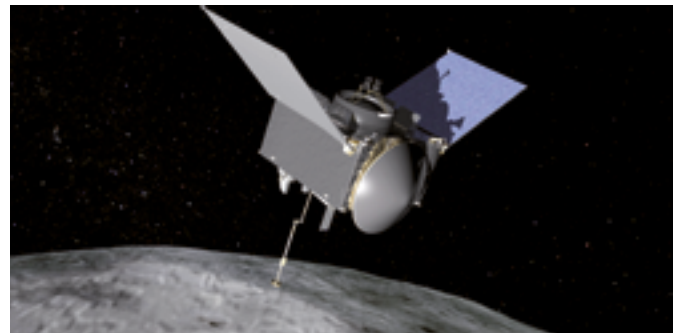
---

**4.** Asteroiden haben sich seit ihrer Entstehung vor ca. 4,5 Milliarden Jahren kaum verändert. Sie sind Überbleibsel aus der Anfangszeit unseres Sonnensystems. Ihre Zusammensetzung kann uns ein tieferes Verständnis für die Entstehung und die Geschichte unseres Sonnensystems geben.

**a)** Bislang haben die Missionen Hayabusa2/MASCOT und OSIRIS-REX (Abbildung) Proben von Asteroiden auf die Erde gebracht.


Informiere dich über die beiden Missionen, sodass du folgende Fragen beantworten kannst:

- Welche Asteroiden wurden angefliegen?
- Wie wurde die Probenentnahme technisch umgesetzt?
- Welche Erkenntnisse hat man aus den Analysen erhalten?



#### Mission Hayabusa2 / MASCOT

#### Mission OSIRIS-REX

\*  **b)** Erstellt in Partner- oder Gruppenarbeit eine Präsentation zu einer der beiden Missionen.

**c)** Der technische Aufwand für Rückführmissionen von Proben ist enorm.

Welches Hauptargument rechtfertigt den Aufwand solcher Missionen, anstatt nur auf die Meteoriten, die auf die Erde stürzen, zurückzugreifen?

---



---



---



## 22 Schwerelosigkeit hörbar machen

Wenn sich ein Körper schnell im Kreis bewegt, spürt man eine nach außen gerichtete Kraft – die sogenannte Fliehkraft oder Zentrifugalkraft. Du kennst das Phänomen beispielsweise von Karussells. Diese Kraft entsteht durch eine Beschleunigung und wird oft in „g“-Kräften angegeben. 1g entspricht dabei der Erdbeschleunigung (etwa  $9,81 \text{ m/s}^2$ ), also der Kraft, die wir als „normales Gewicht“ auf der Erde empfinden.



- 1.** Baue ein spannendes Beispiel für angewandte Raumfahrttechnik: ein technisches System, das Fliehkräfte erfassen und sichtbar machen kann. Mit Hilfe eines Beschleunigungssensors und eines Mikrocontrollers (Arduino) wird die g-Kraft erfasst, die beim Rotieren eines an einer Schnur hängenden Gegenstands (z. B. der Schaltung) in einer Kunststoffflasche auftritt. Wenn eine Beschleunigung von  $0,5g$  erreicht ist, wird ein akustisches Signal ausgegeben, welches immer schneller bis  $3g$  piept. So lässt sich direkt beobachten, ab wann die Fliehkraft dem Eigengewicht des Gegenstands entspricht.

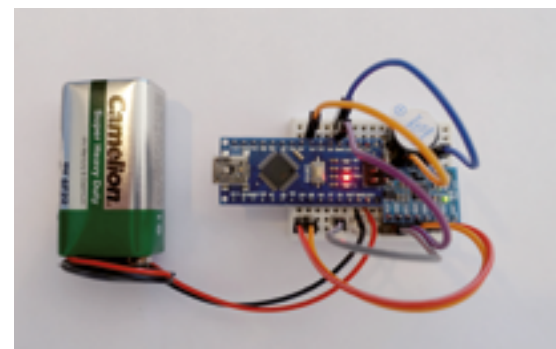


### a) Aufbau der Schaltung

- Besorge dir die Teile aus der Materialliste.
- Stecke den Arduino fest auf die linke Seite des Breadboards. Er muss so gesteckt werden, dass die Anschlüsse A4 und D5 noch im Breadboard stecken. Alle Pins auf der äußeren Seite hängen in der Luft und werden im Folgenden nicht weiter benötigt.
- Anschluss des 9-V-Batterieclips: Die rote Leitung wird mit dem Pin  $V_{in}$  und die schwarze mit dem Pin GND des Arduinos verbunden. Da die Schaltung später großen Fliehkräften ausgesetzt ist, werden die Anschlüsse mit Heißkleber fixiert.
- Stecke nun den Beschleunigungssensor in die rechte untere Ecke des Breadboards.
- Verbinde folgende Anschlüsse des Sensors mit dem Arduino:  $V_{CC}$  an Pin 5V des Arduino, GND an GND des Arduino, SCK an A5 des Arduino, SDA an A4 des Arduino. Alle anderen Anschlüsse des Sensors werden nicht belegt.
- Stecke den Summer auf das Breadboard. Verbinde den Minus-Pol mit dem GND-Anschluss und den Plus-Pol mit dem D4-Pin des Arduino.
- Schließe nun die Batterie an. Drücke die überstehenden Leitungen vorsichtig etwas flach, damit die Schaltung später in die Kunststoffflasche passt.
- Klebe die Batterie auf die Rückseite des Breadboards und umwickle die ganze Schaltung mit Klebeband.

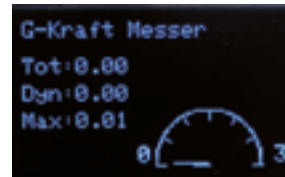
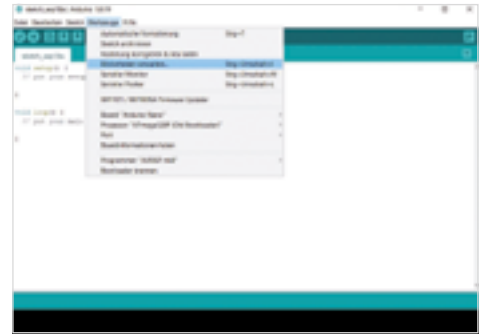
### Materialliste

- 1 Mikrocontroller Arduino Nano
- 1 Beschleunigungssensor, z. B. MPU6050
- 1 Summer
- 6 Jumper-Kabel
- 1 Breadboard mit 170 Pins
- 1 Batterie 9 V
- 1 Clip für die Batterie
- 1 leere Kunststoffflasche, z. B. Duschgel
- Watte oder Polstermaterial
- 1,5 m stabile Schnur zum Rotieren
- Klebeband und Heißkleber zum Fixieren aller Komponenten



## b) Programmierung

- Installiere die Arduino-Software auf deinem Rechner. Das Programm kann kostenfrei unter [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) (dort unter „Software“) geladen werden.
- Starte das Programm und lade die Bibliothek MPU6050.h für den Beschleunigungssensor in deine Arduino-Bibliothek. Dazu wählst du den Reiter „Werkzeug“ im Arduino-Programm auf deinem Rechner aus.
- Lade das Programm gmeterton.ino von der Seite [www.space2school.de/edw/gmeterton](http://www.space2school.de/edw/gmeterton) auf den Arduino. Das Programm kann die Gravitationskraft messen, die auf deine Schaltung einwirkt. Das Ergebnis wird dann über den Sensor ausgegeben: von langsamem Piepen < 0,5g zu immer schnellerem Piepen bis zu 3g.
- Für Schnelle: Du kannst zusätzlich ein einfaches Display verbauen und dir den maximal erzeugten Beschleunigungswert anzeigen lassen. Lade dazu auch das Programm gmeter.ino in den Arduino. Nun können zusätzlich der aktuelle und der maximale g-Wert vom Display abgelesen werden.



## c) Gehäusemontage

- Verstaue alle Komponenten in einer ausgewaschenen und aufgeschnittenen Plastikflasche. Polstere die Flasche mit Watte aus.
- Bohre vorne und hinten ein kleines Loch in die Flasche und verknote ein ca. 40 cm langes Stück Schnur in beiden Löchern.
- Verklebe die Öffnung mit Klebeband.
- Ermittle die Mitte der Schnur an der Flasche. Verknote die restliche Schnur an dieser Stelle. Am anderen Schnurende solltest du eine Schlaufe für die Hand herstellen.



## 2. a) Hypothese bilden

Stelle eine Hypothese auf, wie stark die Drehbewegung sein muss, damit eine Beschleunigungskraft von 1g erreicht und ein Ton ausgegeben wird.

## b) Durchführung

- Achte auf ausreichend Sicherheitsabstand zu anderen Personen und Gegenständen.
- Halte die Flasche an der Handschlaufe und lasse sie erst langsam und dann immer schneller rotieren. Versuche 0,5g, 1g und maximal bis zu 3g zu erreichen.



**Achtung:** Nicht mehr  $g$  erzeugen, sonst kann die Schnur reißen und deine Flasche samt Schaltung wird zur Rakete!  
**Hinweis:** Wir haften nicht für Schäden.

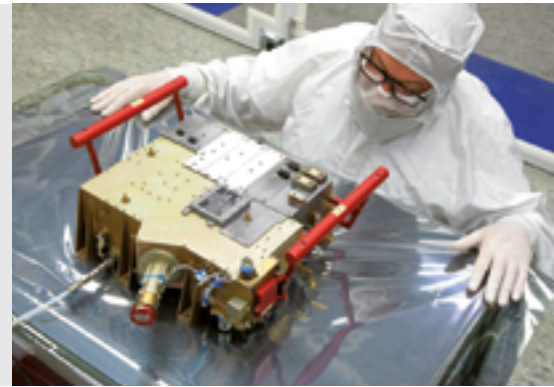
## c) Auswertung

Notiere deine Beobachtungen zu verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten und beantworte die folgenden Fragen.

- Was sagen die erzeugten Töne über die Fliehkraft aus?
- Wie könntest du den Versuch technisch erweitern?
- Wie hoch ist die Zentrifugalkraft, wenn 200 g 2x pro Sekunde rotieren?
- Wo spielen Fliehkräfte im Alltag eine Rolle?

# 23 Sensoren erfassen physikalische Größen

Ohne Sensoren läuft nichts im Weltraum! Die Abbildung zeigt beispielsweise den Ultraviolett-Spektrometer UVS der Raumsonde JUICE. Deswegen lernst du hier verschiedene Systeme kennen, mit denen Forschende physikalische Größen auf der Erde, im Weltraum oder auf fernen Planeten erfassen und darstellen können.

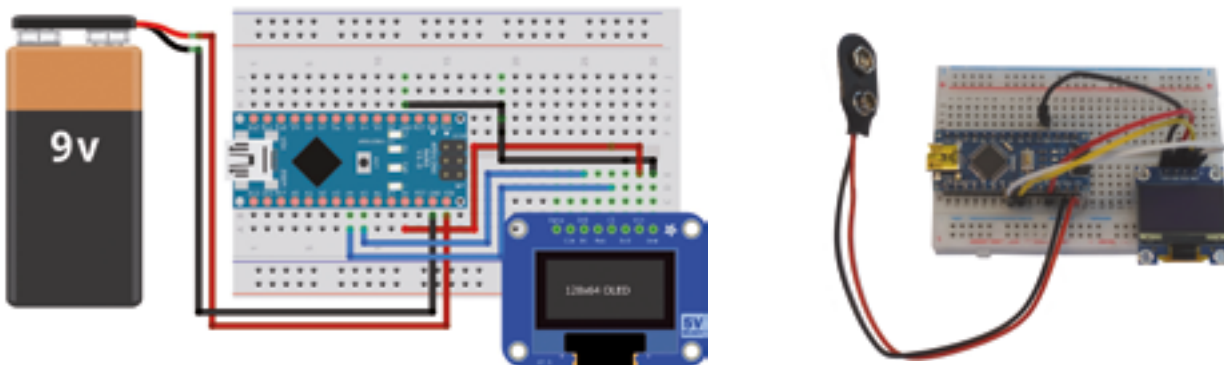


Als Basis für den Aufbau dieser digitalen Systeme dient immer das EVA-Prinzip: Ein Sensor erfasst eine physikalische Größe (Eingabe), ein Rechner (Mikrocontroller) wertet mithilfe eines Programms die erfassten Daten aus (Verarbeitung) und stellt diese auf einem Display dar (Ausgabe).

- 1.** Bevor du dich für eines der Projekte in Aufgabe 2 entscheidest, benötigst du eine Grundschialtung. Besorge dir dazu die Bauteile laut Materialliste. Stecke den Arduino an den Rand des Breadboards. Schließe das schwarze Batterie-kabel an GND und das rote an  $V_{in}$  an. Achtung, es löst sich leicht, ggf. hilft Heißkleber. Stecke das Display auf die rechte Ecke des Breadboards und schließe es an den Arduino an: Display Pin GND an Arduino Pin GND, Pin VCC bzw.  $V_{in}$  an Pin 5V, Pin SCL bzw. CS an Pin A4 und Pin SDA bzw. SAD an Pin A5.

**Materialliste**

- 1 Mikrocontroller Arduino Uno
- 1 OLED-Display SH1106
- 1 Breadboard
- 1 Batterie 9 V
- 1 Clip für die Batterie
- 4 Anschlussleitungen

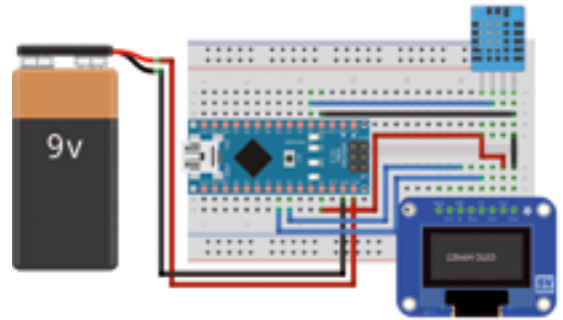


- 2.** Mit den folgenden Sensoren kannst du interessante physikalische Größen erfassen. Entscheide dich für ein Projekt und realisiere es mit den Bauanleitungen auf den folgenden Seiten.

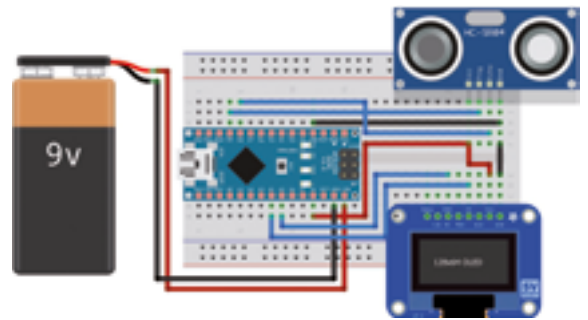
Projekt	a) Klimawerte erfassen	b) Entfernungen messen	c) Helligkeit bestimmen	d) Höhen messen	e) Richtungsbestimmung per Kompass	f) Farben bestimmen	g) Geschwindigkeit/ Drehzahl messen	h) Lautstärke messen
Sensor	DHT11	HCSR04	BH1750	BMP180	HMC5883L	TCS34725	HW201 oder KY032	MAX4466
ermittelte Werte	Temperatur, Luftfeuchte	Abstand in cm	Helligkeit in Lux	Höhenmeter über Meer	Himmelsrichtung	RGB-Farben und Farbwerte	Drehzahl in U/min; Geschwindigkeit in km/h	Lautstärke in dB

**a) Klimawerte erfassen**

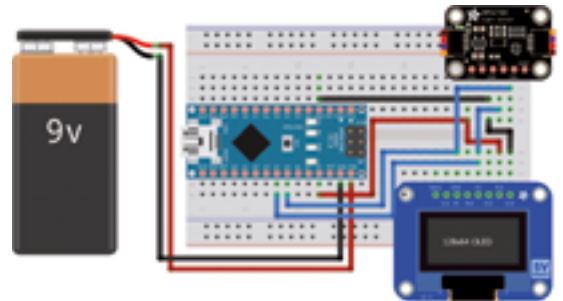
- Besorge dir den DHT11-Sensor, 7 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe den Sensor folgendermaßen an den Arduino an: DHT11 Data/S Pin an Arduino D2, DHT11 5V Pin an Arduino 5V, DHT11 GND Pin an Arduino GND.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.

**b) Entfernungen messen**

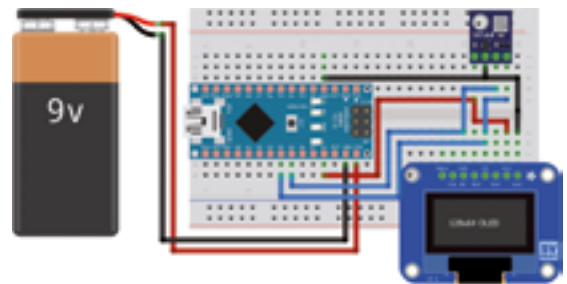
- Besorge dir den HCSR04-Sensor, 8 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe die Pins des Sensors an den Arduino an: HCSR04 VCC an Arduino 5V, HCSR04 Pin Trg an Arduino D9, HCSR04 Pin Echo an Arduino D8, HCSR04 Pin GND an Arduino GND.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.

**c) Helligkeit bestimmen**

- Besorge dir den BH1750-Sensor, 8 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe die Pins des Sensors an den Arduino an: BH1750 Pin  $V_{in}$  an Arduino 5V, BH1750 Pin GND an Arduino GND, BH1750 Pin SCL an Arduino A4, BH1750 Pin SDA an Arduino A5.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.

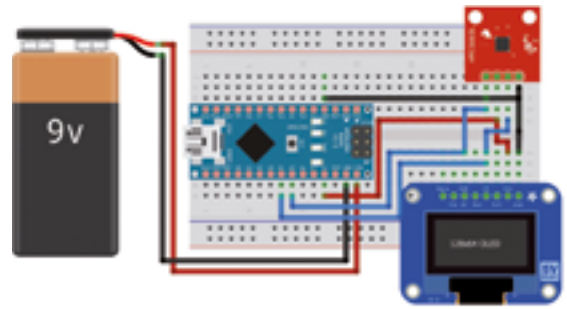
**d) Höhen messen**

- Besorge dir den BMP180-Sensor, 8 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe den Sensor folgendermaßen an den Arduino an: BMP180 Pin  $V_{in}$  an Arduino 5V, BMP180 Pin GND an Arduino GND, BMP180 SDA Pin an Arduino A5, BMP180 Pin SCL an Arduino A4.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.



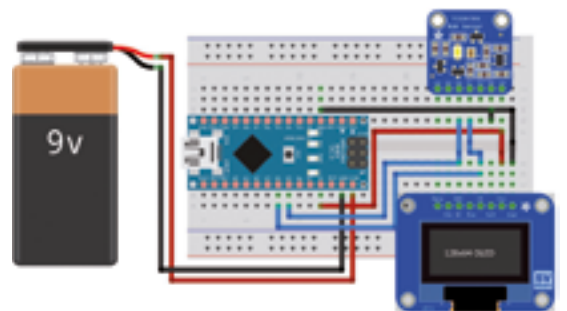
### e) Richtungsbestimmung per Kompass

- Besorge dir den HMC5883L-Sensor, 8 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe den Sensor an den Arduino an: HMC5883L Pin  $V_{in}$  an Arduino 5V, HMC5883 Pin GND an Arduino GND, HMC5883 Pin SDA an Arduino A5, HMC5883 Pin SCL an Arduino A4.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.



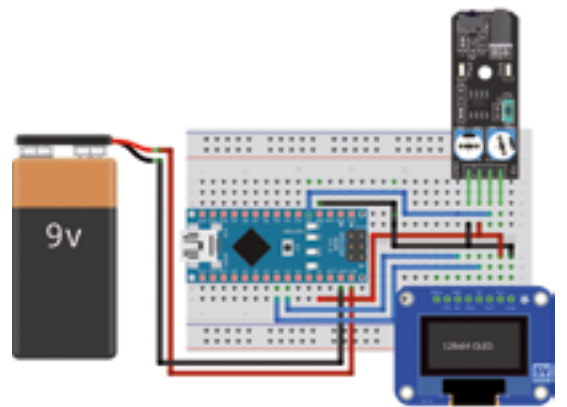
### f) Farben bestimmen

- Besorge dir den TCS34725-Sensor, 8 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe den Sensor an den Arduino an: TCS34725 Pin  $V_{in}$  an Arduino 5V, TCS34725 Pin GND an Arduino GND, TCS34725 Pin SDA an Arduino A5, TCS3200 Pin SCL an Arduino A4.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.



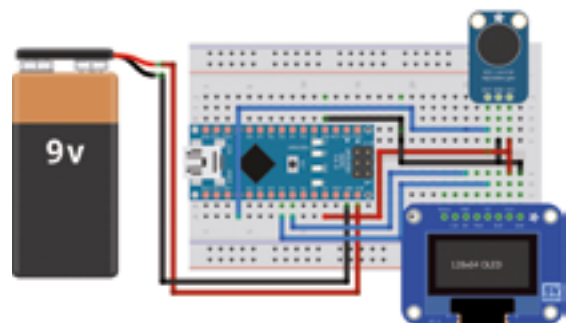
### g) Geschwindigkeit und Drehzahl messen

- Besorge dir den HW201- oder den KY032-Sensor, 7 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe den Sensor folgendermaßen an den Arduino an: HW201 Pin  $V_{in}$  an Arduino 5V, HW201 Pin GND an Arduino GND, HW201 Pin OUT an Arduino D2.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.

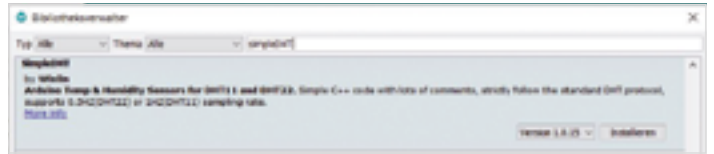


### h) Lautstärke messen

- Besorge dir den MAX4466-Sensor, 7 Anschlussleitungen und die Grundschialtung aus Aufgabe 1.
- Stecke den Sensor über dem Display auf die rechte Ecke des Breadboards.
- Schließe den Sensor folgendermaßen an den Arduino an: MAX4466 Pin  $V_{in}$  an Arduino 5V, MAX4466 Pin GND an Arduino GND, MAX4466 Pin Out an Arduino Pin A0.
- Das Bespielen des Arduinos mit Software und die Inbetriebnahme der Anlage erfolgen in Aufgabe 3.



**3.** Um deine Anlage in Betrieb zu nehmen, musst du den Arduino mit der passenden Software bespielen. Hierzu ist es meistens nötig, die sensorspezifischen Daten aus dem Netz zu laden und diese in die Bibliothek deines Rechners einzubinden.



Öffne hierzu im Menüpunkt *Sketch* den Punkt *Bibliotheken verwalten*. Wenn dein Rechner eine Verbindung zum Internet hat und sich das Fenster *Bibliothekverwalter* öffnet, musst du je nach Projekt die passende Bibliothek aus der folgenden Tabelle suchen und einbinden.

Das benötigte Programm für dein Projekt kannst du selber schreiben oder das fertige Skript unter dem angegebenen Link downloaden.

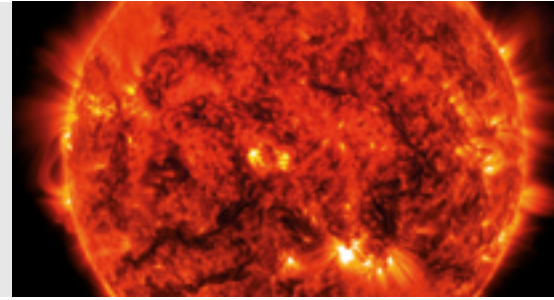
Projekt	benötigte Bibliotheken	Link für Programm
Für alle Projekte	Kabel für den Datenaustausch GFX für Darstellung von Zeichen SSD1306 für das Display	
a) Klimawerte mit dem DHT 11 erfassen	siehe oben, außerdem DHT für den Sensor	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3a">www.space2school.de/edw/ab23-3a</a>
b) Entfernungen mit dem HCSR04 messen	siehe oben	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3b">www.space2school.de/edw/ab23-3b</a>
c) Helligkeit mit dem BH1750 ermitteln	siehe oben, außerdem U8glib für Darstellung von Zeichen	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3c">www.space2school.de/edw/ab23-3c</a>
d) Höhenmessung mit dem BMP180	siehe oben, außerdem BMP085 für den Sensor	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3d">www.space2school.de/edw/ab23-3d</a>
e) Richtungsbestimmung mit dem HMC5883L	siehe oben, außerdem HMC5883 für den Sensor	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3e">www.space2school.de/edw/ab23-3e</a>
f) Farben mit dem TCS34725 bestimmen	siehe oben, außerdem TCS34725 für den Sensor	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3f">www.space2school.de/edw/ab23-3f</a>
g) Geschwindigkeit/Drehzahl mit dem HW201 ermitteln	siehe oben	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3g">www.space2school.de/edw/ab23-3g</a>
h) Lautstärke mit dem MAX4466 messen	siehe oben	<a href="http://www.space2school.de/edw/ab23-3h">www.space2school.de/edw/ab23-3h</a>

**4.** Nun kann dein Projekt zum Erfassen physikalischer Werte in Betrieb genommen werden. Beschreibe die Situation, in der du deine Werte ermittelst, führe deine Messungen durch und notiere den ermittelten Wert.

Projekt	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
Situation								
ermittelter Wert								

## 24 Sterne beobachten

Beim Stichwort „Sterne“ denkt man meist zuerst an den funkelnden Nachthimmel und erst bei genauerer Überlegung an „unseren“ Stern: die Sonne. Dabei stammt der größte Teil des Wissens, das wir über Sterne im Allgemeinen haben, aus der Beobachtung unserer Sonne. Im Folgenden gibt es daher praktische Tipps zur Sonnenbeobachtung, dann folgen Möglichkeiten der Beobachtung des Nachthimmels. Und auch das spannende Thema Exoplaneten, also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, wird behandelt.



**Achtung:** Niemals mit dem ungeschützten Auge oder gar mit einem optischen Instrument wie einem Fernglas direkt in die Sonne blicken! Schwerste Augenschäden bis hin zur Blindheit können die Folge sein!

**1.** Aus wenigen Zutaten lässt sich eine einfache Lochkamera zur Sonnenbeobachtung herstellen. Man benötigt eine leere Dose/Rolle aus Pappe (z. B. Chipsdose). Zuerst zerschneidest du die Chipsdose in zwei Rohre; der untere Teil ohne den Deckel sollte 17 cm lang sein. Nun stichst du mit einer Nadel ein kleines Loch in den Alu-Boden der Dose. Anschließend kommt eine Lage Butterbrotpapier unter den Plastikdeckel – das wird der Schirm der Kamera. Auf den Deckel stellst du das andere Rohrstück und klebst es mit Klebeband fest. Die gesamte Konstruktion wird nun mit Alufolie umwickelt, um sie lichtdicht zu machen – fertig ist die Lochkamera zur Sonnenbeobachtung.

### Materialliste

- 1 leere Chipsdose (oder ähnliche Papprolle mit Deckel)
- Butterbrotpapier
- Klebeband
- Alufolie
- evtl. Acrylglaslinse mit Brennweite  $f = 170 \text{ mm}$



- a) Teste deine Lochkamera zuerst mit Lampen. Richte sie dazu auf eine Lampe und beschreibe deine Beobachtungen.
- b) Beobachte nun die Sonne mit deiner Lochkamera. Nimm ein Foto mit deinem Smartphone auf und/oder zeichne möglichst genau ab, was du beobachten kannst.
- c) Du kannst das Abbild der Sonne vergrößern und vor allem schärfer machen, wenn du statt des einfachen Lochs eine Acrylglaslinse verwendest. Dazu musst du das Loch im Boden der Dose entsprechend vergrößern und anschließend die Linse mit schwarzem Klebeband davor kleben.  
Führe nun die Versuche aus a) und b) noch einmal durch und beschreibe deine Beobachtungen.
- Achtung:** Die Linse bündelt das Sonnenlicht! Dies kann bei sehr langer Beobachtung zu starker Erwärmung des Deckels/Schirms führen.

**2.** Viele Objekte am Nachthimmel kann man gut mit dem bloßen Auge beobachten. Um dabei die Orientierung zu behalten, eignen sich kostenfreie Smartphone-Apps. Einige davon bieten die Möglichkeit, das Smartphone als Planetarium zu nutzen, andere können dem Bild der Smartphonekamera die Namen der Sterne und Himmelskörper sowie Sternbilder hinzufügen und wieder andere bringen beides zusammen und erzeugen eine sogenannte augmentierte Realität.

a) Erkläre den Begriff augmentierte Realität mit eigenen Worten.


---




---




---

 b) Recherchiere nach Apps zur Sternenbeobachtung und vergleiche sie.

\*  c) Eine bekannte App zur Sternenbeobachtung ist Night Sky, die es auch in einer kostenlosen Version gibt (nur für bestimmte Betriebssysteme).

Installiere diese App auf deinem Smartphone und erkunde den (Nacht-)himmel damit. Interessante Objekte könnten sein: Planeten, dein Sternbild, Satelliten etc.

\*  **3.** Mit einem einfachen Fernglas (besser Feldstecher) kann man bereits viel mehr am Himmel sehen als mit dem bloßen Auge.

Untersuche den Nachthimmel mit einem Feldstecher. Besonders spannende Objekte sind der Mond, die Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn sowie Sternansammlungen wie die Plejaden, der Sternhaufen M44 (auch himmlische Futterkrippe genannt) und der scheinbare Doppelstern Mizar und Alkor.

**Tipps:** Beim Auffinden der Himmelskörper helfen dir Apps aus Aufgabe 2. Wenn du den Feldstecher auf ein Stativ stellst, wird es viel leichter, die Objekte länger zu beobachten. Dann kannst du mit etwas Geschick sogar eigene Astrophotos mit deinem Smartphone aufnehmen.

\* **4.** Mit der App Phyphox der RWTH Aachen (<https://phyphox.org/de/home-de/>) kann man bei vielen Smartphones den Lichtsensor auswerten. Damit ist es möglich, die wichtigste Methode zur Entdeckung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems – den Exoplaneten – nachzuvollziehen.

Die Idee geht aus der Abbildung hervor: Die kleinere schwarze Kugel kreist wie ein Exoplanet um seinen Stern – in diesem Fall die Lampe. Bei der Messung der Helligkeit ergibt sich das Muster auf dem Smartphonedisplay.

a) Erkläre das Zustandekommen des Musters.

---



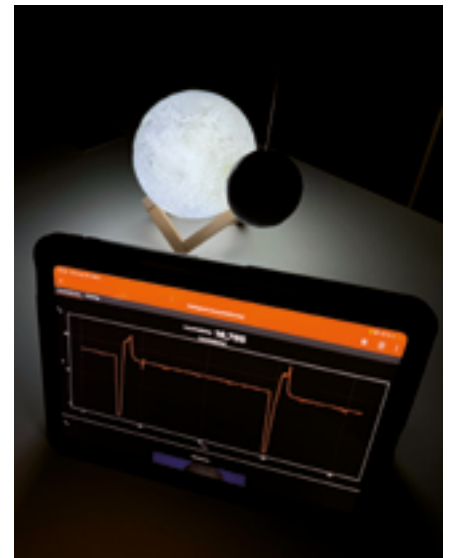
---



---



---



b) Probiere es selbst aus! Benötigt wird ein Smartphone, bei dem man mit der App Phyphox den Helligkeitssensor auslesen kann, eine nicht zu helle Kugellampe und eine Styroporkugel an einem Holzspieß als Exoplanet.



## Bildnachweise

**DLR:** 31 oben (CC BY-NC-ND 3.0), 37 oben (CC BY-NC-ND 3.0), 42 unten, 50 oben links (MPE), 53 oben (GFDL), 57 mitte (R. Hurt/Caltech-JPL), 64 unten, 67 oben (GFDL), 70 oben, 74, 81 oben (DLR SDO)

**ESA:** 4 oben rechts und unten, 5 links, 35 oben, 36 unten, 38 oben, 40, 43, 44 oben (J. Mai), 45 oben (Silicon Worlds), 47 oben (s. NASA), 48 unten (David Hathaway), 50 oben rechts, 50 unten (s. NASA), 54 oben (ESA and the Planck Collaboration), 57 oben (C.Carreau), 59 unten (s. NASA), 68 oben (s. NASA), 72 oben (s. NASA)

**ESO ([www.eso.org](http://www.eso.org)):** 55 oben (ESO/VISTA/J. Emerson. Acknowledgment: Cambridge Astronomical Survey Unit), 66 oben, 67 unten

**iStock:** 28 oben (ID 157738837), 31 unten (ID 1055161786), 52 unten (ID 1058891966), 69 mitte (ID 2176053749), 75 oben (ID 139714602)

**NASA:** 4 oben links, 29 oben und mitte (NASA/ JPL), 32 unten (Event Horizon Telescope Collaboration), 46 mitte und unten (Bill Anders), 47 oben (Solar Orbiter/EUI team), 49 mitte, 50 unten (G. Illingworth, D. Magee, P. Oesch, R. Bouwens u. a.), 51 oben, 59 unten (NASA, ESA, CSA, STScI), 60 mitte und unten, 61 oben, 68 oben (NASA, ESA, STScI), 71, 72 oben (NASA/ESA), 77 oben (NASA, SWRI)

**Pixabay:** 30 (GuillaumePreat)

**Stefan Kruse:** 75 mitte und unten, 76, 77 mitte und unten, 78, 79

**Tobias Schüttler:** 81 unten (8 Abb.), 82

**wikimedia:** 28 unten (Britchi Mirela), 33 oben, 41 oben, 48 oben, 49 oben (Dan Duriscoe, for the U.S. National Park Service), 50 mitte (ESA/Hubble), 52 oben (Waterced), 53 mitte (Johan Hagemeyer), 54 unten (NASA/ESA), 57 unten (NASA/ESA), 59 oben und mitte (NASA/ESA), 62 mitte (NOIRLab/NSF/AURA/R. Proctor), 63, 73 (NASA/GSFC)

**[www.ligo.caltech.edu](http://www.ligo.caltech.edu):** 58

**[www.sun.org](http://www.sun.org):** 51 mitte

Trotz unserer Bemühungen ist es uns nicht in jedem Fall gelungen, den Rechteinhaber um Abdruckerlaubnis zu bitten oder zu ermitteln. Sollten Sie Rechte an einem der abgedruckten Bilder geltend machen können, bitten wir Sie, mit uns Kontakt aufzunehmen ([mint@klett-mex.de](mailto:mint@klett-mex.de)).

# Bisher erschienene Schulmaterialien der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR und Klett MEX



## **Das DLR im Überblick**

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 54 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für die daraus resultierenden Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall. Wir entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft und tragen durch den Technologietransfer dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.