

Raumfahrtmedizin – für Gesundheit auf der Erde und im All

Mit Praxisteil:
u. a. Bau von
elektronischen
Nasen

Lehrmaterial
Sekundarstufe I

Bildnachweise

Adobe Stock (dimazel, Viks_jin): Titelseite – **DLR:** 49 oben, 50, 73 Mitte, 74 oben (DSHS Köln, Stefan Schneider), 77 oben
– **ESA:** 4 rechts oben und unten, 25, 26, 28, 38 Mitte (S. Corvaja), 41, 48 oben, 53, 57 oben, 68 unten, 71 (Mind Gravity), 78
– **Forschungszentrum Jülich:** 73 unten – **iStock:** 29, 36 Mitte, 47, 55 unten, 60 unten, 67, 68 oben, 69, 70, 73 oben, 79 oben
– **Karlsruher Institut für Technologie:** 63 oben (Amadeus Bramsiepe) – **Stefan Kruse:** 39 Mitte und unten, 52, 63 unten, 79 unten, 80
– **Liquifer Systems Group:** 56 oben – **NASA:** 4 links oben (CSA), 5 links und rechts (ESA, M.Maurer), 33 oben (CSA), 36 oben, 37 unten (Carla Thomas), 38 unten (Robert Markowitz), 39 oben (Roskosmos), 44, 48 unten, 56 unten (Dr. Anna-Lisa Paul), 57 unten, 58, 59, 60 oben, 61 oben, 62 unten, 72 oben (NASA/ESA-M.Maurer), 75, 76 – **Neural Circuits:** 74 unten – **Weyergans High Care AG:** 38 oben – **wikimedia:** 49 unten, 55 oben (NASA), 61 unten (NASA), 62 oben, 72 unten, 77 unten – **Xilloc Medical:** 51 – **Daniel Zimbelius:** 33 unten, 35

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-mint.de).

Impressum

1. Auflage August 2023

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 § 52 a 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 (mint@klett-mint.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 MINT GmbH.

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

Autoren: Tobias Beck, Biberach; Stephanie Grewal, Ludwigsburg; Prof. Dr. Stefan Kruse, Weingarten; Dr. Armin Ruch, z.Z. Istanbul; Daniel Zimbelius, Reichenbach

Redaktion: Hanne Lier, Medienwerk Lier, Stuttgart

Fachliche Beratung: Alexandra Herzog, Vanja Sebastian Zander, Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

Projektkoordination und Herstellung: Tanja Zunder, Klett MINT

Gestaltung: Bettina Herrmann, Stuttgart

Umschlag: CD Werbeagentur GmbH, Troisdorf

Illustrationen: Daniel Scherer, Landau

Druck: Kern GmbH, Bexbach

Stefan Kruse
Tobias Beck
Stephanie Grewal
Armin Ruch
Daniel Zimbelius

Raumfahrtmedizin

Biologie – Technik – Physik – Informatik

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

VORWORT

Seit jeher verbinden wir eine Faszination mit der Raumfahrt und vor allem mit Astronautinnen und Astronauten, die unseren Planeten Erde verlassen und eine abenteuerliche Reise ins All unternommen haben. Sie berichten von dem atemberaubenden Blick auf die Erde, der unglaublichen Weite des Universums und einzigartigen Augenblicken während ihrer Reise im Weltraum.

Doch was passiert mit dem Körper, wenn der Mensch die Erde verlässt, um auf der Internationalen Weltraumstation (ISS) zu forschen, den Mond oder vielleicht schon bald andere Planeten wie den Mars erkundet? Um diese strapaziöse Reise auf sich zu nehmen, müssen Raumfahrende in guter körperlicher Verfassung sein. Sie müssen sich sowohl physiologisch an die veränderten Bedingungen der Schwerelosigkeit anpassen, psychologisch die Trennung von Freunden und Familie bewältigen und für verschiedene Notfallszenarien gewappnet sein.

Mit diesen Herausforderungen einer Weltraumreise beschäftigt sich dieses Arbeits- und Informationsheft „Raumfahrtmedizin“. In fünf Modulen erhalten Schülerinnen und Schüler eine umfassende Darstellung der Humanphysiologie und ihrer Adaption an die Bedingungen im All – einfach, verständlich, faszinierend.

Dieses Schulmaterial ist in Zusammenarbeit mit Pädagogen entstanden, die täglich mit Jugendlichen arbeiten und verstehen, wie man erklärt und nachhaltiges Interesse weckt. Für Lehrkräfte bietet dieses Heft vielfältige Anregungen, mit einfachen Mitteln fächerübergreifende Projekte durchzuführen und anwendungsbezogene Grundkenntnisse in Biologie, Physik und Technik zu vermitteln.

Als Deutsche Raumfahrtagentur im DLR möchten wir mit Raumfahrtthemen für MINT-Fächer begeistern und gleichzeitig ein Bewusstsein für den Nutzen der Raumfahrt für unser Leben auf der Erde schaffen. Astronautinnen und Astronauten helfen uns mit ihren Erfahrungen und den im All durchgeführten Experimenten auch bei Themen der Gesundheit hier auf der Erde. So werden Erkenntnisse über den Knochenabbau der Astronautinnen und Astronauten im All in der Osteoporose-Forschung genutzt und Messverfahren der Körperkerntemperatur führen zur Optimierung der Versorgung von frühgeborenen Kindern. Raumfahrtmedizin spielt somit eine wichtige Rolle, um die medizinische Betreuung der Menschen im All und auf der Erde zu verbessern.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß mit diesem Schulheft zur Raumfahrtmedizin!



Dr. Franziska Zeitler
Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

Abteilungsleitung
Innovation und Neue Märkte

Wissenschaftliche Leitung der
Schul- und Jugendprojekte



Alexandra Herzog
Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

Abteilung Innovation und Neue Märkte

Koordinatorin der Schul- und
Jugendprojekte



Vanja Sebastian Zander
Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

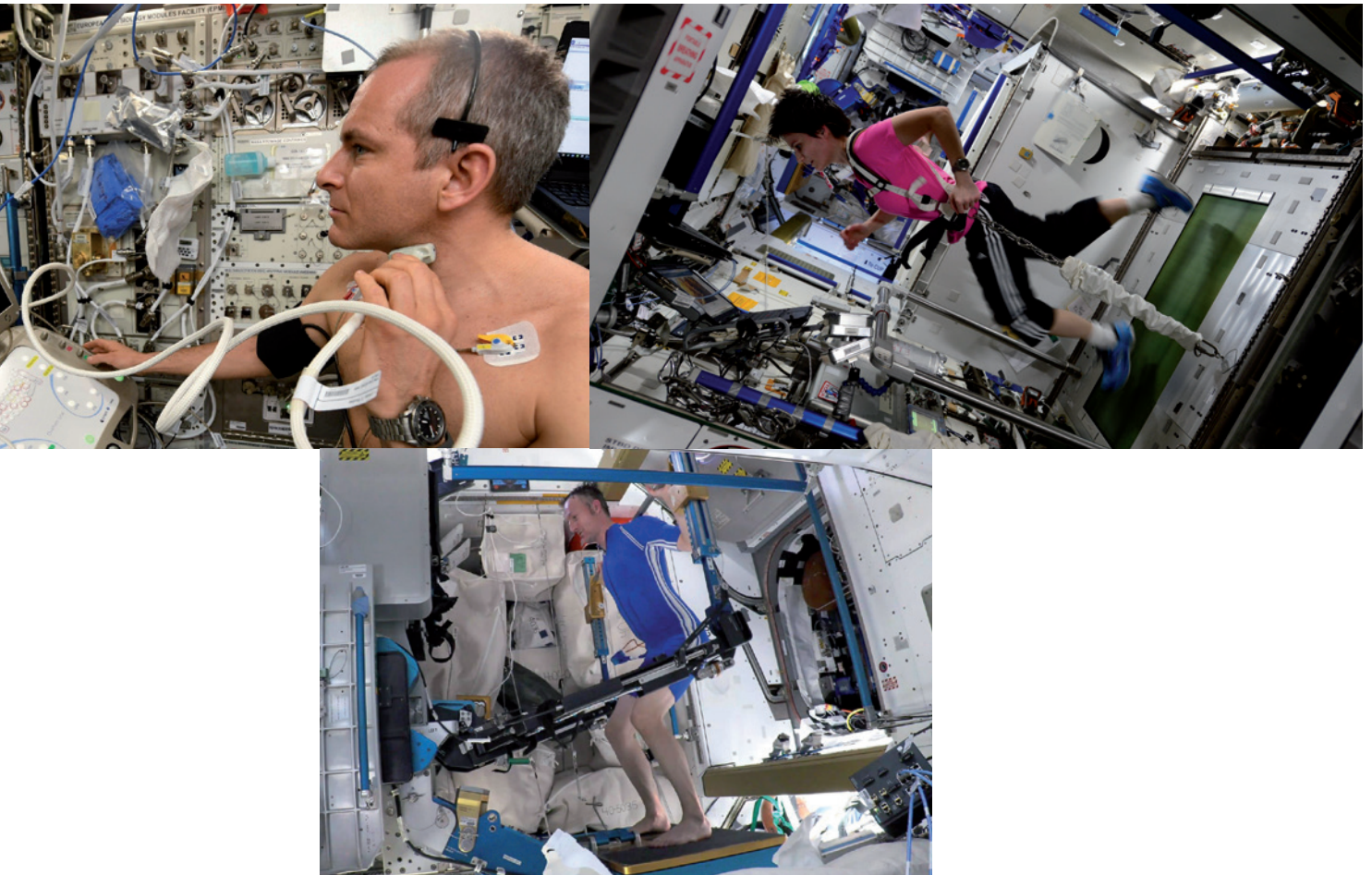
Abteilung Innovation und Neue Märkte

Projektleiter Space2Health

INHALTSVERZEICHNIS

Informationen für Lehrkräfte und Lösungen zu den Arbeitsblättern

Modul 1: Von der Erde zu den Sternen	7
Modul 2: Das Herz-Kreislaufsystem des Menschen	9
Modul 3: Das Bewegungssystem des Menschen	13
Modul 4: Das Verdauungssystem des Menschen	16
Modul 5: Das Nervensystem und die Psyche	20



Arbeitsblätter

Modul 1: Von der Erde zu den Sternen

1 Wie bereitet man sich auf eine Weltraumreise vor?	25
---	----

Modul 2: Das Herz-Kreislaufsystem des Menschen

2 Das Herz-Kreislaufsystem – unsere Lebensgrundlage	29
3 Der menschliche Blutkreislauf im Weltall	33
4 Was uns die Forschung im Weltall bringt	36
5 Praxis: Unser Herz in Ruhe und Aktion	39

Modul 3: Das Bewegungssystem des Menschen

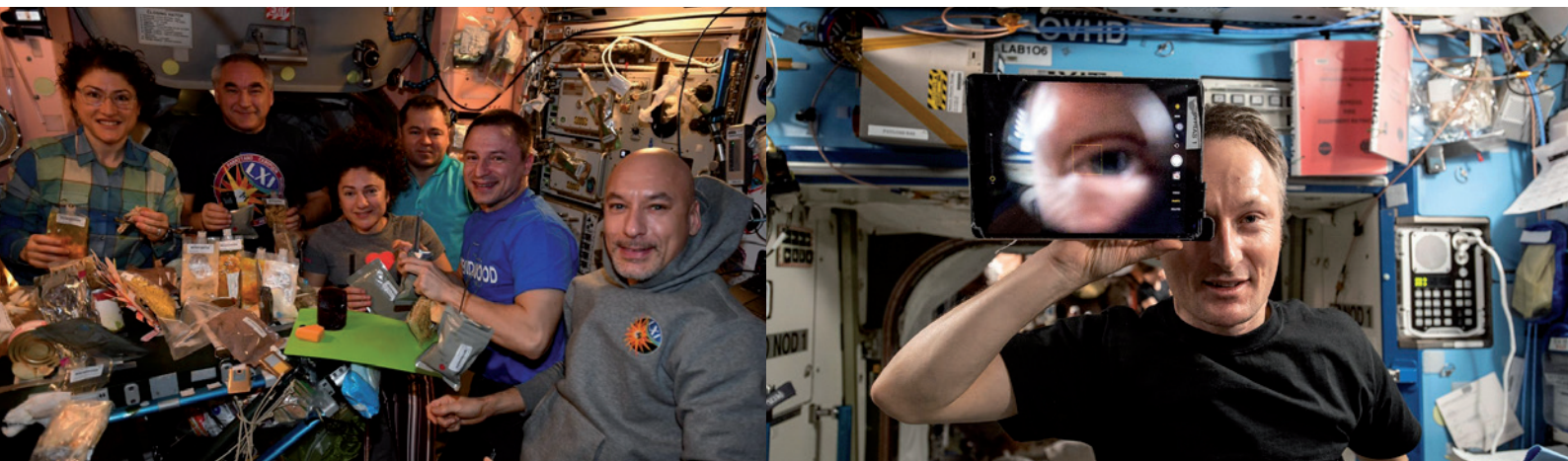
6 Knochen – Hightech im menschlichen Körper	41
7 Muskeln ermöglichen Bewegungen	44
8 Forschung im All für Herausforderungen auf der Erde	48
9 Praxis: Organe aus dem Drucker?	51

Modul 4: Das Verdauungssystem des Menschen

10 Bauchweh im Weltraum	53
11 Weltraumreisende bitten zu Tisch	57
12 Verdauung in der Schwerelosigkeit	60
13 Praxis: Elektronische Nasen schnüffeln	63

Modul 5: Das Nervensystem und die Psyche

14 Der Körper unter Strom	67
15 Nerven in der Schwerelosigkeit	71
16 Das Gehirn in der Schwerelosigkeit	73
17 Allein unter Tausenden von Sternen	76
18 Praxis: Die Wirkung von UV-Licht auf den Menschen	79



LEHRERSEITEN

Informationen für Lehrkräfte und Lösungen
zu den Arbeitsblättern

Modul 1: Von der Erde zu den Sternen	7
Modul 2: Das Herz-Kreislaufsystem des Menschen	9
Modul 3: Das Bewegungssystem des Menschen	13
Modul 4: Das Verdauungssystem des Menschen.....	16
Modul 5: Das Nervensystem und die Psyche	20

Die Arbeitsblätter finden Sie für alle Module ab Seite 24.

Dieses Heft nutzen Lehrkräfte und natürlich Schülerinnen und Schüler. Und einige wenige werden vielleicht sogar Raumfahrende: Astronautin oder Astronaut.

Das ist für uns selbstverständlich, aber nicht immer leicht zu lesen. Deswegen:

Wir haben uns entschieden, bei Berufsbezeichnungen immer nur eine Schreibweise zu verwenden und bitten dies als geschlechts- und genderneutrale Ansprache aller Leserinnen und Leser zu verstehen.

Bitte sprechen Sie das Thema bei Bedarf mit Ihren Schülerinnen und Schülern an.

Modul 1 Von der Erde zu den Sternen

Einführung in das Thema

Das vorliegende Arbeitsheft ist in fünf Module aufgeteilt:

- Von der Erde zu den Sternen
- Das Herz-Kreislaufsystem des Menschen
- Das Bewegungssystem des Menschen
- Das Verdauungssystem des Menschen
- Das Nervensystem und die Psyche

Das Einstiegsmodul dient der Motivation der Schülerinnen und Schüler (SuS). Es wird teils mit einem Augenzwinkern die Frage beantwortet, ob die SuS bereit sind für die Ausbildung zur Astronautin bzw. zum Astronauten.

Die folgenden vier Module bieten eine umfassende Darstellung der menschlichen Physiologie. Jedes Modul greift ein grundlegendes System des Organismus auf und ist in sich ähnlich gegliedert: Zuerst geht es um die rein physiologischen Vorgänge; dann darum, dass das System bei krankhaften Vorgängen „nicht richtig funktioniert“, immer auch mit Blick auf die Veränderungen unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit. Im weiteren Verlauf geht es um die Erforschung dieses Systems auf der Erde und im Weltall und die sich daraus ergebenden Therapien für Patienten auf der Erde und die Verbesserung der Lebensumstände für Raumfahrende.

Die Arbeitsblätter sind fächerübergreifend gestaltet mit den Schwerpunkten in der Biologie, Physik und Technik.

Zu jedem Modul gehört ein Praxisteil, in dem die SuS selber kreativ Medizintechnik gestalten können.

Infos zum Einstieg



„Wie ist es da oben?“ Viele Jugendliche stellen sich diese Frage, spätestens, seit die Raumfahrt durch kommerzielle Anbieter stärker in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt ist.

Während die SuS häufig bereits konkrete Vorstellungen darüber haben, was die verschiedenen Berufe für Bedingungen und Herausforderungen mit sich bringen, ist vielen nicht klar, was sich hinter dem Beruf „Astronaut“ verbirgt.

In der Lebenswelt der SuS sind Selbsttests für Bereiche, in denen sie über keine Erfahrungen verfügen oder in denen es ihnen schwerfällt, sich selbst richtig einzuschätzen, sehr beliebt. Solche „Tests“ werden didaktisch in Modul 1 eingesetzt, indem die SuS für jeden Meilenstein in der Ausbildung zum Astronauten einen Selbsttest durchführen können.

Methodische Vorgehensweise

Abstrakte Fragestellungen oder Berichte von Dritten stoßen bei Jugendlichen selten einen Prozess der Auseinandersetzung an. Vor allem die persönliche Erfahrung hilft den SuS, sich besser in eine unbekannte Situation hineinzusetzen. Aus diesem Grund besteht der Einstieg aus einem „persönlichen Test“.

Die Vorarbeit. Idealerweise bereiten Sie das Einstiegsmodul mit einem Sport- und Biologiekollegen vor. Im Sportunterricht kann die Grundaussdauer mithilfe eines Cooper-Tests (Info unter dem Stichwort im Internet) ermittelt werden und im Biologieunterricht können mögliche Erkrankungen (Sehschwäche, Allergien ...) thematisiert werden.

Der Ablauf. Hier bieten sich viele Möglichkeiten in das Thema einzusteigen: Eine Phantasiereise („Ich im Weltraum“), eine Fragestellung „Wer möchte gerne ins All fliegen?“ oder einfach das Austeilen des ersten Arbeitsblattes ohne besondere vorherige Thematisierung.

Der Test ist in vier Meilensteine unterteilt. Für jeden Meilenstein sollten rund 15 Minuten eingeplant werden. Die sechs Fragen am Ende eines jeden Meilensteins sind bewusst jugendnah formuliert, um so besser die wirklichen Einstellungen der Jugendlichen abzufragen.

Die Auswertung. Nach dem Test können die SuS ihre Punkte für jeden Meilenstein getrennt zusammenzählen und in der Auswertung eine Rückmeldung erhalten, ob sie den jeweiligen Meilenstein „bestanden“ hätten. Es erstaunt Jugendliche immer wieder, welche Fähigkeiten gefragt sind für das „Teamwork-Projekt Weltraumreise“. Thematisieren Sie im Anschluss, ob man nach einem erfolgreichen Test wirklich ins All möchte oder nicht.

Dieses Modul schafft auf spielerische Weise Interesse und Begeisterung, sich mit den Themen vertieft auseinanderzusetzen. Der Weg für die weiteren vier Module ist gebahnt.



MEDIEN

Der Einsatz von Computern, um im Internet recherchieren zu können, ist nicht zwingend notwendig, jedoch sinnvoll. Sie können die vier Fragebögen für die einzelnen Meilensteine vorher unter www.space2school.de/Astronautentest downloaden und für die SuS kopieren.

1 Wie bereitet man sich auf eine Weltraumreise vor?

Meilenstein 1

a) Schülerindividuelle Lösungen. – Musterlösung:

Medizinische/körperliche Voraussetzungen: gute Allgemeinverfassung; gute Augen; keine Krankheiten; gesundes Herz; stabiler Kreislauf

Psychische Voraussetzungen: hohe Stressbewältigung; Teamfähigkeit; Flexibilität; Ausgeglichenheit; Freundlichkeit

Kognitive Voraussetzungen: Reaktionsschnelligkeit; schnelle Auffassungsgabe; gute Allgemeinbildung; gut im Auswendiglernen

b) Schülerindividuelle Lösungen.

c) Die Augenzahl VIER kommt ins mittlere Feld.

d) Evtl. den Fragebogen zu Meilenstein 1 „Bestehe ich die Bewerbung?“ unter dem Link www.space2school.de/Astronautentest downloaden und für die Schülerinnen und Schüler (SuS) ausdrucken.

Antworten mit 5 Punkten: (1) Englisch und Deutsch, (2) sehr durchtrainiert, (3) 100 % Sehkraft, (4) mal allein, mal mit anderen, (5) entspannen, (6) Spaß

Antworten mit 3 Punkten: (1) Spanisch, (2) normale Kondition, (3) —, (4) am liebsten mit Freunden unterwegs, (5) Parcour in der City, (6) notwendig

Meilenstein 2

a) Schülerindividuelle Lösungen.

b) (1) Nähen – medizinische Grundausbildung für Notfälle.
(2) Feueralarm auf der ISS – reaktionsschnell agieren, ruhig bleiben.
(3) Mit Weltraumanzug im Pool – stundenlange Außeneinsätze durchstehen. (4) Gemeinsames Schlauchbootfahren im See – Teamfähigkeit, schwierige Situationen bei der Landung meistern.
(5) Parabelflug – Umgang mit der Schwerelosigkeit. (6) Handbuch lesen – technische Ausstattung der ISS bedienen können.

c) Schülerindividuelle Lösungen.

d) Evtl. den Fragebogen zu Meilenstein 2 „Bestehe ich das Training?“ unter dem Link www.space2school.de/Astronautentest downloaden und für die SuS ausdrucken.

Antworten mit 5 Punkten: (1) klar!, (2) sehr gerne, (3) Lust es auszuprobieren, (4) mal so mal so, (5) strukturiert *oder* ausdauernd, (6) Achterbahn

Antworten mit 3 Punkten: (1) wenn es sein muss, (2) da bin ich offen, (3) Freude, (4) Obst und Gemüse, (5) —, (6) Kettenkarussell

Meilenstein 3

a) Schülerindividuelle Lösungen.

b) **Auto:** rund 4 h; **Rakete:** gut 8 Minuten

c) Die Astronauten fliegen nicht „Luftlinie“ zur ISS, sondern auf unterschiedlichen Flugbahnen, sodass die Reise ungefähr 6 Std. dauert.

d) 3 g bis 4 g bedeuten für untrainierte Menschen nach einigen Sekunden Bewusstlosigkeit. Die Geschwindigkeit ist irrelevant, für den Körper zählt vor allem die Beschleunigung.

e) Die drei kosmischen Geschwindigkeiten beschreiben die Mindestgeschwindigkeit

– für eine stabile Umlaufbahn um die Erde

(1. kosmische Geschwindigkeit),

– um der Gravitationskraft der Erde zu entkommen

(2. kosmische Geschwindigkeit) und

– dem Anziehungsbereich der Sonne zu entkommen

(3. kosmische Geschwindigkeit).

f) Schülerindividuelle Lösungen.

g) Evtl. den Fragebogen zu Meilenstein 3 „Überstehe ich den Aufenthalt?“ unter dem Link www.space2school.de/Astronautentest downloaden und für die SuS ausdrucken.

Antworten mit 5 Punkten: (1) Frischluft wird überbewertet *oder* wie mein Zimmer, (2) kein Unterschied zu jetzt, (3) unnötig, (4) ändert sich im Laufe der Nacht, (5) Smartphone, (6) Als Camper stört mich das nicht *oder* Mehr als ich jetzt habe.

Antworten mit 3 Punkten: (1) Ich nehme mir eine Wäsche-klammer mit, (2) Für die Wissenschaft bringe ich Opfer, (3) ok, (4) auf dem Rücken, (5) Freunde, (6) Nicht meine bevorzugte Situation.

Meilenstein 4

a) Schülerindividuelle Lösungen.

b) Der Reha-Plan umfasst 21 Tage.

Trainiert werden: Körperhaltung, Balance, Schwimmen, Dehnung, Ausdauer, Sprungkraft, Koordination, Reaktion, Kraft, funktionelle Bewegung

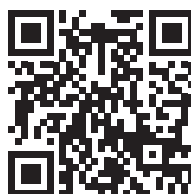
c) Schülerindividuelle Lösungen.

d) Evtl. den Fragebogen zu Meilenstein 4 „Bestehe ich die Reha?“ unter dem Link www.space2school.de/Astronautentest downloaden und für die SuS ausdrucken.

Antworten mit 5 Punkten: (1) Was muss das muss, (2) Die möglichen Folgen machen mir Angst, (3) beängstigend, (4) faszinierend *oder* schwierig, (5) bringt mich auf den Boden der Tatsachen *oder* macht mir Angst, (6) Fußball

Antworten mit 3 Punkten: (1) Das ist die Reise auf jeden Fall wert, (2) nichts für mich *oder* no risk no fun, (3) spaßig, (4) super, (5) löst Vorfreude in mir aus, (6) Why not – Yoga in der Schwerelosigkeit

Hinweis: Eine Auswertung der Fragebögen finden Sie unter www.space2school.de/Astronautentest



Modul 2 Das Herz-Kreislaufsystem des Menschen

Einführung in das Thema

Herz, Gefäße und Blut bilden zusammen das Herz-Kreislaufsystem. Das Herz, ein Muskel, pumpt durch sein Zusammenziehen in zwei Kreisläufen das Blut durch den Körper. So sorgt es einerseits für die Zufuhr von Sauerstoff und notwendigen Stoffwechselprodukten zu den Körperzellen und gleichzeitig für den Abtransport von Kohlenstoffdioxid und Abfallstoffen aus den Zellen.

Im menschlichen Körper hat sich ein komplexes System aus Gefäßen entwickelt, das an unsere Bedürfnisse auf der Erde angepasst ist. Astronauten sind in der Schwerelosigkeit mit besonderen Herausforderungen konfrontiert. Raumfahrtmedizin und die damit verbundene Forschung zur Verbesserung der Lebenssituation im All trägt dazu bei, das Herz-Kreislaufsystem besser zu verstehen und Therapiemöglichkeiten für Krankheiten auf der Erde zu entwickeln.

Methodische Vorgehensweise

Die Arbeitsblätter können unabhängig voneinander bearbeitet werden. Innerhalb der Arbeitsblätter haben die Aufgaben normalerweise einen steigenden Schwierigkeitsgrad. Sie eignen sich sowohl für den Einsatz ohne Vorkenntnisse aus dem Biologieunterricht als auch als Ergänzung, Wiederholung und Vertiefung vom Sekundarstufenstoff zum Herzen und zum Kreislauf. Wo möglich, werden im Sinne eines Spiralcurriculums Alltagsgegenstände als Analogien verwendet, um die komplexe technische Funktionsweise des Herzens und der Gefäße zu verdeutlichen. Die Arbeitsblätter enthalten zudem Rechercheaufgaben, die einerseits die Bearbeitung als Hausaufgabe oder kooperative Lernformen ermöglichen. Abgerundet wird das Kompetenzspektrum mit unterschiedlichen Aufgaben zur Arbeit mit Diagrammen.

Zusätzlich zu den biologischen Fakten zum Herz-Kreislaufsystem werden Aspekte thematisiert, die zu einem gesunden Herz-Kreislaufsystem beitragen. So können die Schülerinnen und Schüler (SuS) ihre eigenen Lebensgewohnheiten hinterfragen und Fragestellungen zum gesunden Leben thematisiert werden.

Infos zu den Arbeitsblättern



Arbeitsblatt 2 behandelt Aufbau und Funktion des Herzens und des Gefäßsystems. Technische Analogien aus dem Alltag machen die z.T. sehr komplexen Vorgänge im Herzen leichter begreifbar. Daneben eignen sich die anatomisch korrekt dargestellten Inhalte gut zur Gegenüberstellung und Ergänzung. So kann Wissen vertieft, überprüft oder wiederholt werden.

Arbeitsblatt 3 greift das Thema Blutdruck, Puls und Blutgefäße auf. Neben der Bearbeitung der Aufgaben lässt sich gut mit den SuS üben, wie Blutdruck und Puls gemessen werden. Anhand kleiner Übungen, die ohne zusätzliche Hilfsmittel auskommen, können die SuS die thematisierten Inhalte „am eigenen Leib erfahren“. Das Fühlen vom Puls ist außerdem eine wichtige Kompetenz im Zusammenhang mit Erster Hilfe. Durch das Thematisieren von gesundheitlichen Problemen von Astronauten wird aufgezeigt, dass das Leben im All mit Entbehrungen einhergeht.

In **Arbeitsblatt 4** werden aktuelle Forschungen aus der Raumfahrtmedizin vorgestellt. An konkreten Beispielen erfahren die SuS nicht nur von gesundheitlichen Herausforderungen im Weltall, sondern auch, wie diese dazu beitragen, dass Krankheiten auf der Erde besser behandelt werden können.

Arbeitsblatt 5 bildet den Praxisteil dieses Moduls. Nach Grundlagen der Herzfrequenzmessung allgemein werden zwei Systeme zur Ermittlung einer Langzeitanalyse dieser Werte angeboten. Der technisch einfach umzusetzende Pulsmesser ermöglicht eine am Bildschirm darstellbare Pulsfrequenz. Der schwerer zu interpretierende, jedoch vielseitigere EKG-Sensor beruht auf drei an einem Arduino angeschlossenen Elektroden, die an geeigneten Stellen des menschlichen Körpers aufgeklebt werden. Mit einiger Übung lassen sich die Daten vielfältig interpretieren.



MEDIEN

Der Einsatz von Computern, um im Internet recherchieren zu können, ist nicht zwingend notwendig, jedoch sinnvoll.

Smartphones oder Smartwatches sowie ggf. Blutdruckmessgeräte einsetzen zur praktischen Ergänzung von AB 3. Blutdruckmessgeräte (möglichst automatische) sind oft in Schulen vorhanden oder können günstig bezogen werden.

Im Praxisteil wird der Mikrocontroller Arduino verwendet. Alternativ lassen sich die beispielhaften Scripte bzw. die verwendeten Physical Computing Systeme auf Caliope oder MakeBlock übertragen.

2 Das Herz-Kreislaufsystem – unsere Lebensgrundlage

1. a) (1) richtig, (2) falsch, (3) richtig, (4) falsch, (5) falsch,
(6) richtig, (7) falsch, (8) richtig, (9) falsch, (10) falsch

b) (2) In den Lungen wird Sauerstoff aus der Luft in das Blut übertragen.

(4) (5) Das Blut transportiert Sauerstoff in den Körper und Kohlenstoffdioxid zurück in die Lunge. Außerdem werden Nährstoffe, Abfallstoffe und mehr transportiert.

(7) Arterien führen vom Herzen weg und Venen zum Herzen hin. Sie haben eine unterschiedliche Beschaffenheit.

(9) Es gibt Lebewesen, die blaues Blut haben. Das liegt an dem Stoff im Blut, mit dem Sauerstoff transportiert wird.

(10) Ein Drittel der Todesfälle in Deutschland entsteht durch Herz-Kreislauferkrankungen.

Quelle zu Aussage (10): <https://de.statista.com/themen/69/todesursachen/>

2. Man muss den Balg zusammendrücken und das Röhrchen mit der Spitze in eine Flüssigkeit halten. Wenn man dann den Balg loslässt, dehnt er sich aus und saugt so die Flüssigkeit in das Röhrchen. Erst wenn man abermals auf den Balg drückt, kommt die Flüssigkeit aus dem Röhrchen.

3. a) QR-Code-Text 1 zu Aufgabe 3a):

Diese Klappe findet sich in vielen Dämmen und Deichen. Wenn bei sehr hohem Wasserstand Wasser über den Deich fließt, kann das Wasser bei niedrigem Wasserstand wieder zurückfließen. Bei normalem Wasserstand ist der Damm aber dicht. Der ganze Prozess funktioniert „automatisch“.

Bei normalem Wasserstand ist der Druck auf der Wasserseite höher als auf der Landseite. Die Klappe ist geschlossen. Befindet sich Wasser auf der Landseite, ist bei niedrigem Wasserstand der Druck auf der Landseite höher als auf der Wasserseite. Das Tor öffnet sich und das Wasser kann herausfließen.

b) QR-Code-Text 2 zu Aufgabe 3b):

Diese Klappe findet sich unter anderem in älteren Fahrradventilen. Das Ventil ermöglicht, dass Luft oder eine Flüssigkeit in eine Richtung fließen kann. Gleichzeitig wird das Fließen in die andere Richtung verhindert.

Wenn der Druck auf der Seite von A höher ist als der Druck auf der Seite von B, dann wird die Gummidichtung geöffnet und A kann in B fließen. Wenn der Druck auf der Seite von B höher ist als auf der Seite von A, dann verschließt der Druck die Gummidichtung. Es fließt nichts von B nach A.

4. **Gehirn:** steuert alle Lebensprozesse im Körper und ist Ort des „Denkens“. Dafür werden Nährstoffe und Sauerstoff aus dem Blut benötigt.

Herz: pumpt das Blut durch den Körper und saugt es aus dem Körper an.

Lunge: überträgt Sauerstoff aus der Luft auf das Blut und überträgt Kohlenstoffdioxid aus dem Blut an die Luft.

Leber: wandelt giftige Stoffe aus dem Blut in ungiftige Stoffe um, baut (u. a.) Eiweiße und Fette ab.

Nieren: filtern das Blut und stellen aus den Abfallstoffen und Wasser Urin her.

Muskeln: bewegen und stabilisieren den Körper. Dafür werden Nährstoffe und Sauerstoff aus dem Blut benötigt.

5. a) Reihenfolge von oben nach unten:

Arterie – Venolen – Arteriolen – Kapillaren – Vene

b) Um aus der Mitte einer Vene zu diffundieren, benötigt ein Stoff fast einen Tag (Strecke = 0,75 cm). Bei einer Venole werden mehrere Minuten benötigt. Bei einer Kapillare mit einer Strecke von 2,5 µm werden nur Sekunden benötigt.

c) Eine Arterie ist bis zu 3 cm dick. Das entspricht 30 mm oder 30.000 µm.
 $30.000 \mu\text{m} / 5 \mu\text{m} = 6000$. Es würden 6000 Kapillaren nebeneinander in eine Arterie passen.

6. a) Reihenfolge von oben nach unten:

F – A – H – E – B – I – G – J – C – D

Anmerkung: Wenn die SuS nachfragen wegen rechter/linker Seite, erläutern Sie bitte anhand der Skizze den „Seitentausch“, wenn jemand (z. B. Arzt) vor einer Person (z. B. Patient) steht.

Patient/Patientin:
rechte Körperseite

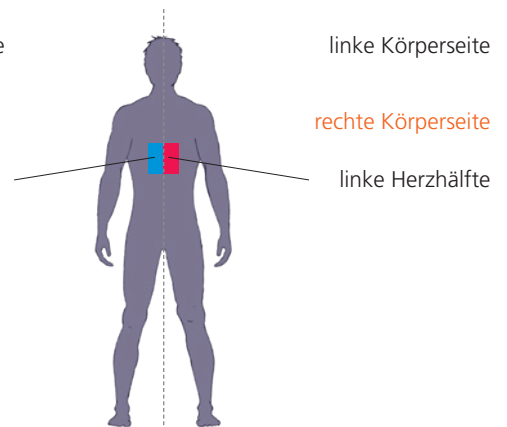
linke Körperseite

Arzt/Ärztin:
linke Körperseite

rechte Körperseite

rechte Herzhälfte

linke Herzhälfte



b) $A \rightarrow 2a + 2b$; $B \rightarrow 8a + 8b$; $C \rightarrow 4$; $D \rightarrow 7$; $E \rightarrow 1$; $F \rightarrow 3a + 5a$;
 $G \rightarrow 3b + 5b$; $I \rightarrow 6$; $J \rightarrow 5a + 5b$

c) Schemazeichnungen sind übersichtlich. Man kann Abläufe und Prinzipien einfach verdeutlichen und verstehen. Sie stellen die Wirklichkeit nicht gut dar, sind aber gut zum Lernen von Funktionen. Anleitung für Ingenieure.

Anatomische Zeichnungen stellen die Wirklichkeit gut dar. Sie können kompliziert sein und damit schwerer zu verstehen. Sie sind sinnvoll, wenn man ein Abbild der Natur benötigt. Anleitung für Ärzte.

3 Der menschliche Blutkreislauf im Weltall

1. **Reihenfolge:** oberer Blutdruckwert – Puls – unterer Blutdruckwert

2. Schülerindividuelle Lösungen.

QR-Code-Text zu Aufgabe 2:

Lege deinen Mittel- und Zeigefinger neben deinem Kehlkopf an den Hals. Wenn du nicht sofort einen Puls fühlst, bewege deine Finger etwas nach vorne oder nach hinten. Miss den Puls immer nur auf einer Seite gleichzeitig! Es reicht, die Finger ganz leicht auf den Hals zu legen. Zähle für 20 Sekunden die Schläge und multipliziere die Zahl dann mit 3. Das Zählen und Zeitmessen geht besonders gut, wenn man zu zweit arbeitet.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

Musterlösung:

- a) Erweiterte Arterien senken den Blutdruck, da mehr Platz für das Blut vorhanden ist. Enge Arterien steigern den Blutdruck, weil weniger Platz für dieselbe Menge Blut vorhanden ist.
- b) Ein hoher Pulsschlag erhöht auch den Blutdruck, weil mehr Blut schneller durch den Körper gepumpt wird. Ein niedriger Pulsschlag senkt den Blutdruck, weil das Blut langsamer fließen kann.
- c) Eine starke Durchblutung von Magen, Darm und Nieren erfordert viel Blut. Dieses Blut steht dann nicht mehr im restlichen Gefäßsystem zur Verfügung und senkt so den Druck dort. Weniger Durchblutung von Magen, etc. = mehr Blut im restlichen System = höherer Druck.

4. **Hinweis:** Erklären Sie bei Bedarf die Einheit mmHg (Millimeter-Quecksilbersäule), die – aus historischen Gründen – nur in der Medizin verwendet wird, um den Druck von Körperflüssigkeiten anzugeben. Dabei entspricht 1 mmHg dem statischen Druck, der von einer Quecksilbersäule von 1 mm Höhe erzeugt wird.

5. a) Das Anspannen der Beinmuskeln führt zu einer Verformung. Die Verformung übt Druck auf die Venen aus. Das Blut wird aktiv nach oben gedrückt.

b) Die Venenklappen verhindern, dass das Blut nach unten gedrückt wird. Das Blut kann nur in eine Richtung fließen, zum Herzen.

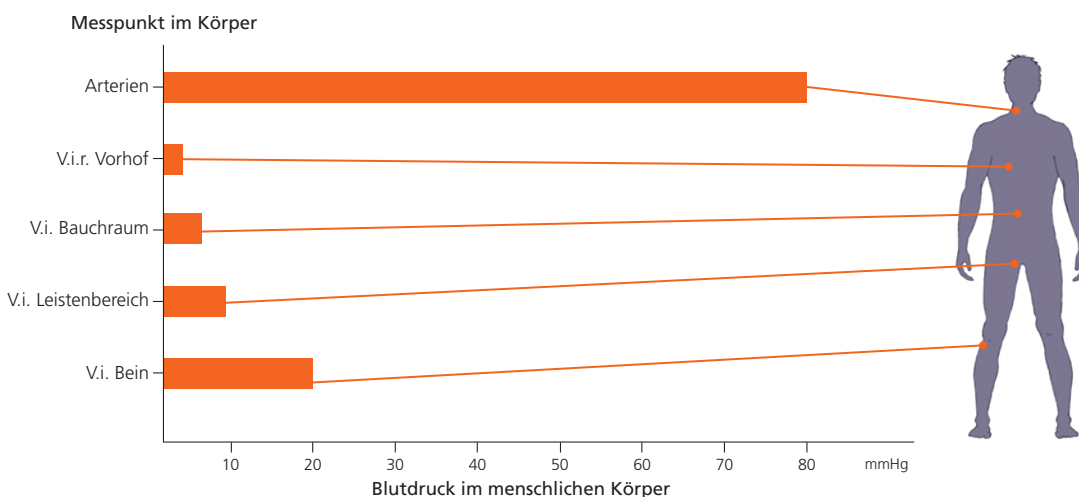
c) Die Aussage ergibt Sinn. Im Weltall brauchen die Astronauten die Muskelpumpe weniger, weil es keine Schwerkraft gibt. Zurück auf der Erde wird die Muskelpumpe benötigt, um den Blutfluss zu erleichtern. Von einem guten Blutfluss profitiert der ganze Körper.

6. Schülerindividuelle Lösungen.

7. a) Die Gewebe im Körper sind so angelegt, dass Blut „festgehalten“ und gegen die Schwerkraft transportiert wird. Ohne Schwerkraft fließt zu wenig Blut zurück.

b) Umgekehrter Effekt zu a). Der Körper hat sich an die Schwerelosigkeit gewöhnt. Diese ist erst einmal ungewohnt und es herrscht ein Ungleichgewicht, bis der Körper sich angepasst hat.

c) Schülerindividuelle Lösungen.



4 Was uns die Forschung im Weltall bringt

1. a) Es wird nur alle zwei Stunden gemessen. Das Messintervall ist zu groß. Um 14 Uhr kann man nicht sehen, wie lange die Temperatur schon zu niedrig ist. Zwischen den Messpunkten kann unbeachtet eine Sepsis stattfinden.

b) Eine Sepsis wird bei einer Stunde abweichender Körpertemperatur diagnostiziert. Um 11:15 Uhr überschreitet die Temperatur den Normalbereich, aber nicht lange genug. Um 14:15 Uhr überschreitet die Temperatur erneut den Normalbereich und bleibt zu hoch. Daher wird der Computer um 15:15 Uhr alarmieren.

2. a) Es ist unangenehm. Es ist unpraktisch. Es ist eine Infektionsgefahr. Das Wechseln ist zeitaufwendig.

b) Sensoren auf der Außenseite des Körpers können einfach gewechselt werden. Sie sind nicht unangenehm. Sie sitzen fest am Körper und können nicht abgerissen werden. Trotzdem werden Daten dauerhaft gemessen und der Computer alarmiert bei Bedarf.

3. a) Es bilden sich Ablagerungen an der inneren Wand des Blutgefäßes. Diese verengen das Blutgefäß. Es kann zunächst weniger, später kein Blut mehr fließen. Die roten Blutzellen werden zu braunen Zellen (sie sterben ab).

b) Dem Körper fehlt die Gegenkraft. Wenn der Blutfluss genauso stark ist wie auf der Erde, kommt als Resultat viel mehr Blut im Kopf an und es fehlt in den Beinen.

c) Der Körper kann nicht genug Blut in den Kopf transportieren, da die Gegenkraft zu hoch ist.

d) Die Hose erhöht den Druck auf die Beine und verhindert so, dass Flüssigkeiten in die Beine „absacken“. Das Blut kann so noch im Kopf „verwendet“ werden.

4. a) Schülerindividuelle Lösungen.

b) Für die ISS ist es zusammenfaltbar – wegen des Platzmangels auf der ISS. Es enthält Reißverschlüsse, damit gleichzeitig Forschung betrieben werden kann.

5. Erst muss sich der Körper an die Bedingungen in der Schwerelosigkeit anpassen. Bis das der Fall ist, haben die Astronauten Probleme mit zu viel Blut im Kopf. Wenn sie auf die Erde zurückkommen, müssen sie sich wieder an die Schwerkraft gewöhnen. Sie haben dann zu viel Blut in den Beinen und zu wenig im Kopf, wenn sie aufstehen. Der Körper passt sich aber an.

5 Praxis: Unser Herz in Ruhe und Aktion

1. a)	minimal	Mittelwert	maximal
Erwachsene	60	75	80
Kinder	75	100	120

Die Tabelle zeigt Ruhepulsbereiche.

b) Die Herzfrequenz wird in der Einheit bpm (beats per minute) angegeben.

2. Schülerindividuelle Lösungen.

Das Script mit dem Namen „AB5_2c.ino“ finden Sie unter www.space2school.de/AB5.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

Das Script mit dem Namen „AB5_3b.ino“ finden Sie unter www.space2school.de/AB5.

Hinweis: Erklären Sie bei Bedarf, dass die unterschiedliche Platzierung der Elektroden durch die weibliche Anatomie bedingt ist.

Modul 3 Das Bewegungssystem des Menschen

Einführung in das Thema

Knochen und Muskeln bilden den Bewegungs- und Stützapparat – und das ist Thema dieses Moduls. Neben den grundsätzlichen Informationen wird darauf eingegangen, wie ein Aufenthalt im Weltall den Bewegungs- und Stützapparat vor ganz besondere Herausforderungen stellt. Mit einem Blick auf die Raumfahrtmedizin und die Forschung im Weltall wird beleuchtet, wie Erkenntnisse aus der Schwerelosigkeit zusammen mit der Weltraumforschung auf der Erde wichtige Erkenntnisse zur Therapie von Krankheiten der Muskeln und Knochen hier auf der Erde liefern. Im Praxisteil wird aufgezeigt, wie Knochen und Muskeln am Beispiel der Hand zusammenwirken und moderne Fertigungstechnik genutzt werden kann, um „künstliche Hände“ herzustellen.

Methodische Vorgehensweise

Die Arbeitsblätter können unabhängig voneinander bearbeitet werden. Innerhalb der Arbeitsblätter haben die Aufgaben normalerweise einen steigenden Schwierigkeitsgrad. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Informationen aus den beiden AB 6 (Knochen) und AB 7 (Muskeln) ein sinnvolles Fundament für das AB 8 (Weltraummedizin) bilden und die erworbenen Kenntnisse aus den ersten Blättern stärker vernetzt werden. Alle drei Arbeitsblätter lassen sich in den Biologieunterricht integrieren, wobei für jedes Arbeitsblatt eine Doppelstunde angesetzt werden kann. Die Rechercheaufgaben können als Hausaufgaben oder als Differenzierung dienen.

Alle Arbeitsblätter dieses Moduls ermöglichen die Öffnung der Thematik über die reine Fachwissenschaft hinaus. Über das Praxis-Arbeitsblatt kann zusätzlich zur mechanischen Funktion der Hand auch auf Fragen nach bezahlbaren Prothesen aus dem 3D-Drucker für entlegene oder wenig entwickelte Regionen der Welt eingegangen werden.

Infos zu den Arbeitsblättern



In **Arbeitsblatt 6** werden die wichtigsten Bestandteile und der Aufbau von Knochen thematisiert. Für eine längere Unterrichtseinheit bietet es sich an, die im Arbeitsblatt beschriebenen Experimente zum Lösen des Knochenkalks in Säure/Essig und zum Zerstören des Kollagens durch Hitze praktisch durchzuführen. Zu beiden Versuchen gibt es zahlreiche Anleitungen im Internet, etwa: www.space2school.de/Knochenexperiment

Arbeitsblatt 7 behandelt Aufbau und Funktion von Muskeln sowie Muskeltraining von Weltraumfliegenden. Aber auch der Energiebedarf wird thematisiert. So lässt sich im Unterricht gut integrieren, welchen Nährwert Lebensmittel haben und wie viel Kalorien am Tag verzehrt werden sollten. Hierbei kann man auf den Beruf Ökotrophologin/Ökotrophologe eingehen; Infos beispielsweise unter www.space2school.de/Oekotrophologie.

Arbeitsblatt 8 vernetzt das Wissen aus den Arbeitsblättern 6 und 7 mit grundlegendem Physikwissen, da die Probleme des Krafttrainings im All aufgezeigt werden. Aktuelle Forschungsvorhaben der Weltraummedizin werden thematisiert und dadurch Krankheitsbilder auf der Erde besser verstanden. Die zusätzlichen Informationen eignen sich, um zu diskutieren, wie die Experimente der Weltraummedizin bei der Therapie von Krankheiten auf der Erde helfen können.

Arbeitsblatt 9 setzt sich mit der Herstellung von künstlichen menschlichen Körperteilen auseinander. Statt einer Handprothese wird die Verlängerung eines Armes vorgeschlagen. Wichtig ist bei der Planung die Führung der „Sehnen“ innerhalb des Modells. Diese werden im Weiteren durch stabile Schnüre ersetzt.



MEDIEN

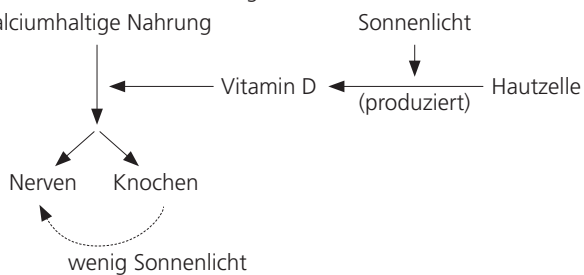
Der Einsatz von Computern, um im Internet recherchieren zu können, ist nicht zwingend notwendig, jedoch sinnvoll. Einzelne Aufgaben lassen sich bewusst mit den Smartphones der SuS (und dort installierter Software) bearbeiten. Weitere Hintergrundinformationen zur Glasknochenkrankheit und Osteoporose findet man z. B. unter www.space2school.de/Glasknochenkrankheit und www.space2school.de/Osteoporose. Für den praktischen Teil ist der Einsatz eines einfachen 3D-CAD-Systems notwendig. Systeme wie 123CAD, ThinkerCad oder Solid Edge sind in der Regel an den Schulen verbreitet.

6 Knochen – Hightech im menschlichen Körper

1. Alle Aussagen sind richtig bis auf „Zähne sind ebenfalls Knochen“, diese Aussage ist falsch.
2. Knochenhaut (A) – Knochenwand (B) – Markhöhle (E) – Knochenmark (D) – Knochenstäbchen (C) – Knorpelschicht (F)
3. Reihenfolge von oben nach unten: 3 – 6 – 4 – 2 – 5 – 1

4. a) Schülerindividuelle Lösungen.

b) calciumhaltige Nahrung



5. a) Die Essigsäure löst den Kalk aus den Osteonen. Es bleiben nur die flexiblen Kollagenfäden übrig. Der Knochen wird wie Gummi.
- b) Die Hitze zerstört das Kollagen. Es bleibt nur das Calcium erhalten. Diese zersplittern, wenn Hunde darauf beißen, weil das elastische Kollagen fehlt.

6. Schülerindividuelle Lösungen. *Musterlösung:*

GFK bestehen aus einer Faser, die alleine nicht stabil genug ist, und aus einem Klebstoff, der sehr fest, aber auch sehr spröde ist. Faser und Klebstoff zusammen vereinen die guten Eigenschaften und gleichen die schlechteren aus (nicht fest und spröde). Das entspricht den Knochen: Faser = Kollagen; spröder, fester Klebstoff = Calcium.

7 Muskeln ermöglichen Bewegungen

1. a) **Drücken von oben:** Muskel vorne: entspannt; Muskel hinten: angespannt
Drücken von unten: Muskel vorne: angespannt; Muskel hinten: entspannt
- b) Schülerindividuelle Lösungen.

2. (A) Knochen stützen ...
 (B) Sehnen dienen ...
 (C) Ein Muskel besteht ...
 (D) Muskelfaserbündel werden von ...
 (E) und (F) Muskelfaserbündel enthalten viele Muskelfasern ...
 (G) Sarkomere sind kurze ...
 (H) Die eigentliche Muskelbewegung ...

3. a) *QR-Code-Text zu Aufgabe 3a):*

Der Körper eines Menschen kann nicht vollständig „aus- und eingeschaltet“ werden. Selbst dann, wenn der Mensch schläft, braucht er immer noch Nährstoffe und wandelt Energie um. Nur so können die lebenswichtigen Prozesse aufrecht erhalten werden. Die Energie, die der Körper mindestens benötigt, heißt „Grundumsatz“.

Muskeln benötigen viel Energie, obwohl sie gar keine Arbeit verrichten, wenn der Mensch liegt und ruht. Anders als technische Geräte, die im Standby-Modus ebenfalls einen (geringeren) Energiebedarf haben, kann der Körper solche „Energiefresser“ wie nicht benutzte Muskeln auf- oder abbauen.

b) und c)

	kg	55	60	65	70	75
männlich	kcal	1320	1440	1560	1680	1800
weiblich	kcal	1188	1296	1404	1512	1620

d) Muskeln verbrauchen sogar Energie, wenn sie nicht arbeiten. Wenn die Muskeln also nicht gebraucht werden, sind sie für den Körper energetisch „zu teuer“. Nur wenn Muskeln gebraucht werden, lohnt es sich, diesen Energie zuzuführen.

4. a) Hypothese: Während der Zeit im All wurden die Muskeln in den Beinen nicht benötigt und daher abgebaut.
- b) Heute machen Astronauten gezieltes Krafttraining im Weltraum. Dadurch werden die Muskeln benutzt und nicht abgebaut.

QR-Code-Text zu Aufgabe 4b):

Der Tagesablauf der Crew richtet sich nach einem Bordstundenplan, der „Timeline“ genannt wird. Er beginnt mit dem Aufstehen und Waschen. Nach dem Frühstück bespricht die Crew mit den Kontrollzentren per Funk, welche Arbeiten zu erledigen sind. Dazu gehören Experimente, aber auch Reparaturen oder Wartungsarbeiten. Außerdem stehen täglich mehrere Stunden Fitnesstraining auf dem Programm. Mittag- und Abendessen werden gemeinsam eingenommen. Abends haben alle Crewmitglieder etwas Freizeit. Manche hören dann Musik, andere genießen den Blick auf die Erde.

Quelle: https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-18019/28600_read-74226/ – Text gekürzt.

5. a) bis c) Schülerindividuelle Lösungen.

8 Forschung im All für Herausforderungen auf der Erde

1. a) Laufband mittel – kurze Hanteln schlecht – lange Hanteln schlecht – Gummibänder gut – Fahrrad mit Luftwiderstand mittel – Training mit Körpergewicht schlecht

b) Im Weltall herrscht Schwerelosigkeit. Alle Geräte, die auf der Erde mit Gewicht funktionieren, tun dies im All nicht (Hanteln, Training mit Körpergewicht). Beim Fahrrad und Laufband müsste der Astronaut auf den Geräten „befestigt“ werden.

c) Schülerindividuelle Lösungen. *Musterlösung:*
Das Flywheel besteht aus einer Scheibe und einem Band mit Griff. Wenn man an dem Band mit Muskelkraft zieht, dreht sich die Scheibe. Die mechanische Energie des Ziehens wird in Rotationsenergie umgewandelt. Wenn das Band zu Ende ist, wird keine mechanische Energie mehr auf das Rad übertragen. Die Rotationsenergie des Rades wird dann auf das Band übertragen. Zum Bremsen der Rotationsenergie muss Muskelenergie aufgebracht werden. So werden Muskeln beim Ziehen und beim Bremsen trainiert.

2. a) QR-Code-Text zu Aufgabe 2a):
In der Schwerelosigkeit verändert sich der Körper: Muskeln und Knochen bauen ab – und auch die Sehkraft lässt nach, vielleicht zusätzlich die Gehirnleistung. Wie können die Astronautinnen und Astronauten, die jahrelang im All unterwegs sind, die zunehmenden körperlichen Beeinträchtigungen aufhalten? Das untersucht die neue Bettruhestudie des DLR im Auftrag der NASA. Durch den Wegfall der Schwerkraft verschieben sich die Körperflüssigkeiten in Richtung Kopf und rufen unter anderem Veränderungen an den Augen und im Gehirn hervor. Das Ziel der Studie ist es, geeignete Maßnahmen zu entwickeln, um diesen Problemen entgegenzuwirken. Die Bedingungen in der Schwerelosigkeit lassen sich auf der Erde besonders gut im Liegen nachempfinden, wenn sich die Flüssigkeiten im Körper gleichmäßig verteilen.

Quelle: https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2020/04/20201126_30-tage-liegen-fuer-den-weltraum-effekt

b) Astronauten haben im Weltall Probleme, die in ähnlicher Form auch auf der Erde vorkommen. Die Erkenntnisse, die man aus der Weltraumforschung zieht, können daher auch für Krankheiten und deren Heilung genutzt werden.

c) Schülerindividuelle Lösungen.

d)

nur Experiment	Experiment und Patienten	nur Patienten
strenge Ernährung	liegen lange im Bett	Übergewicht
Gespräche	Knochenschwund	Langeweile
sinnvoll	Muskelschwund	Depressionen
Training	Gehirnschwund	Verdauungsprobleme

3. a) Das Liniendiagramm zeigt die Knochenverformung in der Einheit μStrain auf der x-Achse und die Knochendichte ohne Einheit auf der y-Achse. Bei einer Knochenverformung kleiner als 1000 μStrain nimmt die Knochendichte linear ab. Bei einer Knochendichte größer als 1500 μStrain nimmt die Dichte zu. Dazwischen bleibt die Dichte konstant.

b) Die Patienten und die Testteilnehmer belasten die Knochen unter 1000 μStrain , da sie nur im Bett liegen. Dabei werden die Knochen nicht verformt. Astronauten verformen ihre Knochen nicht, weil sie im Weltall keiner Schwerkraft ausgesetzt sind.

c) Damit die Knochendichte nicht abnimmt, muss die Verformung der Knochen über 1000 μStrain liegen. Die Vibration der Platte verformt die Knochen mit mehr als 1000 μStrain .

d) Damit die Knochen durch die Vibration verformt werden, muss der Astronaut auf die Platte drücken. Auf der Erde bewirken das Schwerkraft und Körpergewicht. Im Weltall verhindert das Gestell, dass der Astronaut einfach wegfliegt.

9 Praxis: Organe aus dem Drucker?

1. **Vorteile:** zerstörte oder nicht mehr vorhandene Teile können ersetzt werden.

Nachteile: die künstlichen Knochen werden oftmals noch vom Immunsystem des Körpers abgestoßen.

2. Schülerindividuelle Lösungen.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

4. Statt der Ringe Servomotoren an den Schnüren verbauen. So würden sich die Finger elektrisch bewegen lassen. Ein weiterer Finger würde feineres Greifen ermöglichen.

Modul 4 Das Verdauungssystem des Menschen

Einführung in das Thema

Dieses Modul greift die Thematik Ernährung und Verdauung in der Schwerelosigkeit auf. Dabei werden neben den allgemeinen biologischen Grundlagen der Verdauung die Besonderheiten im All und die dort auftretenden Probleme bearbeitet. Die Schülerinnen und Schüler (SuS) werden mithilfe unterschiedlicher Aufgaben dazu angehalten sich zu informieren, Vorwissen einzubringen und Lösungsansätze für die angesprochene Problematik zu erarbeiten.

Ein Schwerpunkt des Moduls liegt in der Reaktion des Körpers auf die Bedingungen im Weltraum bezüglich Ernährung und Verdauung. Den SuS soll bewusst werden, welchen Einfluss die Schwerelosigkeit kurz-, mittel- und langfristig auf den Körper hat, welche Probleme zu erwarten sind und wie diesen entgegengewirkt werden kann.

Methodische Vorgehensweise

Alle Arbeitsblätter können unabhängig voneinander bearbeitet werden und ermöglichen verschiedene Sozialformen. Die Methodik ist bewusst vielfältig gestaltet, um den SuS ein motiviertes und abwechslungsreiches Lernen zu ermöglichen.

Infos zu den Arbeitsblättern



Arbeitsblatt 10 behandelt die Grundlagen der Verdauung und greift dann die Rolle von Ballaststoffen auf, die im All nur schwer zugänglich sind. Sie können in diesem Zusammenhang allgemein das Thema „gesunde Ernährung“ behandeln. Außerdem werden die SuS dazu angehalten, den Stand der Forschung bezüglich „Weltraumgärten“ und die damit verbundene Problematik zu recherchieren.

Arbeitsblatt 11 erläutert die Auswirkungen des Fluid-Shift-Syndroms. Dann geht es auf die Anforderungen ein, die an Weltraumnahrung gestellt werden, und erarbeitet „die Rolle der Mikroorganismen“ bei der Verdauung sowie die wichtige Rolle von Calcium und Vitaminen. Auch die Entwicklung der Weltraumnahrung im Laufe der Jahrzehnte wird thematisiert.

Arbeitsblatt 12 geht auf die veränderte Verdauung in der Schwerelosigkeit und das Verhalten von entstehenden Gasen unter diesen Bedingungen ein. Außerdem wird thematisiert, wie adaptierte Ernährung dieses Problem in den Griff bekommen kann. Anschließend wird das Thema „Weltraumtoilette“ mit dem aktuellen Stand der Entwicklung diesbezüglich behandelt.

Arbeitsblatt 13 widmet sich sogenannten elektronischen Nasen: hochempfindlichen Sensoren zum Aufspüren von Gasen. In drei Projekten mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad können die SuS selbst elektronische Nasen bauen.



Hinweis: Beachten Sie unbedingt alle Sicherheitshinweise sowie das Gefährdungsprotokoll unter www.space2school.de/Gefaehrdungsprotokoll.

Wir weisen darauf hin, dass die Schülerexperimente unter Aufsicht von Lehrkräften erfolgen müssen. Die Durchführung der Praxisteile erfolgt auf eigenes Risiko der jeweiligen Lehrkraft, die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR übernimmt keine Haftung für Schäden, die mit deren Durchführung in Zusammenhang stehen.



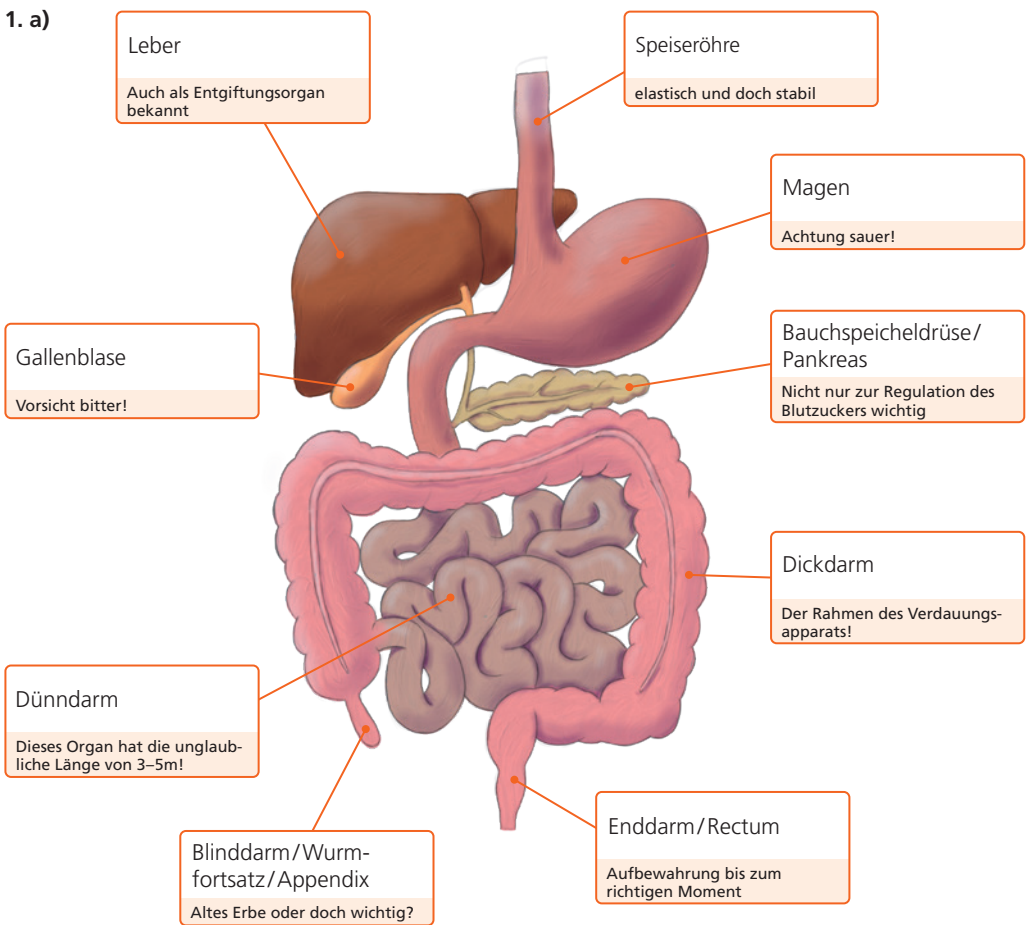
MEDIEN

An einigen Stellen ist die Verwendung eines Computers oder Smartphones nötig. Es wurde jedoch darauf geachtet, dass sowohl moderne Medien als auch herkömmliche Materialien in Form von Texten, Abbildungen und Rätseln zum Einsatz kommen.

Im Praxisteil (AB 13) wird das System Arduino verwendet; prinzipiell sind auch andere Systeme einsetzbar.

10 Bauchweh im Weltraum

1. a)



b) Reihenfolge von links oben nach unten bis rechts oben nach unten: Gallenblase – Wurmfortsatz – Dickdarm – Speiseröhre – Dünndarm – Magen – Bauchspeicheldrüse – Leber – Mund – Enddarm

c) Schülerindividuelle Lösungen. *Musterlösung:*

Zotten: fingerartige Ausstülpungen des Dünndarms, die der Oberflächenvergrößerung dienen

enzymatisch: von Enzymen verursacht/durchgeführt (Enzyme sind Biokatalysatoren, die Stoffwechselprozesse in Gang bringen)

Resorption: Nährstoffaufnahme aus dem Nahrungsbrei im Darm während der Verdauung

2. a) Ballaststoffe sind unverdauliche Nahrungsbestandteile, die für eine gesunde Verdauung unverzichtbar sind. Sie stärken die Darmflora, regen die Darmtätigkeit an und erhöhen das Volumen der Ausscheidungen.

b) Leinsamen – Salat – Kartoffeln – Äpfel – Nüsse – Vollkornbrot – Pilze

c) konservierbar, lange haltbar, keimfrei, nicht blähend

d) *Beispiele:* Nüsse, Samen, Trockenobst, getrocknete Pilze ...

3. a) Schülerindividuelle Lösungen.

b) Da es in der Schwerelosigkeit kein definiertes „oben“ und „unten“ gibt, haben die Pflanzen Probleme mit einem geordneten Wurzelwachstum. Schon als Keim unter der Erde im Dunkeln orientieren sich Pflanzen normalerweise mithilfe der Schwerelosigkeit, um in die richtige Richtung zu wachsen. Außerdem sind die Lichtverhältnisse im All schlechter, sodass die dort herrschenden natürlichen Lichtverhältnisse dem Wachstum der Pflanzen nicht zuträglich sind.

c) Die Pflanzen müssen mit künstlichem Licht ihrem Bio-Rhythmus gemäß beleuchtet werden. Dieses Licht muss dem Sonnenlicht möglichst ähnlich sein, d.h. es muss die richtige Wellenlänge besitzen, um den Pflanzen ein Wachstum unter erdähnlichen Bedingungen zu ermöglichen.

d) Schülerindividuelle Lösungen. *Möglichkeiten:* leicht angewachsene Pflanzen ins All schicken; Wasser, mit denen die Kresse versorgt wird, mit Dünger (Nährstoffen, Mineralien) anreichern ...

11 Weltraumreisende bitten zu Tisch

1. a) Unter dem Fluid-shift-Syndrom versteht man die Umverteilung von Körperflüssigkeiten von den Beinen in den Oberkörper, wodurch das Gesicht der Astronauten unter dem Einfluss der Schwerkraft anschwillt.

QR-Code-Text zu Aufgabe 1a):

Das „Fluid-shift-Syndrom“

Zu Beginn der Reise ins All (in den ersten drei bis sechs Wochen) passt sich der Körper nach und nach der Schwerkraft an. Neben anderen körperlichen Symptomen kommt es auch zu Veränderungen des Flüssigkeits- und Elektrolythaushalts. Auswirkungen all dieser Veränderungen sind z. B. die Reisekrankheit im Weltraum, Schlaflosigkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Rückenschmerzen und eine verstopfte Nase.

Aufgrund der Schwerkraft kommt es zu einer Umverteilung von Körperflüssigkeiten von den Beinen in Richtung Oberkörper und Gesicht. Dies führt zum „Puffy-face-bird-leg“-Syndrom. Das bedeutet, dass das Gesicht anschwillt und aufgedunsen aussieht, während die Beine an dünne Vogelbeine erinnern. Das Volumen des Blutplasmas verringert sich schon bei einem kurzem Aufenthalt im Weltraum, da vermehrt Flüssigkeit von den Blutgefäßen zum Gewebe transportiert wird.

b) Durch das Anschwellen des Gewebes im Gesicht wird der Geruchssinn beeinträchtigt und der Geschmackssinn wird vermindert. Da Geruchs- und Geschmackssinn zusammenhängen, tritt deren Beeinträchtigung gemeinsam auf.

c) Schülerindividuelle Lösungen.

2. a) Unter Darmflora versteht man die Besiedelung des Darms mit nützlichen Bakterien. Die Darmflora des Menschen wird grundsätzlich von zwei Bakterienstämmen und ihren Unterstämmen dominiert.

b) Alle Aussagen richtig; nur diese Aussagen sind FALSCH:
– Jeder Mensch hat Zeit seines Lebens die gleiche Darmflora.
– Ernährung hat keinen Einfluss auf die Zusammensetzung der Darmflora.

c) Hypothese:

Roher Fisch ist häufig mit Keimen verunreinigt, da diese erst durch Hitze einwirkung (kochen) abgetötet werden. Diese und andere Erreger können das Gleichgewicht der Darmflora stören und zu Erkrankungen des Verdauungstrakts führen.

Außerdem ist der Zugang zu frischem Obst und Gemüse schwierig für Astronauten. Die darin enthaltenen Ballaststoffe sind jedoch essenziell, um eine gesunde Besiedelung des Darms zu gewährleisten.

3. Schülerindividuelle Lösungen. *Musterlösung:*

Sternköche erobern das All

Lange Zeit wurde Astronautenkost mit Essen aus der Tube in Verbindung gebracht. Hier hat sich allerdings einiges getan. So bekocht heute beispielsweise der Sterne-Koch H. Wohlfahrt die Passagiere der ISS. Dabei achtet er darauf, die Speisen stärker zu würzen und geht auf die Wünsche der Raumfahrenden ein, die sich häufig eher Hausmannskost als feine Küche wünschen. Wichtig ist es auch, die Speisen so zuzubereiten, dass sie möglichst lange haltbar sind – sterile Konserven sind also hilfreich. Da Astronauten oft weniger hungrig sind, ist es besonders wichtig, dass das Essen schmeckt. Auch für die Seele ist eine gemeinsame Mahlzeit wichtig!

4. a) Vorteile: Gute Versorgung mit Calcium und Vitaminen – Frische Lebensmittel fördern die Verdauung. – Frische Lebensmittel sind geschmacksintensiv und fördern das seelische Wohlbefinden.

Nachteile: Es ist aufwendig und teuer, frische Lebensmittel zur Raumstation zu befördern. – Es besteht die Gefahr Keime einzuschleppen. – Frische Lebensmittel wie Obst, Gemüse und Milchprodukte sind häufig blähend.

b) 1. Karotten – 2. Milch – 3. Brokkoli – 4. Müdigkeit – 5. fettlöslich – 6. Resorption – 7. Sonne – 8. Paprika – 9. Orange – 10. Kaese – 11. Rachitis – 12. Osteoporose – 13. Sushi

12 Verdauung in der Schwerelosigkeit

1. a)

- Bei der Verdauung von Ballaststoffen durch Mikroorganismen entstehen Gase.
- Eine übermäßige Aufnahme von Luft beim (zu schnellen) Essen führt dazu, dass vermehrt Gase im Darm auftreten.
- Ein Ungleichgewicht der Darmflora im Zuge einer Magendarminfektion oder Lebensmittelunverträglichkeit kann zu Blähungen führen.

b) und c) Schülerindividuelle Lösungen.

2. a) Im Weltraum kann man nicht rülpfen, weil die Gase in der Schwerelosigkeit nicht „nach oben“ durch die Speiseröhre ausgestoßen werden können. Alles andere geht wie auf der Erde auch.

QR-Code-Text zu Aufgabe 2b):

Auch die Verdauung der Astronauten „knattert“.

Im Weltall entstehen bei der Verdauung ebenso wie auf der Erde Gase als Stoffwechselprodukt. Außerdem nehmen sowohl Erdbewohner als auch Astronauten bei der Aufnahme von Lebensmitteln Luft und Gase mit auf. Allerdings verhalten sich die Gase aufgrund der Schwerelosigkeit im Weltall anders. Auf der Erde sammelt sich die bei der Nahrungsaufnahme verschluckte Luft im oberen Teil des Magens, während die

Speisen nach unten sinken. Dies hat zur Folge, dass wir einen Großteil der aufgenommenen Luft durch Aufstoßen wieder an die Umwelt abgeben. Im Weltall findet diese Trennung des Luft-Speise-Gemisches nicht statt. Dadurch gelangen sowohl Nahrung als auch verschluckte Luft über den Magen tiefer in den Verdauungstrakt, was zur Folge hat, dass die Luft mit in den Darm wandert und über diesen flatuliert wird.

b) Gase können im All nur über den Darm ausgeschieden werden. Blähende Lebensmittel und kohlenensäurehaltige Getränke erhöhen die Gasmenge im Darm immens. Dies würde dazu führen, dass die Astronauten verstärkt unter Verdauungsproblemen und dem damit einhergehenden Unwohlsein leiden würden. Außerdem ist eine gestörte Verdauung in kleinen Räumen – was auf Raumschiffen der Fall ist – auch für die Mitmenschen eine Belastung.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

4. Schülerindividuelle Lösungen.

Informationen zum Thema beispielsweise unter:

- www.space2school.de/Alltag-Schwerelosigkeit
- www.space2school.de/Entleerung-ISS-Toilette

13 Praxis: Elektronische Nasen schnüffeln

1. Mit der E-Nose kann an verschiedenen Stellen der ISS die mikrobielle Belastung gemessen werden. Sie erkennt dabei für den Menschen schädliche Pilzsporen in unzugänglichen Ecken. Auf dem sogenannten Target-Book wird außerdem untersucht, wie gut bzw. schlecht biologische Kulturen auf verschiedenen Materialproben (z. B. Aluminium, Kunststoff oder Gummi) siedeln.

2. Sie können Gerüche erkennen, die der Mensch aufgrund von Einschränkungen (Helm, Schnupfen, Gesichtsmaske ...) nicht oder zu spät erkennt. Auch Gerüche in niedriger Konzentration oder großer Entfernung können so erfasst werden.

3. **MQ-2:** Methan und Butan; **MQ-3:** Alkohol und Ethanol;
MQ-4: Erdgas; **MQ-5:** Schwebeteilchen und Rauch;
MQ-6: Butan und LPG-Gas; **MQ-7:** Kohlenstoffmonoxid

4. Schülerindividuelle Lösungen.

Das Script für „Projekt 2: Alkoholmessgerät“ finden Sie unter www.space2school.de/AB13.

Wenn der Sensor zum ersten Mal verwendet wird, sollte er „eingebrennt“ werden, d. h. er bleibt einige Stunden lang eingeschaltet. Dabei kann möglicherweise ein Brandgeruch wahrgenommen werden, das ist aber normal. Durch das Einbrennen wird die Genauigkeit des Sensors verbessert.

Das Script für „Projekt 3: Rauchdetektor“ finden Sie unter www.space2school.de/AB13.

5. Schülerindividuelle Lösungen.

Script für Projekt 1: Gasdetektor

```
// Projekt 1: LPG Gasdetektor
int LED = 12;
int BUZZER = 13;
int LPG_sensor = 3; // MQ-6 SENSOR
int LPG_detected;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  pinMode(LPG_sensor, INPUT);
}
void loop()
{
  LPG_detected = digitalRead(LPG_sensor);
  Serial.println(LPG_detected);
  if (LPG_detected == 1)
  {
    Serial.println(„LPG detected...“);
    digitalWrite(LED, HIGH);
    digitalWrite(BUZZER, HIGH);
  }
  else
  {
    Serial.println(„No LPG detected.“);
    digitalWrite(LED, LOW);
    digitalWrite(BUZZER, LOW);
  }
}
```

Modul 5 Das Nervensystem und die Psyche

Einführung in das Thema

Die Möglichkeiten der „Nervenforschung“ in der Schwerelosigkeit und die Belastungen während eines Weltraumaufenthaltes auf das Nervensystem und -kostüm sind Gegenstand dieses Moduls. Die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf das Herz-Kreislaufsystem sind den Schülerinnen und Schülern (SuS) oftmals in Ansätzen bekannt. Erstaunt sind sie hingegen, wenn im Unterricht dieses Modul behandelt wird. Aufgrund der geplanten Weltraummissionen zum Mars werden die gesundheitlichen Aspekte und Folgen solcher sehr langen Aufenthalte aktuell mit Hochdruck untersucht – vor allem die Frage, ob Astronauten irreparable Folgen davontragen können, die das Gehirn oder die Augen betreffen.

Die Arbeitsblätter dieses Moduls bieten einen Einstieg in die Funktionsweise des Nervensystems, des Gehirns und der Augen und behandeln daraus resultierende Probleme in der Schwerelosigkeit. Zwei Arbeitsblätter beschäftigen sich mit den emotionalen und psychischen Auswirkungen langer Aufenthalte im All. Das Praxis-Arbeitsblatt behandelt die positiven und negativen Auswirkungen von UV-Strahlung auf den menschlichen Körper und die menschliche Psyche.

Methodische Vorgehensweise

Alle Arbeitsblätter können unabhängig voneinander bearbeitet werden und ermöglichen verschiedene Sozialformen. Die Methodik ist bewusst vielfältig gestaltet, um den SuS ein motivierendes und abwechslungsreiches Lernen zu ermöglichen.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Arbeitsblätter 14 und 15 als Kombination hintereinander gut funktionieren. Alle Arbeitsblätter lassen sich in den Biologieunterricht integrieren, wobei für jedes Arbeitsblatt eine Doppelstunde angesetzt werden kann. Rechercheaufgaben können als Hausaufgaben oder als Differenzierung dienen.

Infos zu den Arbeitsblättern



Arbeitsblatt 14 behandelt die grundlegende Funktionsweise des Nervensystems und die Reizweiterleitung. Einige neurologische Erkrankungen werden erwähnt. Immer wird die Verbindung zu den Besonderheiten des Aufenthaltes in der Schwerelosigkeit hergestellt.

Hinweis: Es empfiehlt sich, mit Fingerspitzengefühl vorzugehen und im Vorfeld mögliche neurologische Erkrankungen der SuS zu erfragen, um diese entweder gezielt zu thematisieren oder außen vor zu lassen.

Arbeitsblatt 15 zeigt Auswirkungen auf die Reizweiterleitung und die Augen in der Schwerelosigkeit. Viele SuS haben eine Sehschwäche – somit bietet dieses Arbeitsblatt eine gute fächerübergreifende Möglichkeit, um Biologie, Physik und persönliche Erfahrung zusammenzuführen.

Arbeitsblatt 16 stellt Verfahren zur Untersuchung des Gehirns vor sowie Veränderungen unter Weltraumbedingungen. Es lädt mit einzelnen Aufgaben zur Diskussion über das eigene Schlafverhalten ein. Die empfohlenen 8 h bis 11 h täglicher Schlaf für Jugendliche kann man gut als Diskussionsgrundlage einbringen.

Arbeitsblatt 17 beginnt mit der Abwandlung eines bekannten Spiels zur Teambildung. Dann werden unterschiedliche mögliche Auswirkungen von Langzeitmissionen auf die Psyche thematisiert.

Hinweis: Vor allem für Aufgabe 2 informieren Sie sich bitte im Vorfeld, ob es in Ihrer Klasse Fälle von psychologischen Problemen gab oder aktuell gibt. Nehmen Sie sich ggf. eine Schulsozialbegleitung mit in den Unterricht, um sachgerecht auf eine mögliche Diskussion von Krankheitsfällen zu reagieren.

Arbeitsblatt 18 deckt den Praxisteil ab. Nach einer Hinführung zum sogenannten UV-Index wird mithilfe einer detaillierten Anleitung ein einfaches UV-Messgerät gebaut, welches den Strahlenindex und eine Warnmeldung auf einem Display ausgibt.

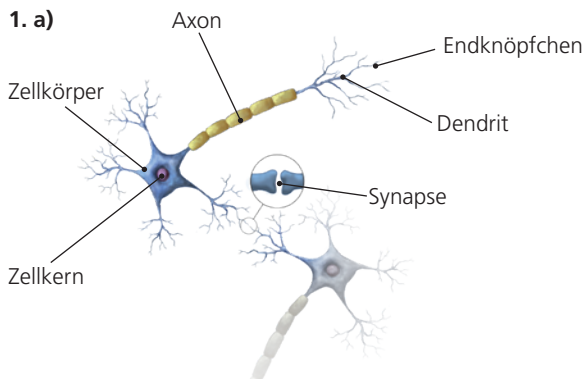


MEDIEN

Aufgrund der Aktualität der hier vorliegenden Themen benötigt man für viele Aufgaben einen Internetzugang.

Im Praxisteil (AB 18) wird das System Arduino verwendet; prinzipiell sind auch andere Systeme einsetzbar.

14 Der Körper unter Strom



- 1. a)**
- b) Schülerindividuelle Lösungen. Musterlösung:**
 Z. B. Kabel zum Hörer: Axonen, Telefonhörer: Dendriten, Muschel (bei alten kabelgebundenen Telefonen): Endknöpfchen, Telefonhörer-mikrofon: Synapse.
 Zellkörper: Telefon oder Router/Wandler, Empfänger: Muskel, Anrufer: Gehirn, Signale: elektrische Signale
- c) Computer, Netzwerk, Cloud, Fadensystem einer Marionette, ...**

- 2. a) EKG (Elektrokardiogramm):** bei Herzinfarkt und Herz-Rhythmus-Störungen.
EEG (Elektroenzephalogramm): bei Epilepsie, Enzephalitis, Fieberkrampf.
- b) Elektrotherapie** (je nach Frequenzbereich): Förderung der Durchblutung und Anregung des Stoffwechsels, Erwärmung von Haut und tieferen Gewebeschichten, Lockerung der Muskulatur, Beeinflussung der Schmerzweiterleitung – Reizstromtherapie in Wasser (**hydroelektrische Bäder**), als **Ultraschalltherapie** oder transkutane elektrische Nervenstimulation (**TENS**)
- c) Ein EMS-Anzug** macht das Fitnesstraining effizienter und könnte gegen Muskel- und Knochenschwund helfen sowie in der Rehabilitationstherapie den Trainingserfolg steigern.

- 3. a)**
- Nerv an der Hand registriert Hitze
 - Nervenleitung von Hand bis ins Gehirn leitet elektrisch den Reiz weiter
 - Gehirn reagiert mit Schmerz

QR-Code-Text zu Aufgabe 3a):
 Sinneszellen an der Hand registrieren den Reiz (Hitze) und leiten ihn über spezifische Nervenzellen ans Gehirn. Zwischen den Nervenzellen wird an den Synapsen mittels chemischer Transmitter der Reiz weitergeleitet und „verrechnet“. Das Gehirn interpretiert den Reiz als Schmerz.

- b)** Die Transmitter können anregend oder hemmend wirken. Wird in einem kleinen Zeitfenster eine bestimmte Menge an anregenden Transmittern registriert, wird der Reiz weitergeleitet. Wird hemmender Transmitter registriert, wird eine Weiterleitung unterdrückt. Anregende und hemmende Transmitter werden dabei „verrechnet“.
- c)** Das Gehirn kann (bei einem nicht ZU heißen Topf) bewusst die Reize, die es als Schmerz interpretiert, unterdrücken. Zudem kann es durch stärkeres Ausschütten von hemmenden Transmittern die hemmende Wirkung weiter unterstützen. Resultat: Wir lassen den Topf nicht los.
- d) Unterdrücken:** Schockzustand, Fokussieren auf Notsituation, Flucht; *Sensibilisieren:* Gefahr, Stress
- e) Schülerindividuelle Lösungen. Musterlösung:**
 Es handelt sich um einen Reflex. Dieser wird direkt über das Rückenmark geleitet und die Hand wird sofort zurückgezogen, ohne dass die Information erst an das Gehirn übermittelt wird. Die direkte Verschaltung spart Zeit und verhindert so schlimme Verletzungen.
Weitere Beispiele: Kniesehenreflex (verhindert Stürze), Lidschlussreflex (verhindert Augenverletzungen), Greifreflex bei Babys (verhindert das Runterfallen vom Rücken der Mutter, ein Relikt aus Urzeiten)

4. Schülerindividuelle Lösungen. Mögliche Lösung*

- 5. a) Schülerindividuelle Lösungen. Wichtige Begriffe in der Mindmap sind:** zentrales Nervensystem (Gehirn & Rückenmark), peripheres Nervensystem (restliches Nerven-S.), somatisches Nervensystem (bewusste Vorgänge) und vegetatives Nervensystem (autonomes System regelt Abläufe im Körper)
- b)** Gähnen, Erröten, Lampenfieber, Prüfungsangst, Schluckauf, Lachkrampf, Schweißausbruch
- c) Schülerindividuelle Lösungen.**

*Mögliche Lösung zu 4:

Neurotransmitter	positive Wirkungen	negative Wirkungen
Dopamin	Aktivierung des Belohnungssystems	psychische Abhängigkeit
Serotonin	Glücksgefühle, Euphorie	hoher Blutdruck und Herzschlag, reduziertes Erinnerungsvermögen, Depression
Adrenalin	Wachheit, körperliche Vitalität	hoher Blutdruck und Herzschlag, Zittern, Übelkeit, Angstgefühle
Anandamid	friedliche Entspannung	Hunger, Störung des Kurzzeitgedächtnisses und der Motorik
Acetylcholin	Entspannung oder Anregung, verbesserte Konzentration	Unruhe, Überreiztheit, Übelkeit
Endorphine	reduzieren Stress, schmerzhemmend, Glücksgefühle	psychische Abhängigkeit

15 Nerven in der Schwerelosigkeit

- 1. a)** Schülerindividuelle Lösungen. Möglich wäre eine Veränderung der Geschwindigkeit der elektrischen Leitung oder eine veränderte chemische (Transmitter) Funktionsweise.
- b)** Die neuronalen Netzwerke können in Echtzeit in vitro gemessen werden und es müssen keine Elektroden in eine Zelle eingeführt werden.
- c)** Chemische Substanzen werden ggf. schneller/langsamer oder gar nicht in die Zelle eingebaut. Dies kann zu verändertem Verhalten von Neurotransmittern führen und die Wirkung von Medikamenten im Weltraum verändern.
- 2. a)** Bei Jugendlichen liegen vor allem Kurz- und seltener Weitsichtigkeit vor. Allgemein treten bei Älteren häufig Netzhautablösungen, grauer oder grüner Star auf.
- b)** Papillenödem, zunehmende Weitsichtigkeit, Augapfelabflachung, Cotton-Wool-Herde (wattebauschartige Verschattungen des Augenhintergrundes)
- c)** Wegen der fehlenden Schwerkraft fließt mehr Blut und Nervenflüssigkeit in den Kopf und erhöht dort das Volumen (Stichwort „puffy face“). Vor allem die Nervenflüssigkeit drückt dabei auf den Augapfel.
- d)** Schülerindividuelle Lösungen.
- e)** Da das Innere des Auges (Glaskörper) aus einer gallertartigen Masse mit 98 % Wasser besteht, erzeugt jedes hochenergetische Teilchen eine kleine Tscherenkow-Welle, die einen bläulichen Lichtblitz im Auge verursacht – auch wenn man das Auge geschlossen hat.

16 Das Gehirn in der Schwerelosigkeit

- 1. a)** EEG = Elektroenzephalografie; misst die elektrische Aktivität des Gehirns. MRT = Magnetresonanztomographie; nutzt magnetische Wechselfelder, um unterschiedliche Gewebearten darzustellen. CT = Computertomographie; verwendet Röntgenstrahlung zur Untersuchung des Gewebes. PET = Positronen-Emissions-Tomographie; misst die radioaktive Verteilung einer zuvor verabreichten radioaktiven Substanz.
- b)** EEG – MRT – PET – CT
- c)** Kostengünstiges, kleines Gerät für die Blutvolumenverschiebung und Sauerstoffsättigung im Gehirn.
- d)** Tiere und Kleinkinder, da sich diese nicht einer aufwendigen, lange andauernden MRT-Untersuchung unterziehen können.
- 2. a)** Das gesamte Volumen des Kopfes kann wegen der knöchernen Schädeldecke nicht größer werden. Je mehr Flüssigkeit im Kopf ist, desto größer ist dann der Druck, der im Kopf herrscht. – Folge: Ein höherer Druck presst das Gehirn zusammen.
- b)** Weiße Substanz: überwiegend Nervenbahnen; graue Substanz: überwiegend Nervenzellen. – Das Hirnwasser ist aufgrund des höheren Drucks in die weiße Substanz gepresst worden, wohingegen die graue Substanz dem Druck nachgab und schrumpfte.
- c)** Neue Verknüpfungen entstehen, wenn das Gehirn etwas Neues lernt. Die Bewegungsabläufe und motorischen Reaktionen in der Schwerelosigkeit unterscheiden sich deutlich von denen auf der Erde; Astronauten müssen einige Bewegungen neu erlernen.
- d)** Schülerindividuelle Lösungen.
- 3. a)** Schülerindividuelle Lösungen.
- b)** 16 Tag-Nacht-Wechsel werden auf der ISS erlebt. Man benutzt die Tageszeit, die auf der Bodenstation gültig ist, damit die Arbeitszeiten identisch sind.
- c)** – Sonst würden die Astronauten herumfliegen und ggf. Schalter drücken.
– Das ausgeatmete CO₂ bildet ansonsten eine Blase um den Kopf und man droht zu ersticken.
– Es ist nicht dunkel genug, da die Beleuchtung nie komplett ausgeschaltet wird.
– Wegen der brummenden Ventilatoren für die Luftzirkulation ist es immer laut.
- d)** Schülerindividuelle Lösungen.

17 Allein unter Tausenden von Sternen

1. Reihenfolge – Gegenstand – Begründung:

- 1: zwei 100-kg-Tanks Sauerstoff – Atmung gesichert
- 2: 20 Liter Wasser – gegen Austrocknung
- 3: Sternatlas – Navigation
- 4: Lebensmittelkonzentrat – Ernährung sichern
- 5: UKW-Sender/-Empfänger – Kommunikation mit Mutterschiff
- 6: 50 Meter Nylonseil – zum Klettern/Verbinden
- 7: Erste-Hilfe-Koffer mit Injektionsnadeln – bei Unfällen
- 8: Fallschirmseide – Sonnenschutz
- 9: sich selbst aufblasbares Rettungsfloß – benötigt CO₂-Flaschen; ist vielleicht von Nutzen
- 10: Signalleuchtkugeln – Notsignal nur in Sichtweite
- 11: zwei Pistolen – keine Feinde
- 12: Trockenmilch – würde zu viel Wasser verbrauchen
- 13: Kocher – nichts zu kochen
- 14: Magnetkompass – keine Pole
- 15: Streichhölzer – kein Sauerstoff zum Abbrennen

2. a) Schülerindividuelle Lösungen. *Mögliche Kärtchen:* Einsamkeit, fehlender sozialer Kontakt zu Familie und Freunden, wenig Schlaf, wenig Freizeit, wenig Rückzugsmöglichkeit, keine Privatsphäre, Monotonie, Erfolgsdruck, Stress, Angst, Gruppendynamik, Konflikte, kulturelle Missverständnisse etc.

b) Schülerindividuelle Lösungen.

c) Harmonisierende Menschen haben viele und regelmäßige Sozialkontakte. Je öfter man einen geringen Abstand zu einem Gegenüber hat, desto harmonischer interagiert man. So filtert man die Probanden aus.

3. a) Das Immunsystem war im All unter extremem Stress und hat alle Symptome unterdrückt. Zurück auf der Erde lässt das „erschöpfte“ Immunsystem „los“. Es reicht dann ein kleiner Auslöser und die Allergien brechen aus.

b) bis d) Schülerindividuelle Lösungen.

4. Schülerindividuelle Lösungen.

18 Praxis: Die Wirkung von UV-Licht auf den Menschen

1. Sonnenbrand, Sonnenallergie, verschiedene Typen von Hautkrebs, Leberflecke, Altersflecke, Bindehautentzündung des Auges, Schädigung der Netzhaut des Auges und der Linse, Falten und vorzeitige Hautalterung ...

2. UV 1–UV 2: Kein Schutz notwendig. Gefahrloser Aufenthalt im Freien möglich. **UV 3–UV 7:** Schutz notwendig. In der Mittagszeit Schatten suchen, leichte Kleidung überziehen, Hut und Sonnenbrille tragen, Sonnencreme benutzen. **UV 8–UV 11+:** Besonderer Schutz notwendig. In der Mittagszeit möglichst nicht draußen aufhalten, Schatten suchen, langärmelige leichte Kleidung, Sonnenbrille, Hut, Sonnencreme dringend notwendig.

3. Schülerindividuelle Lösungen.

Das Script für „UV-Messgerät mit OLED-Display“ finden Sie unter www.space2school.de/AB18.

4. Schülerindividuelle Lösungen.

ARBEITSBLÄTTER

Modul 1:	
Von der Erde zu den Sternen	25
Modul 2:	
Das Herz-Kreislaufsystem des Menschen	29
Modul 3:	
Das Bewegungssystem des Menschen	41
Modul 4:	
Das Verdauungssystem des Menschen	53
Modul 5:	
Das Nervensystem und die Psyche	67

Bitte beachten Sie die Bedeutung folgender Symbole neben den Aufgabenummern:

 Diese Aufgabe ist nicht direkt auf dem Arbeitsblatt zu lösen.

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

Dieses Heft nutzen Lehrkräfte und natürlich Schülerinnen und Schüler. Und einige wenige werden vielleicht sogar Raumfahrende: Astronautin oder Astronaut. Das ist für uns selbstverständlich, aber nicht immer leicht zu lesen. Deswegen:

Wir haben uns entschieden, bei Berufsbezeichnungen immer nur eine Schreibweise zu verwenden und bitten dies als geschlechts- und genderneutrale Ansprache aller Leserinnen und Leser zu verstehen.

Bitte sprechen Sie das Thema bei Bedarf mit Ihren Schülerinnen und Schülern an.

1 Wie bereitet man sich auf eine Weltraumreise vor?

Viele träumen davon, einmal im Weltall zu sein. Vielleicht auch du? Bevor du deine Bewerbung absickst, lohnt es sich, einen genauen Blick auf das Leben eines Astronauten zu werfen. ESA-Astronaut Alexander Gerst beispielsweise hat sich über fünf Jahre auf die Monate auf der Internationalen Raumstation (ISS) vorbereitet – eine spontane Entscheidung sollte es also nicht sein. Es kommt vor allem darauf an, wie fit dein Kopf und dein Körper sind – wie es also um deine kognitiven Fähigkeiten und deine Kondition bestellt ist. Auf den nächsten Seiten kannst du spielerisch überprüfen, ob du fürs All tauglich bist – und du erfährst eine Menge über die „echten“ Trainingsbedingungen.



Meilenstein 1: Die Bewerbung

- a)** Astronauten müssen vieles können und noch mehr wissen – dennoch gibt es keine entsprechende Berufsausbildung. Überlegt euch in kleinen Gruppen, welche Voraussetzungen man wohl mitbringen muss. Unterteilt in medizinische/körperliche, psychische und kognitive Voraussetzungen. Listet jeweils die fünf wichtigsten Punkte auf.

- b)** Im Jahr 2021 hat die ESA eine Bewerbungsphase für neue Astronauten gestartet. 22 523 Menschen aus ganz Europa haben sich beworben.

Gehe auf die angegebene Internetseite und lies dir die FAQs durch. Hier erhältst du einen Eindruck, was du alles während der Bewerbungsphase bewältigen musst.
www.space2school.de/Astronauten-Bewerbung



- c)** Zur besseren Einschätzung hier zwei kleine Tests:

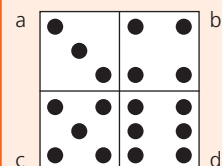
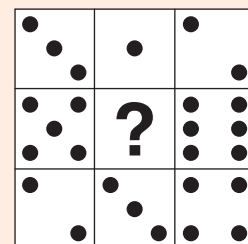
- Welche Augenzahl kommt ins mittlere Feld der Abbildung mit den Würfeln?

Augenzahl

- Laufe einen Cooper-Test (Info unter dem Stichwort im Internet) und überprüfe, ob du im guten bis durchschnittlichen Bereich in deiner Altersgruppe landest.

- * d)** Den Fragebogen zu Meilenstein 1 „Bestehe ich die Bewerbung?“ teilt euch ggf. eure Lehrkraft aus.

Welche Augenzahl kommt in das Feld mit dem Fragezeichen?



Meilenstein 2: Das Training

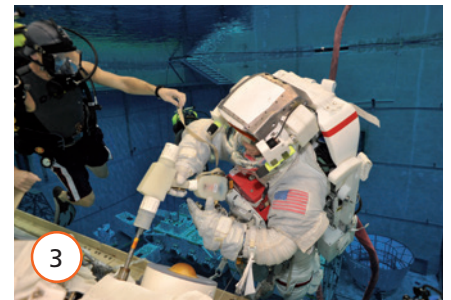
Von den 22 523 Bewerbern im Jahr 2021 kamen 1361 in die zweite Runde (also nur 6 %) und schließlich wurden 17 ausgewählt (0,08 %)! Von diesen 17 sind nur 5 „aktiv“, d. h. ins All geflogen. Stell dir vor, du bist jetzt eine dieser 17 Personen und musst dich auf den Aufenthalt im All vorbereiten.

- a)** Erstellt mit der „Methode der wachsenden Gruppe“ eine Liste der wichtigsten Themen, die im Training vorkommen sollten.

Methode der wachsenden Gruppe: Zunächst erstellt jede/jeder für sich allein eine Liste (z. B. mit maximal zehn Themen). Anschließend erstellen zwei Personen aus ihren beiden Listen eine gemeinsame Liste (wieder mit maximal zehn Themen). Nun gehen zwei Zweiergruppen zusammen, die eine Liste erstellen, dann zwei Vierergruppen usw. bis schließlich die Klasse eine gemeinsame Liste mit den 10 wichtigsten Punkten/Themen erstellt hat.

Beispiele für Trainingsinhalte der ESA findet ihr in dem englischsprachigen „ESA-Astronaut Applicant Handbook“ unter dem Link www.space2school.de/Trainingsinhalt-ESA-Astronauten.

- b)** Die sechs Fotos zeigen Details aus dem Training von ESA-Astronauten. Überlege zu jedem Bild, was hier trainiert wird und wofür man es im All benötigt.



- c)** Einige Trainingseinheiten könnt ihr auch im Klassenzimmer durchführen:

- Eine Person hält ein Lineal (30 cm) oberhalb der gespreizten Finger einer Mitschülerin bzw. eines Mitschülers. Sobald das Lineal losgelassen wird, muss die Mitschülerin bzw. der Mitschüler dieses fangen. Anhand der Zentimeterskala kann man sehen, wer am schnellsten reagiert hat.
- Diverse Spiele-Apps auf dem Smartphone oder Tablet testen die Reaktion.
- Drehe dich fünfmal schnell im Kreis und versuche sofort danach eine gerade Strecke entlang zu gehen.
Achtung: Diesen Test nur im Freien durchführen!

- * d)** Den Fragebogen zu Meilenstein 2 „Bestehe ich das Training?“ teilt euch ggf. eure Lehrkraft aus.

Meilenstein 3: Das Weltall

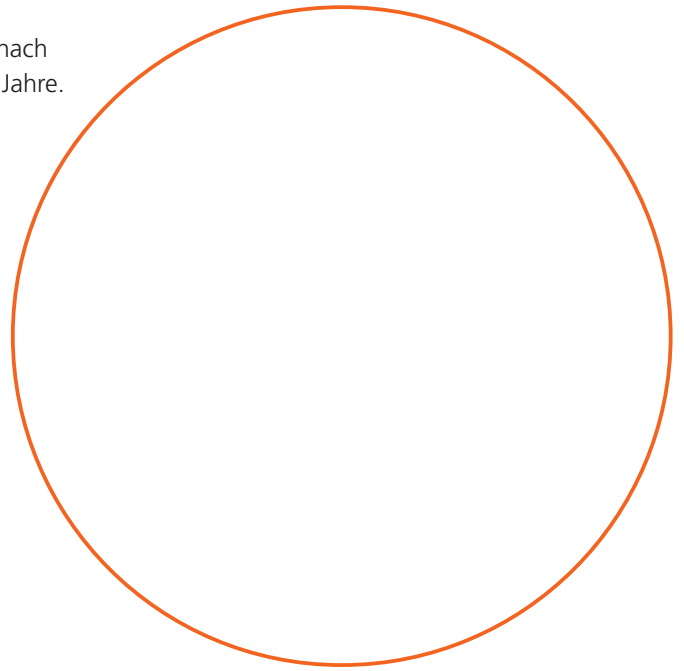
Die Grundausbildung des Trainings dauert bis zu zwei Jahre. Danach beginnt das Training für die konkrete Mission – wieder mehrere Jahre.

a) Jede Mission hat ein eigenes Missionslogo. Recherchiere im Netz, welche Logos die letzten Missionen der ESA-Astronauten hatten und entwirf im Kreis ein eigenes Logo.

b) Die ISS ist rund 400 km von der Erde entfernt. Schätze, wie lange man mit einem Auto benötigen würde und wie lange eine Rakete bräuchte.

Auto

Rakete



c) In Wirklichkeit dauert ein Flug zur ISS mehrere Stunden. Überlege, warum das so ist.

d) Neuerdings starten Astronauten auch mit Raketen eines privaten Unternehmens ins All. Beim Start treten hohe Beschleunigungen von 3 g bis 4 g auf und es wird eine Endgeschwindigkeit von ca. 28 000 km/h erreicht.

Was bedeutet „3 g bis 4 g“ für den Menschen?

Überlege und diskutiert, was für den Körper schlimmer ist: die Beschleunigung oder die Geschwindigkeit.

e) Für Spezialisten: Die Endgeschwindigkeit ist nicht beliebig wählbar.

Recherchiere die „kosmischen Geschwindigkeiten“. Schreibe auf, wie viele es gibt und welche Bedeutung sie haben.

f) Die Schwerelosigkeit bringt viele Herausforderungen für den menschlichen Körper mit sich – in vielerlei Hinsicht. Aber auch der Alltag ist auf der ISS anders als auf der Erde.

Schaut dazu die folgenden drei Videos an:

- www.space2school.de/Alltag-im-Weltall
- www.space2school.de/Alltag-der-Astronauten
- www.space2school.de/Ein-Tag-an-Bord-der-ISS

Bildet sechs Gruppen und diskutiert in jeder Gruppe einen der aufgelisteten Aspekte mit der Fragestellung: Wie gut würde ich damit sechs Monate auf der ISS zurechtkommen?

Stellt eure Gruppenergebnisse den anderen Gruppen vor.

* g) Den Fragebogen zu Meilenstein 3 „Überstehe ich den Aufenthalt?“ teilt euch ggf. eure Lehrkraft aus.

- Nahrung
- Schlafen
- Training
- Körperhygiene
- Privatsphäre
- Gruppendynamik (Psyche)

Meilenstein 4: Die Reha

Die spannende Reise ins All ist zu Ende. Der Körper muss sich nach dem Aufenthalt in der Schwerelosigkeit jedoch wieder an das Leben auf der Erde mit Schwerkraft anpassen und benötigt für die Rehabilitation ein speziell angepasstes Reha-Programm.



a) Überlegt in Partnerarbeit, wie ihr euch ein solches Reha-Programm vorstellt:

- Wie lange sollte das Programm dauern?
- Müssen auch kognitive Übungen absolviert werden?
- Welche motorischen Fertigkeiten müssen trainiert werden?
- Wie muss das Herz-Kreislaufsystem angepasst werden?
- Müssen Ernährung und Verdauung in das Reha-Programm integriert werden?
- Benötigen die Rückkehrenden evtl. eine psychische Begleitung?
- Wie könnte die ärztliche Überwachung aussehen?

Welche weiteren Bereiche für ein umfassendes Reha-Programm fallen euch noch ein? Notiert in Stichworten das Ergebnis eurer Überlegungen.

b) Einen offiziellen Reha-Plan (Beispiel für eine 3-wöchige Reha) findet ihr unter dem Link www.space2school.de/Rehaplan. Beschreibt, was alles in dem Reha-Plan enthalten ist und wie lange er dauert.

c) Diskutiert in der Kleingruppe, wo die Unterschiede zwischen eurem Reha-Plan und dem offiziellen liegen. Welche Unterschiede haben euch dabei überrascht bzw. gewundert?

*** d)** Den Fragebogen zu Meilenstein 4 „Bestehe ich die Reha?“ teilt euch ggf. eure Lehrkraft aus.



VOR DEN MENSCHEN FLOGEN INSEKTEN, HUNDE UND AFFEN

Bevor die ersten Menschen ins All fliegen durften, mussten erst einmal Tiere ran. Mediziner und Physiker befürchteten damals große Gefahren durch die Schwerelosigkeit. Zuerst schickten die Raumfahrtagenturen Fruchtfliegen und andere Insekten nach oben. Die Hündinnen Dezik und Tsygan aus der Sowjetunion waren 1951 die ersten großen Tiere, die 110 Kilometer hoch flogen und anschließend am Fallschirm sanft wieder landeten. Die Hündin Leika aus Russland war 1957 das erste große Tier in einer Umlaufbahn um die Erde, starb allerdings kurz nach dem Start ihrer Rakete an Überhitzung und Stress. Aus den Vereinigten Staaten von Amerika flogen zwei Jahre später die beiden Affen Able und Miss Baker in 580 km Höhe – und überlebten den Flug. Vor allem Miss Baker wurde dadurch berühmt und starb erst 25 Jahre später als amerikanische Heldin: Zu Ihrer Beerdigung am Raumfahrtzentrum in Alabama im Jahr 1984 kamen mehr als 300 Trauergäste.

2 Das Herz-Kreislaufsystem – unsere Lebensgrundlage

Das Herz und das Blut sind Gegenstand von zahlreichen Sprichwörtern und Redewendungen: Das Herz kann einem in die Hose rutschen oder bis zum Hals schlagen. Das Blut kann einem in den Adern gefrieren oder überkochen. Die Vielzahl an Sprichwörtern zeigt, wie viel Bedeutung dem Herzen und dem Blutkreislauf beigemessen werden, was auch nachvollziehbar ist – denn funktioniert eines nicht richtig, besteht schnell Lebensgefahr. Das gilt auf der Erde, aber noch viel mehr im Weltraum. Daher werden Astronauten vor dem Flug ins All auch „auf Herz und Nieren“ geprüft.

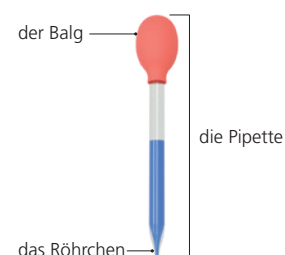


1. a) Die folgenden Aussagen beschreiben das Herz-Kreislaufsystem. Aber nicht alle Aussagen sind richtig. Kreuze an, ob die Aussage richtig oder falsch ist.

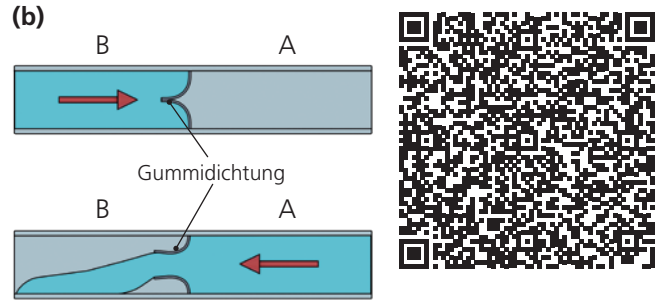
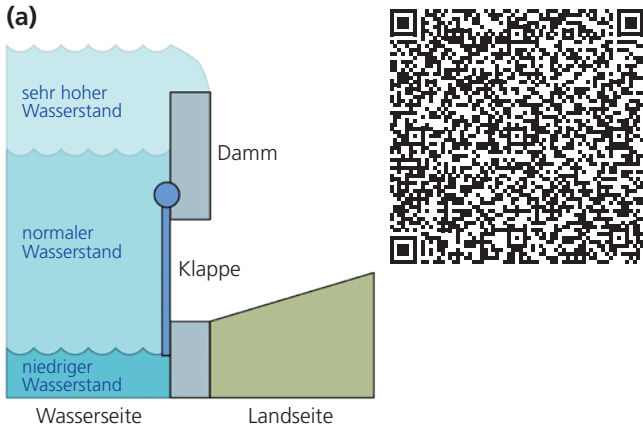
Aussage	richtig	falsch
(1) Das Herz ist ein Muskel.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(2) Die Lungen produzieren Sauerstoff aus Kohlenstoffdioxid.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(3) Das Herz ist innen hohl.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(4) Das Blut transportiert Sauerstoff in die Lunge.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(5) Das Blut transportiert nur Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid,	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(6) Das Herz-Kreislaufsystem besteht aus zwei Kreisläufen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(7) „Venen“ und „Arterien“ sind zwei Namen für dasselbe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(8) Das Herz besteht aus vier Kammern, die miteinander verbunden sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(9) Blut ist bei allen Lebewesen rot.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(10) Die Hälfte aller Todesfälle in Deutschland betrifft Krankheiten des Herz-Kreislaufsystems.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

b) Verbessere die falschen Aussagen, indem du sie korrekt formulierst.

2. Eine Pipette ist ein wichtiges Werkzeug im Labor. Weiß man, wie eine Pipette funktioniert, versteht man auch die grundlegende Funktion des Herzens. Schreibe eine „Bedienungsanleitung“ für eine Pipette.



3. Im Herzen gibt es „Klappen“, die ähnlich funktionieren wie technische Artefakte. In beiden Fällen hat sich bewährt, was einfach ist. Die QR-Codes erklären, um welche Art von Klappen es sich handelt. Erkläre, wie die beiden Klappen funktionieren. Gehe dabei darauf ein, welche Kräfte auf die Klappen wirken.



4. Das Schaubild zeigt wichtige Funktionen des Herz-Kreislaufsystems. Recherchiere (z. B. unter www.space2school.de/Humanbiologie), welche Aufgaben die einzelnen Organe haben und warum dafür Blut notwendig ist. Trage deine Ergebnisse in die Kästchen ein.

Gehirn:

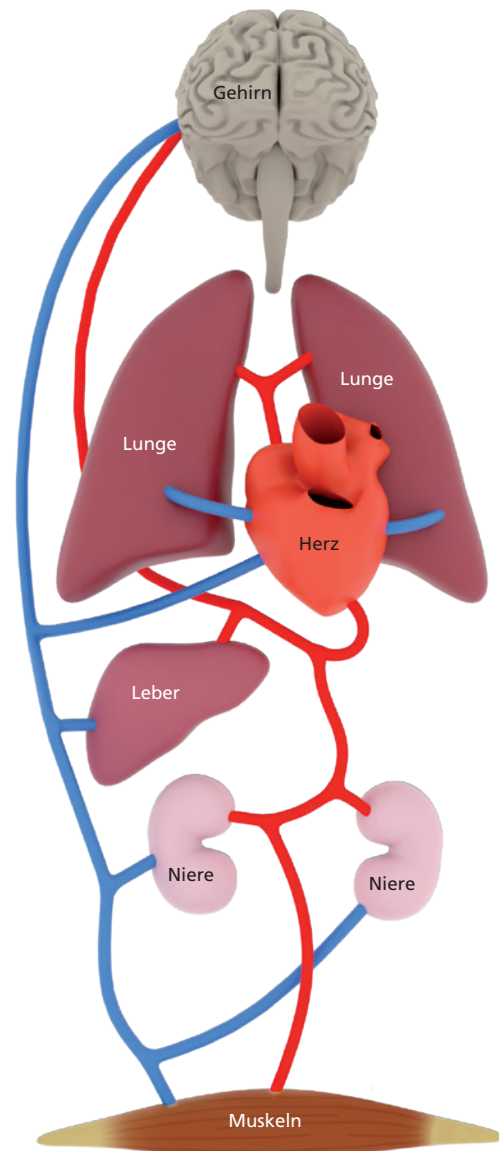
Herz:

Lunge:

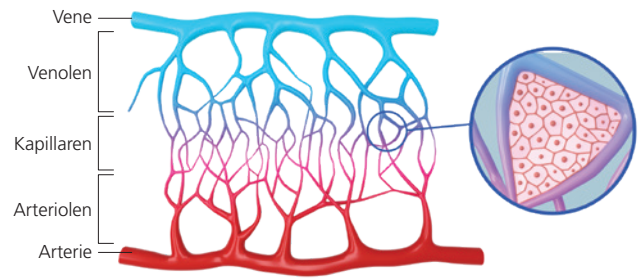
Leber:

Nieren:

Muskeln:



5. Die Versorgung des ganzen Körpers mit Nährstoffen und Sauerstoff und den Abtransport der Stoffwechselprodukte übernimmt das Blut. Diese Aufgabe ist eine große technische Herausforderung. Hierzu teilen sich die Blutgefäße in immer kleinere Gefäße auf.

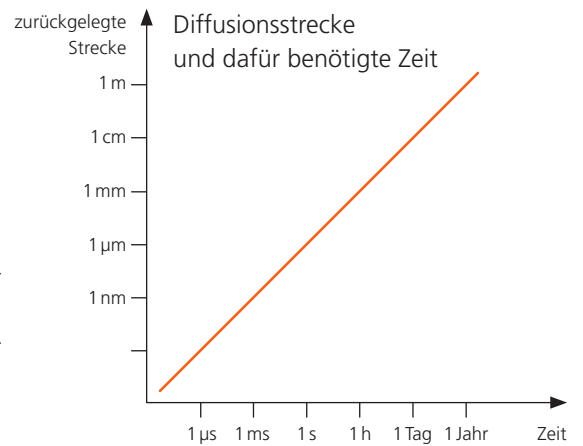


a) Ordne den Aussagen die passenden Blutgefäße zu.

Bis zu 3 cm Durchmesser und bis zu 40 cm lang. Ist die Hauptleitung von sauerstoffreichem Blut zu den Zellen.	
Nur 10 µm bis 30 µm Durchmesser. Übernehmen das sauerstoffarme Blut von noch winzigeren Gefäßen.	
Nur 30 µm bis 100 µm Durchmesser. Geben das sauerstoffreiche Blut an die kleinsten Gefäße weiter.	
Sind 5 µm dünn. Übergeben Sauerstoff und Nährstoffe an Zellen und übernehmen Zellprodukte und Kohlenstoffdioxid von den Zellen.	
Kann bis zu 1,5 cm Durchmesser haben. Führt sauerstoffarmes Blut und Zellprodukte in Richtung des Herzens.	

b) Während die Nährstoffe über das Blut aktiv bis zu den Zellen gepumpt werden können, müssen sie die letzte Strecke in die Zellen diffundieren.

Ermittle anhand des Diagramms, wie lange ein Stoff ungefähr benötigt, um aus der Mitte einer Vene, einer Venole und einer Kapillare heraus zu diffundieren. Beachte die Unterteilung der Skala.



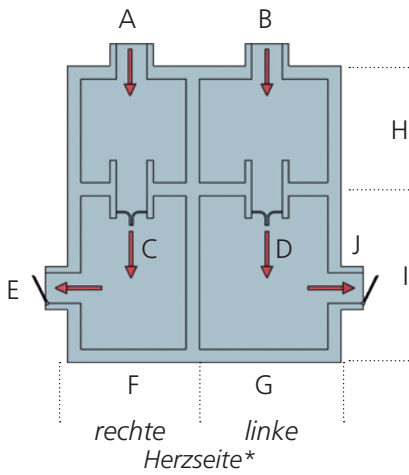
c) Ein Blutgefäß kann sehr viele Kapillaren versorgen. Berechne, wie viele Kapillaren nebeneinander in eine Arterie passen würden und erläutere deine Rechnung.



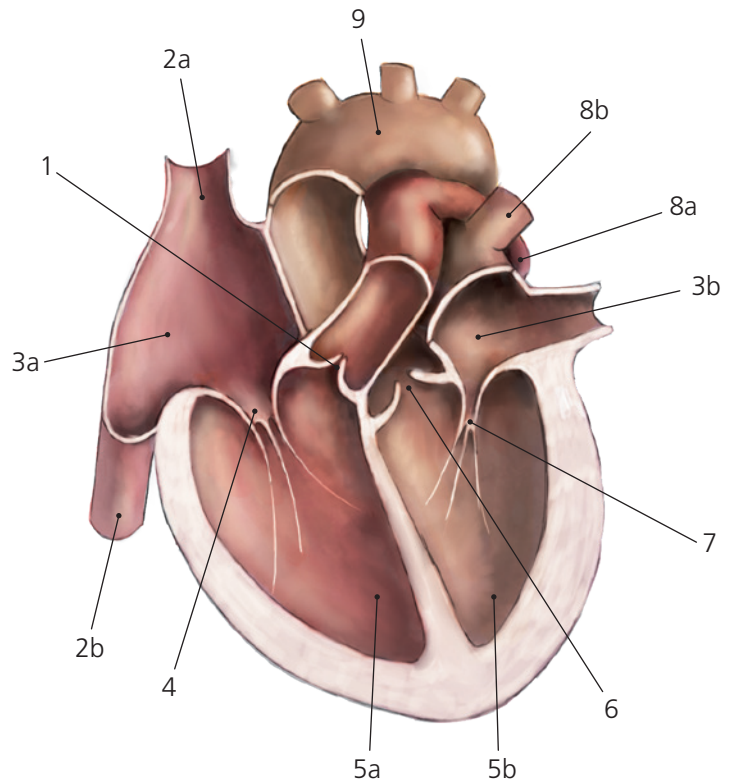
ÜBERRASCHUNG DURCH WELTRAUMFORSCHUNG

Das Weltall bietet für Forschende die einzigartige Möglichkeit, Funktionen des menschlichen Körpers ohne den störenden Einfluss der Schwerkraft zu untersuchen. Immer wieder widerlegt die Forschung aus dem All auf diese Weise Dinge, die schon im Lehrbuch stehen. Lange dachte man zum Beispiel, es sei verstanden, wie der Körper des Menschen den Blutdruck reguliert. Weil auf der Erde das Blut durch die Schwerkraft nach unten gezogen wird, wirkt beim Stehen in den Füßen ein höherer Druck als im Kopf. Medizinstudenten lernten, dass der Blutdruck im Herzen in Schwerelosigkeit ansteigen muss, weil nichts mehr nach unten zieht und mehr Blut in der oberen Körperhälfte bleibt. Erst eine Untersuchung der NASA mit Herzkathetern an Astronauten im All zeigte, dass dieses Wissen falsch war: Der Blutdruck im Herz sinkt sogar in Schwerelosigkeit. Die Folge: Lehrbücher wurden umgeschrieben und die Erkenntnis aus dem Weltraum half zu verstehen, wie der menschliche Körper funktioniert – auch auf der Erde.

6. Das menschliche Herz sieht nicht so aus wie ein Herz-Emoji. Es ist ein sehr spezieller hohler Muskel, der aus mehreren Kammern besteht, die miteinander verbunden sind und nur gemeinsam funktionieren.



* Wenn sich zwei Personen – z. B. Arzt und Patient – gegenüberstehen, gibt es einen rechts-links „Seitentausch“



a) Weise den Beschreibungen die passenden Buchstaben aus der Schemazeichnung zu (Buchstaben links in die Tabelle eintragen).

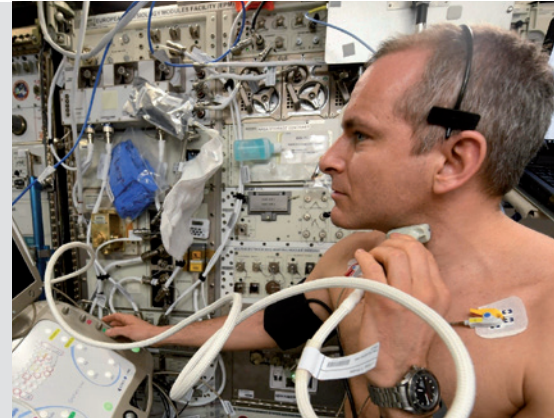
Die rechte Herzseite ist etwas kleiner als die linke Herzseite.	
Das sauerstoffarme Blut aus dem Körper strömt durch diesen Eingang in den etwas kleineren Vorhof.	
Das Blut, das ins Herz fließt, kommt als erstes in den Vorhöfen an.	
Das sauerstoffarme Blut wird durch diese Taschenklappe zur Lunge befördert.	
Das sauerstoffreiche Blut aus der Lunge kommt auf der linken Seite im Herzen an.	
Das sauerstoffreiche Blut wird durch diese Taschenklappe in den Körper gepresst.	
Die linke Herzseite ist gegenüber der rechten Herzseite etwas größer.	
Die Kammern pressen das Blut aus dem Herzen heraus: einmal in die Lunge und einmal in den Körper.	
Das sauerstoffarme Blut aus dem Vorhof gelangt durch die Segelklappe in die Kammer.	
Das sauerstoffreiche Blut gelangt aus dem Vorhof durch die Segelklappe in die Kammer.	

b) Welche Buchstaben aus der Schemazeichnung entsprechen den Zahlen in der anatomischen Zeichnung? Trage die passenden Zahlen auf der rechten Seite der Tabelle ein.

c) Nenne Vor- und Nachteile von Schemazeichnungen und anatomischen Zeichnungen. Wann ist welche Zeichnung besser?

3 Der menschliche Blutkreislauf im Weltall

Der menschliche Körper ist an das Leben auf der Erde angepasst. In der Schwerelosigkeit des Weltalls entstehen für alle Körperprozesse aber völlig andere Herausforderungen. Die Steuerung und Regelung des Herz-Kreislaufsystems ist einer der Bereiche, die Astronauten bei Weltraumaufenthalten erforschen. Das bringt Vorteile für deren Gesunderhaltung und auch für Menschen, die auf der Erde an ähnlichen Symptomen leiden. Hier untersucht der kanadische Astronaut David Saint-Jaques seine Blutgefäße mit einem Ultraschallgerät.



1. Zwei wichtige Faktoren des Herz-Kreislaufsystems sind **Puls** und **Blutdruck**.

Ordne die folgenden Begriffe den Beschreibungen zu:

Puls – oberer Blutdruckwert (systolisch) – unterer Blutdruckwert (diastolisch)

Der Druck in den Arterien, wenn das Herz anspannt und Blut aktiv durch die Arterien pumpt: _____

Die Anzahl, wie oft das Herz pro Minute anspannt und Blut durch die Arterien pumpt. Das Zusammenziehen des Herzens wird in der Umgangssprache auch „Herzschlag“ genannt: _____

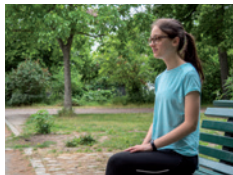
Der Druck in den Arterien zwischen zwei Herzschlägen, wenn gerade nicht aktiv gepumpt wird: _____

2. Der Körper kann den Puls an die jeweiligen Anforderungen anpassen.

Miss deinen Puls unter den folgenden drei Bedingungen und notiere die Werte. Wie man richtig den Puls misst, erfährst du mithilfe des Textes hinter dem QR-Code. Am besten geht das in Partnerarbeit. Vergleiche eure Werte.



Puls bei ganz besonderer Entspannung und Ruhe, z. B. im Liegen



Puls unter normalen Bedingungen, nicht besonders angestrengt



Puls unter Belastung, z. B. nach schnellen 10–15 Kniebeugen oder nach längerem Jogging



3. Über unterschiedliche Mechanismen kann der Körper schnell und/oder langfristig den Blutdruck regulieren. Dazu hat der Körper Sensoren, die messen, wie oft das Herz schlägt und wie hoch oder niedrig der Blutdruck in unterschiedlichen Bereichen des Körpers ist.

Erkläre, wie die folgenden Mechanismen den Blutdruck verändern. Erstelle dafür eine kleine Präsentation (1 Seite DIN A4) mit Skizzen.

- Die kleinen Arterien (Arteriolen) im Körper können geweitet oder verengt werden.
- Die Anzahl der Herzschläge pro Minute kann erhöht oder verringert werden.
- Der Magen, die Nieren und der Darmbereich können mehr oder weniger stark durchblutet werden.

4. Während der Blutdruck auf der Seite der Arterien fast überall gleich bleibt, verändert er sich auf der Venenseite stark.

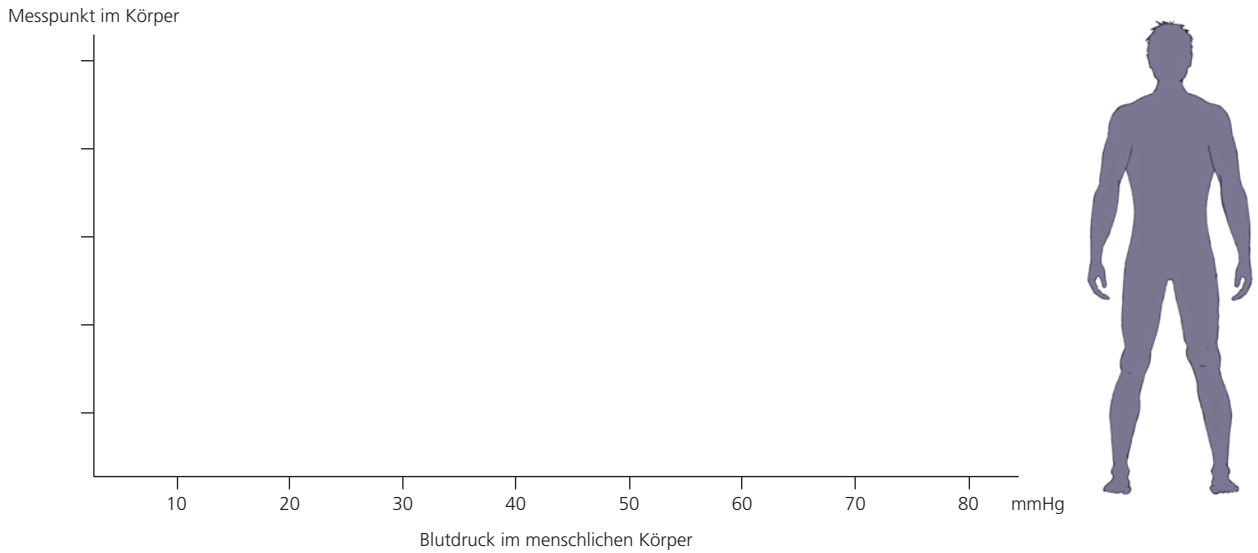
a) Trage die folgenden Werte mit unterschiedlichen Farben als Balkendiagramm ein.

Arterien: 80 mmHg

Venen im Bein: 20 mmHg, im Leistenbereich: 10 mmHg, im Bauchraum: 4 mmHg, im rechten Herzvorhof: 2 mmHg

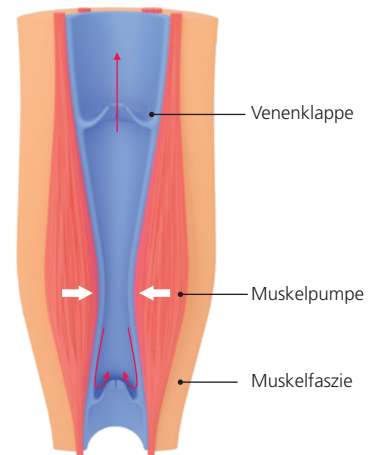
b) Kennzeichne die Messstellen im nebenstehenden Umriss.

c) Diskutiere das Ergebnis mit deiner Banknachbarin bzw. deinem Banknachbarn.



5. Die Venen haben es auf der Erde schwer. Das Blut muss beim stehenden Menschen gegen die Schwerkraft zurück zum Herzen transportiert werden. Dieses Problem haben Astronauten natürlich nicht. Dafür können Menschen auf der Erde den Bluttransport in den Venen durch Stehen und Gehen fördern. Dabei hilft es, dass die meisten Venen in den großen Beinmuskeln verlaufen.

a) Stelle anhand der Abbildung eine Hypothese auf, wie Gehen und Stehen den Rückfluss von Blut durch die Venen fördert.

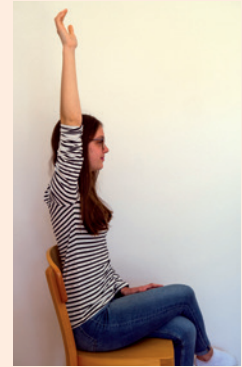


b) Erkläre die Funktion der Venenklappen.

c) Bewerte die folgende Aussage: „Wenn Astronauten nach der Rückkehr zur Erde ihre Beine trainieren, tun sie damit dem ganzen Körper einen Gefallen“.

6. Untersuche den Blutrückfluss in einem kleinen Selbstexperiment. Du kannst die Ergebnisse mit einer Smartphone-Kamera dokumentieren. Ihr könnt das Experiment auch in Partnerarbeit durchführen.

- Mache ein Foto von deiner rechten Hand und deinem rechten Unterarm vor dem Beginn des Experiments.
- Lasse deinen rechten Arm für zwei Minuten locker hängen. Es ist wichtig, dass du dabei versuchst, im Arm und in der Hand gar keine Muskeln zu benutzen – auch wenn dir dein Körper sagt, dass du das gerne „möchtest“.
- Nimm die Hand hoch und mache sofort ein Foto, das so aufgenommen wird, wie das vorige, erste Foto. Dieser Vorgang sollte schnell gehen.
- Halte dann den Arm für eine Minute in die Luft.
- Nimm den Arm wieder herunter und mache ein weiteres Foto.
- Vergleiche die Fotos mit dem, was du empfunden hast.
- Diskutiert und erklärt in Partnerarbeit die Ergebnisse des Versuchs.




7. Im Weltall fehlt dem Körper die Schwerkraft als Gegenspieler. Der Körper des Menschen jedoch ist für das Leben mit Schwerkraft angepasst.

Erkläre, wie es zu den folgenden Problemen von Astronauten kommt, die mit der Zeit im All weniger werden:

a) Den Astronauten schwellen Gesicht und Kopf an. Der Innendruck im Gehirn und in den Augen steigt. Das nennt man SANS (Spaceflight Associated Neuro-ocular Syndrome).

b) Bei der Rückkehr auf die Erde haben die Astronauten angeschwollene „Wasserbeine“. Blut und Flüssigkeit können nur schlecht aus den Beinen und Geweben zum Herzen transportiert werden. Die Probleme lassen nach einiger Zeit nach.

*  **c)** Stell in Partnerarbeit eine Hypothese auf, ob die oben genannten Phänomene auch für sogenannte „Weltraumtouristen“ ein Problem darstellen, die nur für kurze Zeit die Schwerkraft verlassen.



WAS TUN BEI EINEM NOTFALL IM ALL?

Auf der Erde würde man bei einem Unglück oder einem Herzinfarkt den Rettungswagen rufen. Weil es den im Weltraum nicht gibt, muss Erste Hilfe in der astronautischen Raumfahrt ganz anders ablaufen als auf der Erde. Klar gibt es einige Medikamente an Bord und Ärzte sind in der Zentrale auf der Erde jederzeit per Funk erreichbar, aber je weiter man im All ist, umso länger braucht ein Funkspruch. Vom Mond zur Erde und zurück ist das Funksignal 2,5 Sekunden unterwegs, eine Frage vom Mars wäre 8 Minuten auf dem Weg bis sie da ist, und die Antwort würde nochmal so lange brauchen – eine Ewigkeit bei einem Notfall. Weltraumfahrende erhalten deshalb eine medizinische Grundausbildung und müssen lernen, wie Erste Hilfe im Weltraum funktioniert. Für eine Herzdruckmassage zum Beispiel müssen sie sich und den Patienten erst einmal festschnallen – sonst würden sie beim Versuch, einen Menschen in Schwerelosigkeit wiederzubeleben, einfach nur von ihm abstoßen.

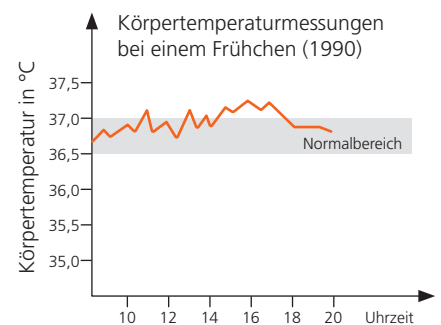
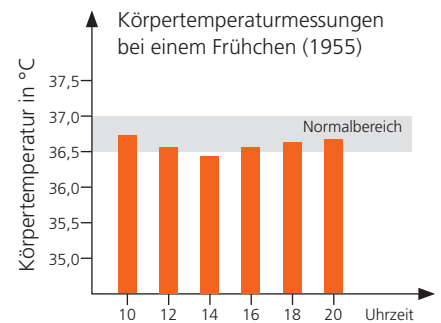
4 Was uns die Forschung im Weltall bringt



Im Weltraum kann man sich keine Notfälle erlauben. Während es in Deutschlands Städten durchschnittlich weniger als 8 Minuten dauert, bis ein Krankenwagen vor der Tür steht, dauert es im ländlichen Raum bis zu 17 Minuten. Aber auch das ist verglichen mit der Internationalen Raumstation extrem schnell. Daher wird umso mehr Wert darauf gelegt, dass Astronauten gesund sind und es im All bleiben. Ein ganz besonderes Augenmerk wird dabei auf das Herz-Kreislaufsystem der Frauen und Männer im All gelegt. Der Vorteil für die Menschen auf der Erde: einige der Erkenntnisse können auch hier für die Behandlung verwendet werden.

1. Als sogenannte „Frühchen“ gelten Babys, die vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche geboren werden. Diese Babys werden auf speziellen Intensivstationen betreut, weil sie sehr anfällig für Krankheiten sind. Eine besonders gefährliche Krankheit ist Sepsis (Blutvergiftung). Die Sepsis wird erkannt, wenn die Körpertemperatur eines Babys für länger als eine Stunde oberhalb oder unterhalb der Normaltemperatur liegt.

a) Erkläre anhand des Diagramms, warum die alte Messmethode von 1955 mit dem Fieberthermometer nicht sicher genutzt werden kann, um eine Sepsis zu erkennen.



b) Um die Körpertemperatur der Frühchen permanent messen zu können, muss ihnen dauerhaft eine Temperatursonde in den Körper eingebracht werden. Die Messsonden werden an einen Computer angeschlossen, der im Notfall das Fachpersonal alarmiert. Probleme sind jedoch die Infektionsgefahr und dass Babys die unangenehmen Sensoren abreißen können.

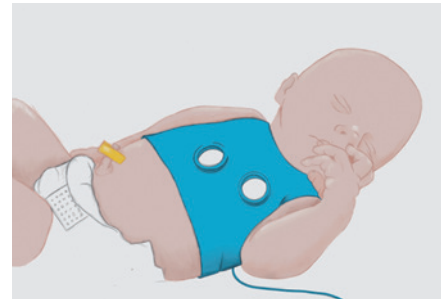
Interpretiere und erkläre das Diagramm: Zu welcher Uhrzeit wird der Computer das Fachpersonal alarmieren?

2. Auch Astronauten auf der Raumstation haben Schwierigkeiten, die Körpertemperatur gleichmäßig zu halten. Das liegt an der veränderten Durchblutung des Körpers. Daher ist es wichtig, dass Astronauten dauerhaft ihre Körpertemperatur messen.

a) Stelle eine Hypothese auf, warum Astronauten nicht den ganzen Tag eine Sonde im (!) Körper tragen möchten.

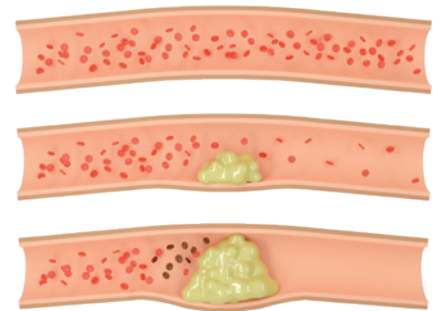
b) Auf der Internationalen Raumstation wird aktuell an einem Verfahren gearbeitet, das die Temperatur im Körperkern an der Körperaußenseite misst. Dafür wurden spezielle Sensoren und Computerprogramme entwickelt.

Erkläre, wie diese Verfahren aus dem Weltraum dazu beitragen können, dass die Pflege von Frühgeborenen noch besser wird.



3. Rauchen und zu wenig Bewegung erhöhen das Risiko, an der Blutgefäßkrankheit pAVK (periphere arterielle Verschlusskrankheit) zu erkranken. Das Risiko für Schlaganfälle, Herzinfarkte und Beinamputationen steigt. Obwohl Astronauten natürlich nicht im Weltall (und auf der Erde) rauchen, ist die mangelnde Durchblutung der Beine ein großes Problem im Weltall.

a) Beschreibe mithilfe der Abbildung, wie pAVK zu Problemen führt.



b) Der Kreislauf ist eigentlich darauf eingestellt, gegen die Schwerkraft zu arbeiten. Stelle eine Hypothese auf, warum Astronauten im Weltall oft unter „rotem Kopf und blassen Beinen“ leiden.

c) Etliche Astronauten sind vor ihrer Laufbahn im Weltraum Kampffjets geflogen. Hier gibt es ein anderes Problem. Bei sehr schnellen und sehr scharfen Kurven wirkt auf den Körper das Mehrfache der Erdanziehung.

Begründe, warum Piloten ohne Spezialausrüstung bei schnellen Kurven bewusstlos werden können.



d) Stelle eine Hypothese auf, warum Jetpiloten spezielle Hosen tragen, die sich bei schnellen Kurven aufpumpen und auf die Beine drücken.

4. Um die Probleme mit der fehlenden Schwerkraft zu lösen, wurde für die Internationale Raumstation ein spezielles Gerät entwickelt:

Das Lower Body Negative Pressure Device (LBNP). Ähnliche Systeme gibt es auch für Sportler und für die Behandlung von Patienten, die lange im Bett liegen müssen.



a) Informiere dich über das LBNP im All unter dem Link www.space2school.de/Schaufensterkrankheit.

b) Welche Anpassungen wurden am LBNP vorgenommen, um den Anforderungen der ISS gerecht zu werden?

5. „Astronauten sind doppelt belastet: erst haben sie wochenlang einen roten Kopf und kalte Füße. Zurück auf der Erde können sie nicht aufstehen, ohne dass ihnen schwindelig wird.“

Erkläre, was es mit dieser Aussage auf sich hat.





WIE GEHT'S DIR, BRUDER?

Gute Nachrichten für alle da oben: Trotz der Strapazen, die ein Weltraumflug mit sich bringt, ist es möglich, dass man sich davon komplett erholt. Normalerweise wäre diese Aussage schwierig zu treffen, denn wer weiß schon, wie gesund oder krank Astronauten wären, wenn sie nicht fliegen würden? Die Antwort auf diese Frage lieferte der eineiige Zwillingbruder des Raumfahrers Scott Kelly. Kelly lebte ein Jahr lang auf der Internationalen Raumstation ISS, nach seiner Rückkehr wurden er und sein Bruder eingehend untersucht. Das Ergebnis: Alle Effekte, die bei Kelly auftraten, ob beim Sehen, in der Darmflora oder beim Immunsystem, waren einige Zeit nach der Rückkehr von Scott Kelly zur Erde im Vergleich zu seinem Bruder wieder verschwunden. Die einzige messbare Veränderung in der Entwicklung der beiden Brüder betraf die Gene: Sie unterschieden sich zwischen den Brüdern nach der Rückkehr stärker als zuvor. Dies ist zwar nicht schlimm, aber ein Zeichen dafür, dass ein Aufenthalt im Weltall einen Organismus eben doch tiefgreifend verändern kann.



5 Praxis: Unser Herz in Ruhe und Aktion

Durch Fühlen am Handgelenk oder am Hals lässt sich der Puls, also die Herzfrequenz eines Menschen, einfach messen. In vielen Leistungssportarten, in der Raumfahrt und zunehmend auch in Gesundheitsprogrammen ermöglicht die Langzeitanalyse von Herzfrequenzmessungen vertiefte Aussagen über den gesamten Gesundheitszustand von Sporttreibenden, Astronauten oder Patienten. Auf der Internationalen Raumstation wird zur Messung der Vitalwerte der Astronauten z.B. das speziell entwickelte Messsystem „Pneumocart“ verwendet.



1. Bei Menschen kann die Herzfrequenz stark variieren. Kinder haben meist eine höhere Frequenz als Erwachsene und auch diese haben – je nach Alter und Gesundheitszustand – einen unterschiedlichen Puls.

a) Recherchiere, welche Frequenzen als **normale Ruhewerte** angesehen werden.

	minimal	Mittelwert	maximal
Erwachsene			
Kinder			

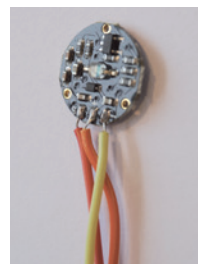
b) In welcher Einheit wird die Herzfrequenz angegeben? _____

2. Was im Weltraum gilt, kann auch auf der Erde genutzt werden. Mithilfe des Arduinos, speziellen Sensoren und entsprechenden Programmen lassen sich Messgeräte bauen, welche – ähnlich Pneumocart – Schwankungen im Puls und Herzrhythmus aufzeigen, um den Gesundheitszustand einer Person zu beurteilen.

In diesem Projekt wird ein Pulsmesser gebaut, der die Messwerte grafisch darstellen kann. Ein Sensor gibt eine Spannung an einen analogen Port des Arduinos aus. Bei jedem Herzschlag wird der Spannungswert erhöht. Wenn der Sensor gut „am Patienten“ befestigt ist, lassen sich sehr präzise Messungen und Langzeitwerte ermitteln und darstellen.

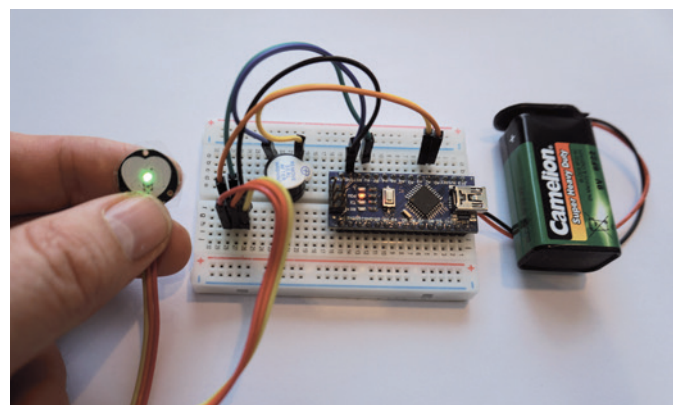
a) Verdrahte den Sensor, indem du die drei Ausgänge „+“, „-“ und „S“ mit dem Arduino verbindest. Plus wird an 5 V und Minus am GND, der Ausgang „S“ wird an einem analogen Eingang (z. B. A1 des Arduinos) angeschlossen. Um den Sensor zu schützen, sollte dieser z. B. mit Tesafilm beklebt werden.

b) Die einfachste Art, den menschlichen Puls mit der Anlage darzustellen, ist eine optische oder akustische Ausgabe. Dafür wird eine LED oder ein Summer neben den Arduino auf das Breadboard gesteckt. Der Pluspol des Aktors wird mit dem Pin A1 verbunden, der Minuspol mit der Erdung.



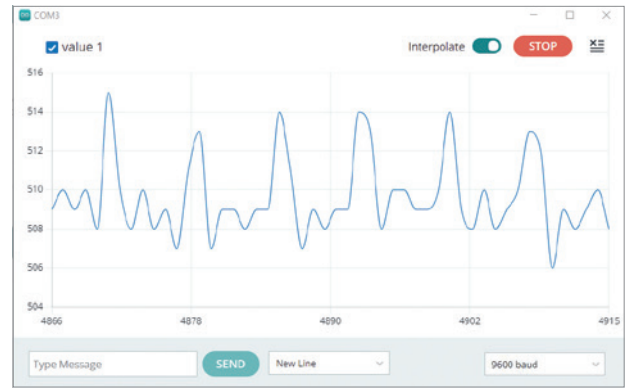
Stückliste

- 1 Arduino Nano Mikrocontroller
- 1 USB-Verbindungskabel
- 1 Pulssensor MCP3008
- 1 LED oder Summer
- 3 Verbindungskabel
- 1 Breadboard mit 400 Pins
- 1 Batterie 9 V + Anschlusskabel



c) Downloade das Script „AB5_2c.ino“ für die Schaltung unter dem Link www.space2school.de/AB5. Öffne es mit der Arduino-Software auf deinem Rechner und übertrage es mit einem USB-Kabel in den Arduino.

d) Starte den seriellen Plotter und lege einen Finger auf den Sensor. Nun sollte deine Pulsfrequenz am Bildschirm ausgegeben werden. Um den Einsatz der Anlage zu optimieren, muss der Grenzwert zwischen 510 und 550 im Script verändert werden. Auch könntest du die Befestigung des Sensors am Körper optimieren.



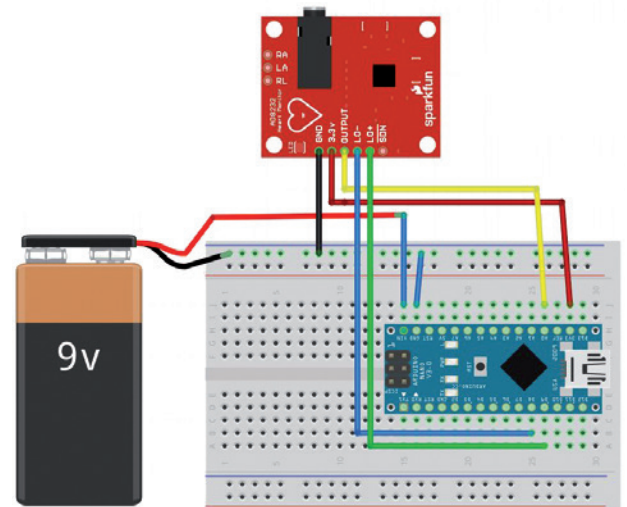
3. Der medizinische Gesundheitszustand einer Person lässt sich noch präziser mit dem EKG-Sensor erfassen. Der Sensor AD8232 gibt mittels dreier am Körper befestigter Elektroden präzise wellenförmige Werte der Herzfrequenz aus, mit denen sich verschiedene medizinische Bedingungen (z. B. Störungen oder Variabilität der Herzfrequenz) analysieren lassen.

a) Verdrahte die EKG-Anlage wie in der Abbildung gezeigt. Der EKG-Sensor verfügt über sechs Ausgänge, eventuell müssen die Pins noch verlötet werden. 3,3 V und GND werden an die Spannungsversorgung des Arduinos angeschlossen. Die Ausgänge Output, LO- und LO+ werden mit dem A0, D8 und D9 des Arduinos verbunden. Die SDN (shutdown) kann für den Standby-Modus des Sensors verwendet werden, sie wird im Folgenden jedoch nicht benutzt.

- Stückliste**
- 1 Arduino Nano Mikrocontroller
 - 1 USB-Verbindungskabel
 - 1 EKG-Sensor AD8232
 - 3 Verbindungskabel
 - 1 Breadboard mit 400 Pins
 - 1 Batterie 9 V + Anschlusskabel

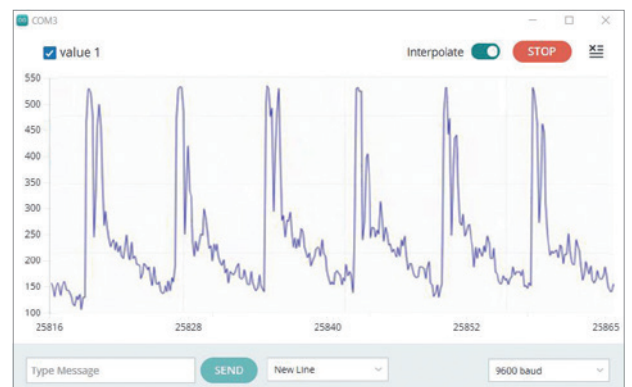
b) Downloade das Script „AB5_3b.ino“ für die Schaltung unter dem Link www.space2school.de/AB5. Öffne es mit der Arduino-Software auf deinem Rechner und übertrage das Script mit einem USB-Kabel in den Arduino.

Klebe dir die Elektroden wie in der Gebrauchsanweisung (www.space2school.de/Gebrauchsanweisung-EKG) angeben an die richtigen Körperstellen.



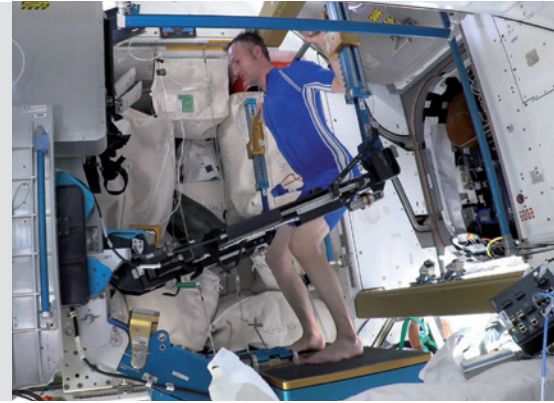
c) Deine Herzfrequenzen lassen sich mithilfe des Serial-Plotters in der Arduino-Software darstellen. Die Gebrauchsanweisung (www.space2school.de/Gebrauchsanweisung-EKG) hilft bei der Analyse deiner Herzfrequenzdaten.

Hinweis: Es können keine medizinisch haltbaren Aussagen zum Gesundheitszustand der untersuchten Person getroffen werden!



6 Knochen – Hightech im menschlichen Körper

Knochen sind ein wichtiger Bestandteil des Körpers von jedem Wirbeltier – und damit auch vom Menschen. Normalerweise sehen und spüren wir unsere Knochen nicht. Um zu verstehen, wie Knochen funktionieren, was sie leisten und warum sie manchmal nicht mehr funktionieren, muss man ihren Aufbau kennen. Die Weltraumforschung trägt dazu bei, die komplexen Vorgänge rund um unseren „Halteapparat“ zu verstehen.



1. Was weißt du über Knochen? Kreuze an, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind.

Aussage	richtig	falsch
(1) Knochen leben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(2) Technisch betrachtet sind Knochen ein Verbundwerkstoff.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(3) Technisch betrachtet sind Knochen Leichtbau.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(4) Knochen sind Speicherorgane für den Körper.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(5) Knochen verändern sich mit den Jahreszeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(6) Knochen reagieren auf ihre Umwelt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(7) Knochen spüren Schmerzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(8) Zähne sind ebenfalls Knochen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(9) Ein Mensch hat mehr als 200 Knochen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Lies den folgenden Text und schreibe hinter die farbig gedruckten Begriffe die passenden Buchstaben in die Kreise.

Aufbau des Knochens

Knochen bestehen aus unterschiedlichen Geweben. Die **Knochenhaut** versorgt den Knochen mit Nährstoffen.

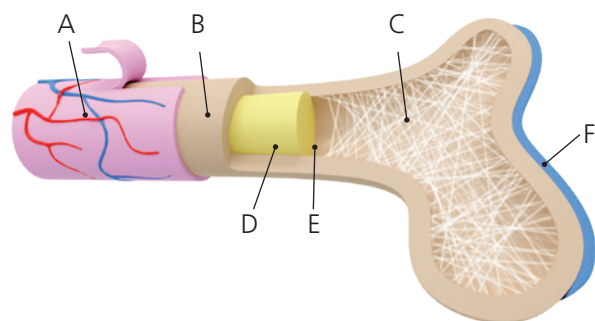
Unter der Knochenhaut liegt die **Knochenwand** .

Sie ist sehr fest. Man nennt die Knochenwand daher auch kompakte Knochensubstanz. Die langen Röhrenknochen (z. B. Oberschenkel, Oberarm, Schienbein) sind im Schaft

hohl. In dieser **Markhöhle** befindet sich das sogenannte **Knochenmark** .

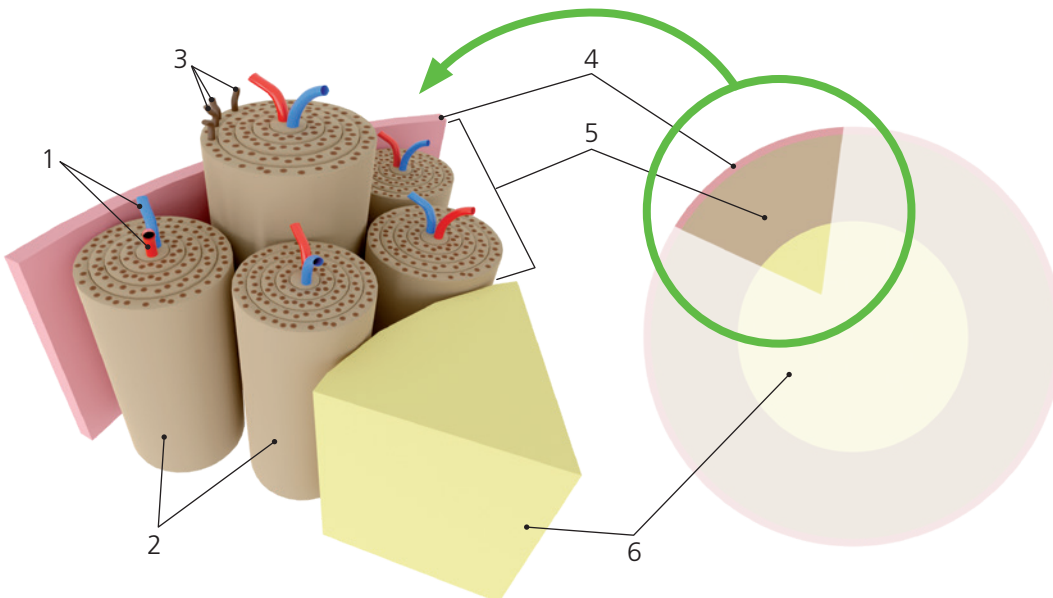
Dieses bildet unter anderem auch unser Blut. Dort, wo Knochen stark belastet werden, bildet sich eine Struktur aus Stäbchen, den **Knochenstäbchen** .

Diese sorgen einerseits für hohe Festigkeit, indem sie die Belastungen auf den Knochen verteilen. Andererseits sind sie sehr leicht. Knochenanteile, die in einem Gelenk liegen, sind von einer **Knorpelschicht** bedeckt, um die Reibung zu reduzieren.



3. Ordne den folgenden Beschreibungen die Zahlen aus der Abbildung zu.

- Kollagenfasern** sind sehr reißfest. Sie verlaufen in die gleiche Richtung wie die zentralen Blutgefäße und lagern sich um die Blutgefäße an. Im Querschnitt entsteht eine runde Struktur mit den Blutgefäßen in der Mitte. Kollagenfäden stabilisieren den Knochen gegen Biegung.
- Das **Knochenmark** wird von der Knochenwand umgeben. Es produziert unter anderem das Blut.
- Außen wird die Knochenwand von der **Knochenhaut** umgeben. Die Knochenhaut versorgt den gesamten Knochen mit Nährstoffen.
- Die Blutgefäße werden von Kollagenfasern umgeben. Diese wiederum werden von Kalk ummantelt. So ergibt sich eine Struktur, die wie eine Säule aussieht. Jede dieser Säulen, die aus Blutgefäßen, Kollagen und Kalk besteht, heißt „**Osteon**“.
- Osteone lagern sich aneinander, um so die **Knochenwand** zu bilden. Es entsteht ein Rohr, das außen von der Knochenhaut umgeben wird. Im Inneren befindet sich das Knochenmark.
- Die Mitte von jedem Osteon wird von **Blutgefäßen** gebildet. Diese versorgen die Zellen des Knochens mit lebenswichtigen Nährstoffen.



4. a) Lies den Text „Die Rolle von Calcium“ und markiere die wichtigsten Begriffe.

Die Rolle von Calcium

Die stützende Funktion der Osteonen – und damit der Röhrenknochen – hängt davon ab, ob genug Calcium in den Knochen vorhanden ist. Calcium nimmt der Mensch mit der Nahrung auf. Leider werden nur ca. 30 % des Calciums in der Nahrung verwertet. Damit das Calcium aus dem Darm ins Blut gelangt, wird Vitamin D benötigt. Dieses wird vom Körper in den Hautzellen bei Sonnenschein produziert. Das kann gerade im Winter ein Problem darstellen, wenn wenig Sonne scheint und man das Haus nicht verlässt. Calcium ist außerdem für die Funktion der Nervenzellen und Muskeln wichtig. Nimmt man zu wenig Calcium mit der Nahrung auf, baut es der Körper in den Knochen ab.

- b) Erstelle ein (Ablauf-)Diagramm, wie Aufnahme und Abgabe von Calcium im Körper funktionieren. Verwende dazu die folgenden Begriffe:

calciumhaltige Nahrung – Hautzelle – Nerven – Knochen – Vitamin D – Sonnenlicht – wenig Sonnenlicht


5. Knochen sind Wunderwerke der Natur. Einerseits sind sie sehr stabil bei Druckbelastungen, gleichzeitig sind sie aber auch elastisch. Die Elastizität von Knochen hängt davon ab, ob genug Kollagenfasern vorhanden sind. Die Stabilität von Knochen wiederum hängt von genügend Calcium ab.

a) Besonders sauren Essig bezeichnet man als Essigessenz. Er wird im Haushalt oft als Reinigungsmittel gegen Kalkflecken eingesetzt. Die Säure im Essig löst das Calcium in den Kalkflecken und wandelt es in wasserlösliche Stoffe und Kohlenstoffdioxid um.

Stelle eine Hypothese auf, was passiert, wenn man einen Knochen für einige Tage in Essigessenz einlegt.

b) Werden Proteine erwärmt, verändern sie ihre Eigenschaften. Das kennst du vom gekochten Ei. Auch Kollagen ist ein Protein.

Überlege, warum Tierärzte vor Knochensplittern warnen, wenn Hunde gekochte oder gegrillte Knochen kauen. Rohe Knochen sind dagegen unproblematisch.

- *  **6.** Oft finden sich in der Technik sehr ähnliche Strukturen wie in der Biologie – die Fachdisziplin dazu heißt Bionik. Auch der Aufbau von Knochen wird in technischen Anwendungen kopiert. Recherchiere, was ein „Glasfaserkunststoff“ (GFK) ist. Erkläre, welche Gemeinsamkeiten GFK und Knochen haben.



IM ALL WÄCHST MAN ÜBER SICH HINAUS

Was genau da oben passieren wird, wissen Astronauten vor dem Start nie. Sicher ist nur: Sie werden wachsen. Weil sich der Körper in Schwerelosigkeit befindet, dehnen sich die Bandscheiben im Rücken aus – Menschen in Schwerelosigkeit wachsen im Schnitt 5,5 cm im Vergleich zur Größe auf der Erde. Der Rekord liegt bei 12,6 cm! Ein russischer Kosmonaut soll angeblich so stark gewachsen sein, dass für den Rückflug ein anderer Raumanzug nötig war. Nach der Rückkehr auf die Erde verschwindet der Effekt wieder. Besonders angenehm ist das nicht für die Astronauten, weil die Muskulatur im Rücken auf die Veränderung oft mit Schmerzen reagiert. Einen Eindruck von diesem Effekt kann übrigens jeder selbst erhalten, indem man die Größe gleich nach dem Aufstehen mit der am Abend vergleicht. Weil sich die Bandscheiben auch beim Schlafen ausdehnen, ist man auf der Erde morgens größer als am Abend.

7 Muskeln ermöglichen Bewegungen

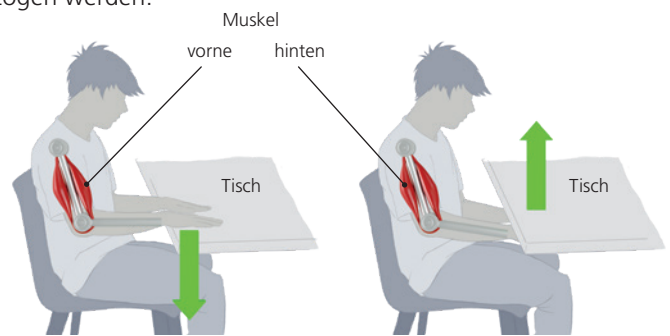


Muskeln sind nicht nur für unsere Bewegung, sondern auch für unsere Stabilität notwendig. Außerdem sorgt das Herz – ein Muskel – dafür, dass unser Blut den Körper mit Nährstoffen versorgt. Dass Muskeln wachsen, wenn man sie trainiert, wissen die meisten. Dass Muskeln sehr schnell abgebaut werden, wenn man sie nicht richtig benutzt, ist weniger bekannt. Muskelabbau wird dabei nicht nur für die Kraft ein Problem, sondern auch für Gleichgewicht und Körperhaltung. Weltraumreisende müssen deswegen viel trainieren, um Muskelabbau entgegenzuwirken.

1. Man kann Muskeln aktiv nur anspannen, dann verkürzen sie sich. Um einen Muskel wieder zu verlängern, muss er auseinandergezogen werden. Das erledigt entweder die Schwerkraft oder ein anderer Muskel.

a) Führe das folgende Experiment durch:

- Setze oder stelle dich so vor einen Tisch, dass sich dein Ellenbogen ungefähr auf Höhe der Tischplatte befindet.
- Drücke von oben mit der flachen Hand auf den Tisch.
- Drücke von unten mit der flachen Hand gegen den Tisch.
- Überprüfe, welche Muskeln in deinem Oberarm anspannen und trage das Ergebnis in die Tabelle ein.



Drücken von oben

Muskel vorne _____

Muskel hinten _____

Drücken von unten

Muskel vorne _____

Muskel hinten _____

b) Muskeln dienen nicht nur dem langsamen Heben und Halten. Sie müssen zum Teil auch sehr schnell reagieren. Führt dazu das folgende Partnerexperiment durch:

- Die Partner stehen sich gegenüber. Partner 1 hält eine Papierkugel am ausgestreckten Arm. Partner 2 steht gegenüber und hält die Hände am Körper.
- Partner 1 öffnet seine Hand, sodass die Papierkugel zu Boden fällt. Partner 2 versucht die Kugel zu fangen, bevor sie den Boden erreicht.
- Protokolliert, wie oft Partner 2 die Kugel fangen kann. Tauscht dann die Rollen.
- Vergleicht die Ergebnisse mit dem Rest der Klasse und diskutiert die unterschiedlichen Ergebnisse.

2. Muskeln bestehen aus unterschiedlichen funktionalen Einheiten. Bringe die erklärenden Texte in eine sinnvolle Reihenfolge und ordne ihnen die jeweiligen Buchstaben aus der Abbildung zu.

Muskelfaserbündel werden von einem Bindegewebe ummantelt, den **Faszien** (_____).

Ein **Muskel** (_____) besteht aus vielen Muskelfaserbündeln.

Sarkomere (_____) sind kurze Abschnitte von Myofibrillen. Sie bestehen aus gebündelten **Filamenten**, die sich bewegen können.

Muskelfaserbündel enthalten viele **Muskelfasern** (_____), die aus noch feineren Strukturen bestehen, den **Myofibrillen** (_____). Die Muskelfasern werden über Blutgefäße mit Nährstoffen versorgt.

Knochen (_____) stützen unseren Körper und geben ihm Stabilität. Muskeln sind in der Regel an zwei unterschiedlichen Knochen befestigt.

Sehnen (_____) dienen der Befestigung von Muskeln an den Knochen. Ein Muskel kann dabei pro Seite mehr als eine Sehne besitzen. Sehnen sind nicht dehnbar.

Die eigentliche Muskelbewegung findet statt, indem die beiden Filamente **Aktin** und **Myosin** (_____) sich in den Sarkomeren aufeinander zu bewegen und so das Sarkomer verkürzen. Durch die vielen hintereinander liegenden Sarkomere summieren sich die Verkürzungen zu einer deutlichen Muskelkontraktion.



DEN WELTRAUM AUF DIE ERDE HOLEN

Vor einigen Jahren klagten Astronauten nach ihrer Rückkehr von der Internationalen Raumstation ISS immer wieder über Sehprobleme, einige von ihnen brauchten sogar deutlich stärkere Brillen. Was keiner geahnt hatte, war eingetreten: Bei den Betroffenen war der Druck im Gehirn gestiegen, das Denkgorgan drückte von innen auf das Auge, das rechte Auge war deutlich stärker betroffen als das linke. Solche Effekte vorher zu kennen und ihnen vorzubeugen, ist das Ziel vom Weltraumlabor „envihab“. Dort können Forschende für ihre Studien Umweltbedingungen nachstellen, wie sie auf der Raumstation oder auf Flügen zum Mond oder Mars herrschen. Im DLR-Standort Köln liegen dann die Teilnehmenden manchmal über Wochen und atmen zum Beispiel CO₂-reiche Luft – so wie Astronauten auf der ISS. Ganz zentral bei dieser Weltraumforschung ist die Vorsorge: Vielleicht hilft ja ein spezielles Verhalten oder Training, dass Probleme gar nicht auftreten. Dann müsste man Weltraumreisende nicht aufwändig im Nachhinein behandeln.

3. a) Informiere dich mit dem QR-Code-Text über den Grundumsatz.

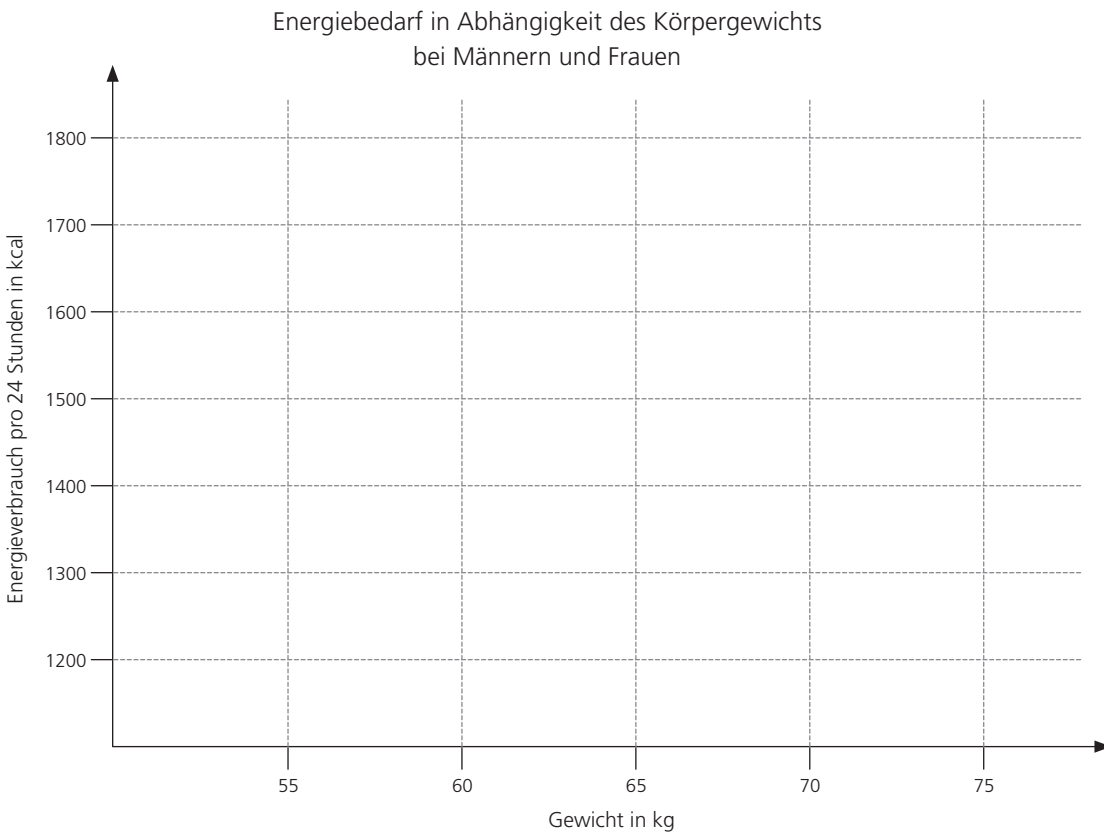


b) Berechne den Grundumsatz pro Tag für die Personen in der Tabelle, damit für den Flug ins All genug Lebensmittel eingeplant werden können. Verwende die folgenden Formeln:

Männer: Körpergewicht in Kilogramm (kg) x 1 = Energiebedarf pro Stunde in Kilokalorien (kcal)
 Frauen: Körpergewicht in Kilogramm (kg) x 0,9 = Energiebedarf pro Stunde in Kilokalorien (kcal)

	kg	55	60	65	70	75
männlich	kcal					
weiblich	kcal					

c) Übertrage die Werte in das Diagramm.

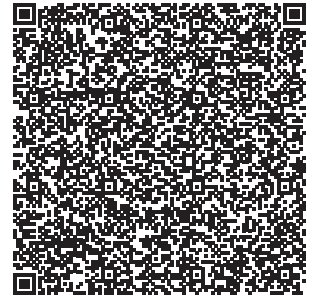


d) Stelle eine Hypothese auf, warum der Körper Muskeln nur dann aufbaut, wenn sie wirklich benötigt werden und wieder abbaut, wenn der größere Muskel nicht mehr gebraucht wird.

4. Muskeln können wachsen und schrumpfen. Der Körper reagiert mit Muskelwachstum, wenn ein Muskel stärker benutzt wird. Muskeln schrumpfen, wenn sie weniger benutzt werden, als sie eigentlich leisten könnten.

a) Die ersten Astronauten mussten nach der Landung getragen werden. Stelle eine Hypothese auf, warum dies der Fall war.

b) Informiere dich mit dem Text hinter dem QR-Code über den Tagesablauf von heutigen Astronauten und erkläre, warum diese nach der Rückkehr zur Erde schneller wieder laufen können als frühere Raumfahrende.



5. Muskeln dienen – neben anderen Sinnen – auch dem Gleichgewicht. Sie geben wichtige Informationen über die Position der Gliedmaßen. Diese Fähigkeit müssen Astronauten nach der Rückkehr zur Erde erst wieder trainieren. Wie es sich anfühlt, wenn ein Teil deines Gleichgewichtssinns fehlt, kannst du in einem Partnerexperiment erproben.

a) Eine Person stellt sich auf ein Bein und balanciert. Beobachte, wie die Person mit ihrem Körper das Gleichgewicht hält.

b) Wiederholt das Experiment. Stört dafür vor/bei dem Balancieren nacheinander die einzelnen Sinne und mehrere Sinne gleichzeitig (siehe Tabelle). Vergleiche, wie sich die Gleichgewichtsleistung verändert.



Das Gleichgewicht			
kann im Experiment gestört werden			kann im Experiment nicht gestört werden
Gleichgewichtsorgan im Innenohr	Tastsinn	Sehen	Rückmeldung von Muskeln und Sehnen
wird gestört durch:			
schnelle Drehung um die eigene Achse	Wand mit einer Fingerspitze (nicht) berühren	Augen schließen	

* c) Plant einen Versuch, mit dem die Effizienz von Gleichgewichtstraining untersucht werden kann.

8 Forschung im All für Herausforderungen auf der Erde



Beim Begriff „Raumfahrtmedizin“ denkt man zunächst an Ärzte, die sich um Astronauten kümmern. Das ist nur teilweise richtig, denn im Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin des DLR wird nicht nur an Fragen zur Gesundheit von Astronauten, sondern auch bei Piloten, Flugbegleitern und sogar Anwohnern von Flughäfen geforscht. Außerdem ermöglicht die Forschung im Weltraum Einblicke in den menschlichen Stoffwechsel, die helfen, Krankheiten von Knochen, Muskeln und eine Vielzahl anderer Krankheiten zu erforschen, die nichts mit Luft- und Raumfahrt zu tun haben. So hilft die Forschung im Weltall bei der Lösung medizinischer Probleme auf der Erde.

1. Eine Reise zum Mars würde aktuell ca. 9 Monate dauern. Dies stellt nicht nur für die Technik des Raumschiffs, sondern auch für die Körper der Raumfahrenden eine hohe Belastung dar – weil die Belastung fehlt. Daher müssen Astronauten auch im All täglich ihre Fitness trainieren.

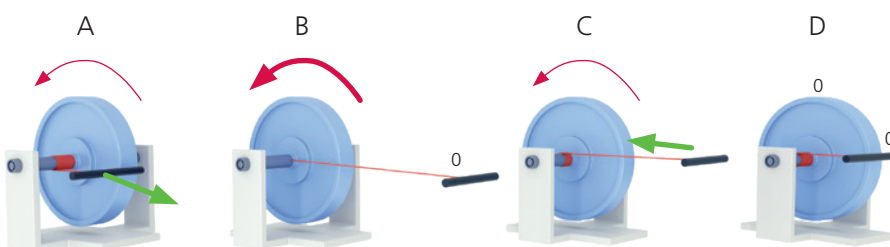
a) Bewerte die folgenden Fitnessgeräte für einen Einsatz im All.

Fitnessgerät	schlecht	mittel	gut
Laufband	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kurze Hanteln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lange Hanteln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gummibänder	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrrad mit Luftwiderstand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Training mit Körpergewicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

b) Erkläre, wie du bei der Bewertung der Geräte aus Aufgabe a) vorgegangen bist.

c) Das „Flywheel“ ist ein Trainingsgerät, dass speziell für den Einsatz auf der Internationalen Raumstation ISS entwickelt wurde. Es funktioniert in der Schwerelosigkeit genauso gut wie auf der Erde und eignet sich auch für den Einsatz in der Rehabilitation.

Verfasse mithilfe der Abb. eine kurze Funktionsbeschreibung (halbe Seite DIN A4).

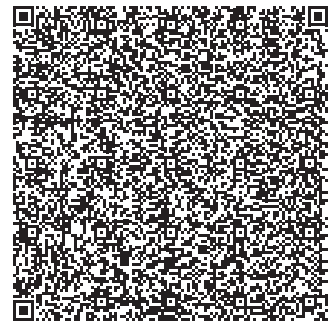


2. Envihab ist ein Forschungszentrum des DLR, in dem unterschiedlichste Umwelteinwirkungen auf den Menschen sowie mögliche Gegenmaßnahmen untersucht werden. Der Name ist zusammengesetzt aus „environment“ und „habitat“.

Informationen über das Forschungszentrum findest du unter <https://www.dlr.de/envihab/>

a) Im Auftrag der NASA erforscht das DLR in seinem Envihab in einer sogenannten „Bettruhestudie“ die Auswirkungen der Schwerelosigkeit. Details findest du unter www.space2school.de/Bettruhestudie oder – gekürzt – hinter dem QR-Code. Informiere dich über die „Bettruhestudie“.

b) Erkläre, warum im Envihab-Experiment auch wichtige Erkenntnisse für Probleme auf der Erde gewonnen werden.



c) Vergleiche die Situation von den Teilnehmern des Experiments mit denen von Patienten mit langer Bettruhe. Der Text hinter dem folgenden Link hilft dir dabei.

www.space2school.de/Bettruhe-Gesundheit

- d)** Was haben das Experiment und Patienten auf der Erde gemeinsam? Was trifft nur beim Experiment zu und was nur bei echten Patienten?
Erstelle eine tabellarische Gegenüberstellung.



VISIONÄR FÜR EIN LEBEN IM ALL

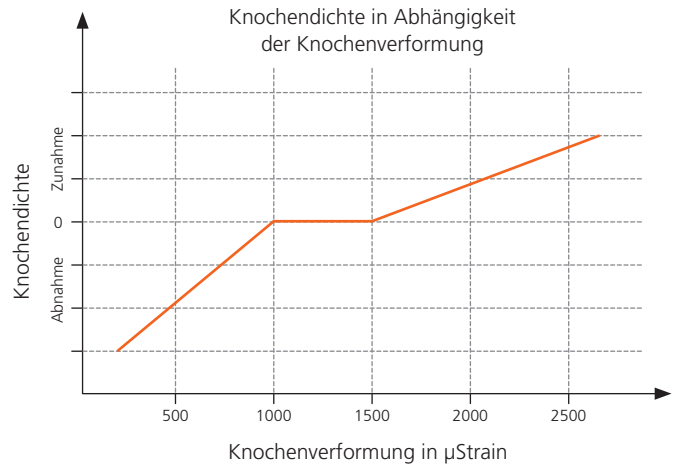
Der britische Physiker Stephen Hawking war vieles: Ein berühmter Professor, ein genialer Forscher, ein begnadeter Erzähler von spannenden Geschichten aus der Astrophysik – und Zeit seines Lebens schwer krank. Er litt unter ALS (amyotrophe Lateralsklerose) und konnte jahrzehntelang nur über einen Sprachcomputer mit der Außenwelt reden. Vielleicht lag es an seiner Krankheit, dass er wie kein anderer vom Leben in der Schwerelosigkeit und auf entfernten Planeten träumte und gemeinsam mit weiteren begeisterten Forschenden Pläne für langjährige Reisen zu anderen Sonnensystemen ausarbeitete. Was keiner jemals dachte: Als er 2018 starb, hatte er die Diagnose seiner schweren Krankheit 55 Jahre überlebt – so lange wie bisher niemand sonst – und wurde, wo immer er in seinen letzten Jahren auftrat, wie ein Popstar gefeiert. So schillernd ist seine Geschichte, dass sie sogar von Hollywood verfilmt wurde. Einen Nobelpreis hat Stephen Hawking zwar nie erhalten – der Film „Die Entdeckung der Unendlichkeit“ aber 2015 immerhin einen Oscar.



Dank vieler Helfer konnte der gelähmte Physiker Stephen Hawking die Schwerelosigkeit bei einem Parabelflug erleben.

3. Obwohl Knochen sehr fest sind, verformen sie sich unter Belastung. Diese Verformung wird in der Maßeinheit μStrain gemessen. Ein μStrain entspricht einer Verformung von 0,1 %.

a) Beschreibe das Diagramm „Knochendichte in Abhängigkeit der Knochenverformung“.



b) Begründe anhand des Diagramms, warum sowohl bettlägerige Patienten als auch die Probanden der Envihab-Studie sowie Astronauten an Knochenschwund leiden.

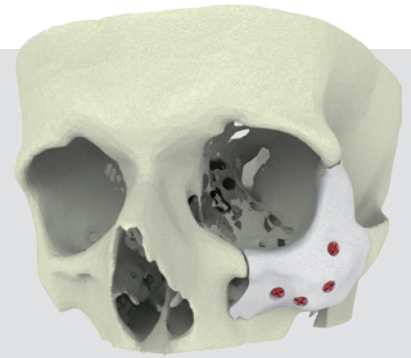
c) Für Astronauten wurde ein Trainingsgerät entwickelt, das auch auf der Erde Verwendung findet. Die Person steht dabei auf einer Platte, die stark vibriert. Stelle eine Hypothese auf, warum die Knochendichte der Beine nicht abnimmt, wenn man ausreichend lange auf einer vibrierenden Platte steht.

d) Damit Astronauten auf der Vibrationsplatte im Weltraum trainieren können, müssen Sie in einem Gerät festgeschnallt werden. Erkläre, warum.



9 Praxis: Organe aus dem Drucker?

Menschliche Organe aus dem 3D-Drucker ... das klingt einst nach Science Fiction. Heute ist es längst Realität geworden. Was in den letzten Jahren neu hinzugekommen ist: der 3D-Druck von Gerüstmaterial für Organe, also künstliche Knochen. In der Forschung wird fieberhaft daran gearbeitet, die auf den ersten Blick einfach erscheinende Struktur der Natur per 3D-Druck nachzubauen. Noch können die Ergebnisse nur für Ausbildungs- und Analysezwecke genutzt werden, um z. B. das exakte Zusammenspiel von Gewebe und Bändern menschlicher Strukturen in Modellen nachzuahmen.



- 1.** Informiere dich im Internet über den Stand der Möglichkeiten des Druckens von Knochen. Welche Vor- und Nachteile hat diese Technik derzeit?

Vorteile

Nachteile

- 2.** Mit einem 3D-CAD-Programm und ein paar Bauteilen lässt sich das Modell einer einfachen Hand nachbauen. Nicht so perfekt wie eine menschliche Hand, aber sie kann dennoch genutzt werden, um einfache Gegenstände aufzuheben und zu bewegen.

Stückliste

3D-CAD-System
 3D-Drucker
 60–80 cm stabile Schnur
 4–5 Schlüsselringe
 1 Holzleiste ca. 300 mm x 50 mm x 5 mm
 mehrere Kabelbinder

- a)** Informiere dich, wie das 3D-CAD-System eurer Schule aufgebaut ist und wie sich einfache räumliche Körper zeichnen lassen.

Hinweis: Vielleicht gibt es einen Kurs oder eine AG außerhalb der normalen Unterrichtszeiten?

Bei einer komplexeren 3D-Konstruktion lassen sich zwei verschiedene Vorgehensweisen unterscheiden:

- Von einem Grundkörper werden im Konstruktionsprozess einzelne Segmente über die Funktion „Ausschnitt“ entfernt, bis die gewünschte Figur entstanden ist.
- Die gewünschte Figur setzt sich aus vielen einzelnen geometrischen Teilen zusammen, die im CAD-System durch „Extrusion“ entstehen.

Bei Bedarf können beide Vorgehensweisen kombiniert werden.

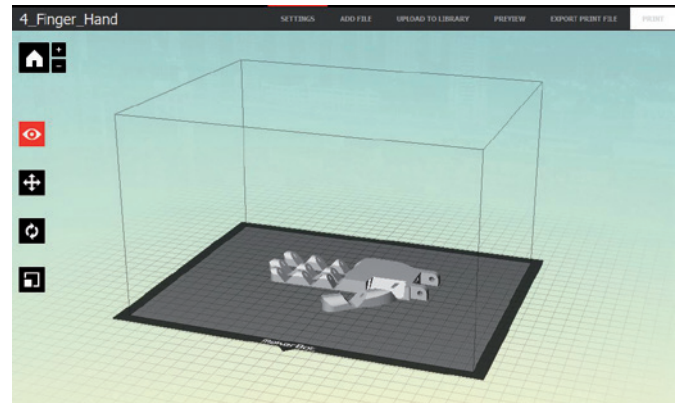
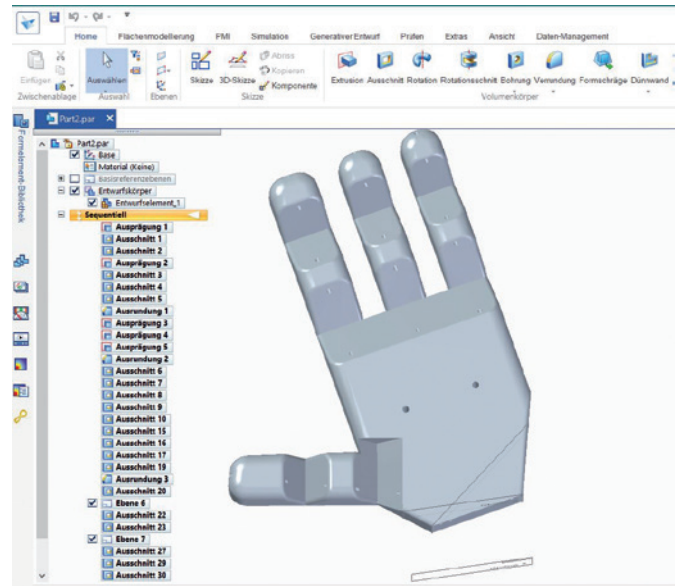
- b)** Erstelle die Skizze einer menschlichen Hand mit mindestens drei, besser vier Fingern. Die Gelenke der Finger können so realisiert werden, dass das Material an den beweglichen Stellen sehr dünn gehalten wird. Dies erleichtert auch das Strecken der Finger. Die Sehnen werden mit stabilen Schnüren realisiert, die in verdeckten Kanälen verlaufen. Um die Hand später in der Verlängerung des eigenen Arms nutzen zu können, werden zwei Befestigungsbohrungen für eine Holzplatte benötigt. Beschrifte deine Skizze. Stelle eure Ergebnisse kurz an der Tafel vor.

c) Konstruiere nun deine 3D-Hand mit dem 3D-CAD-System. Speichere deine Ergebnisse laufend ab. So lassen sich Fehler leichter korrigieren. Jeder einzelne Konstruktionsschritt, egal ob du die Funktion „Ausschnitt“ oder „Extrusion“ genutzt hast, lässt sich im Menü des Programms anpassen oder verändern.

d) Wenn du mit dem Ergebnis zufrieden bist, speichere die Hand als *.stl-Datei ab. Dieses Format kann der 3D-Drucker im Folgenden für den Druck der Hand lesen.

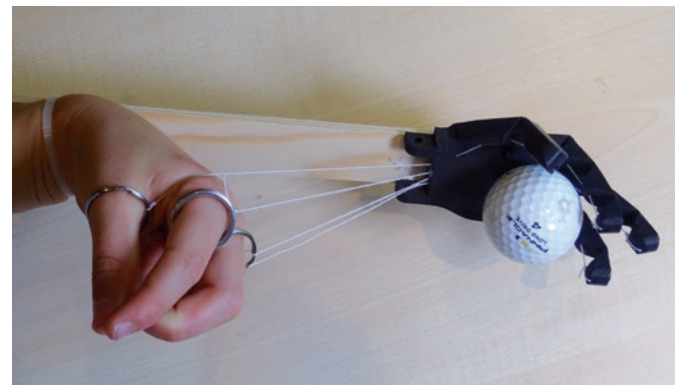
e) Öffne die *.stl-Datei mit dem Druckprogramm des 3D-Druckers. Füge ggf. noch benötigte Technologiedaten hinzu, z. B. die Art der Füllung oder die Feinheit der Oberfläche. Drucke nun die Datei aus.

Hinweis: Je nach Drucker kann dies mehrere Stunden dauern.



3. Schraube die Hand über die vorgesehenen Schraublöcher an eine Holzleiste. Nun werden die einzelnen „Sehnen“ in die Bohrungen der Finger eingezogen. Hierzu wird die Schnur mit einem Knoten an der künstlichen Fingerspitze befestigt und die Schnur dann durch alle verdeckten Kanäle gezogen. Am Ende der Schnüre wird jeweils ein Schlüsselring verknottet. Mit den Ringen steuern später deine Finger das Greifen der Hand. Befestige dann die Holzleiste mit Kabelbindern (eventuell polstern) an deinem Arm und justiere die Länge der Schnüre.

Nun kannst du deine erweiterte Hand zum Greifen nutzen.



4. Nenne Möglichkeiten, wie man die Hand weiterentwickeln könnte.

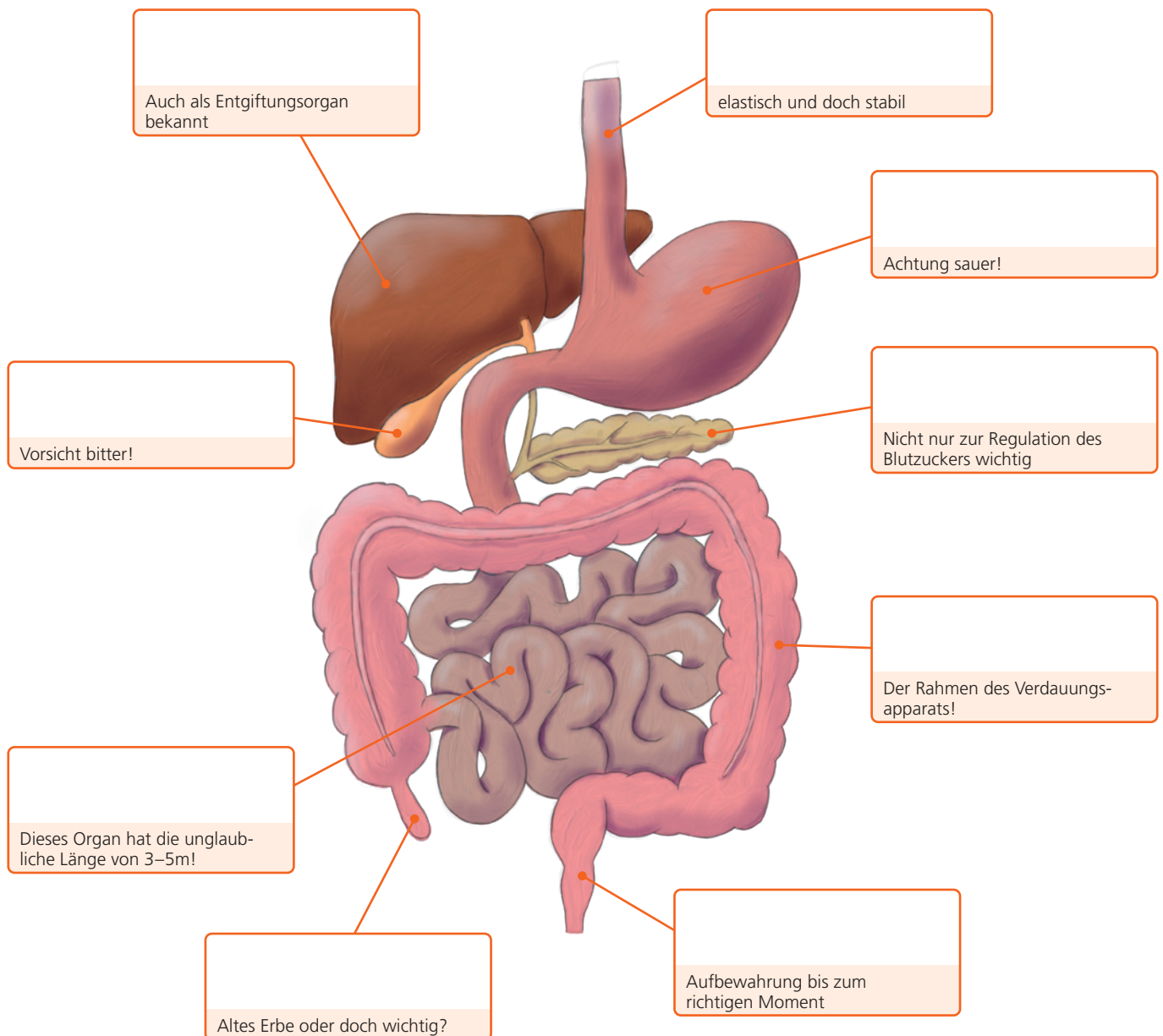
10 Bauchweh im Weltraum

Immer wieder berichten Astronauten in den ersten Tagen ihrer Reise ins All von der sogenannten Raumfahrerkrankheit. Sie geht mit Symptomen wie Schwindel, Übelkeit und Erbrechen einher. Ein weiteres Anzeichen dieses Unwohlseins, unter dem etwa 70 % der Raumfahrenden leiden, sind Verdauungsprobleme.



1. Um „Bauchweh im Weltraum“ verstehen zu können, müssen wir zunächst unsere Verdauung im Allgemeinen verstehen.

a) Schau dir die Abbildung unseres Verdauungssystems an und gib jedem Baustein einen Namen, indem du die Kästchen beschriftest. Nutze die Hinweise.



b) Ordne jedem Baustein die richtige Funktion zu. Schreibe dazu den jeweils korrekten Namen in die Kästchen.

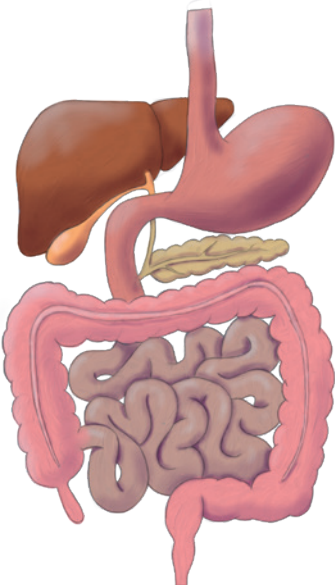
Leber	Speiseröhre	Gallenblase	Enddarm	Dickdarm	Dünndarm	Mund
Bauchspeicheldrüse		Magen	Wurmfortsatz			

Dieser Teil des Verdauungssystems speichert die bitteren Säfte, die die Verdauung von Fetten fördern.

Über diesen kleinen Teil des Verdauungssystems sagt man, dass er unnötig wäre. Studien widerlegten dies jedoch und zeigten, dass er zum einen der Immunabwehr dient und zum anderen wichtige Darmbakterien enthält.

Dieser Teil des Darms legt sich wie ein Rahmen um einen anderen Teil des Darms. Hier erfolgt die Rückresorption von Wasser und Salzen, die der Eindickung des flüssigen Darminhalts dient.

Dieses Organ befördert die Nahrung zum Magen. Die Kombination aus Schleimhaut und Muskelschicht sorgt dafür, dass die Röhre flexibel und dehnbar ist. Ein Verschlussmechanismus an beiden Enden verhindert den Rückfluss von Nahrung.



Ein wichtiger Teil unseres Verdauungssystems. Hier wird nicht nur Bauchspeichel (ein enzymhaltiger Saft) produziert, sondern es werden auch die Hormone gebildet, die unseren Blutzuckerspiegel regulieren.

Dieses Organ hat viele lebenswichtige Aufgaben. Für die Verdauung wird hier eine bittere, grünliche Flüssigkeit „gebraut“, die bei der Fettverdauung wichtig ist.

In diesem langen Organ werden die Bestandteile der Nahrung enzymatisch zersetzt und die Nährstoffe ans Blut abgegeben. Muskeln sorgen dafür, dass der Speisebrei durchmischt und weitertransportiert wird. Die Oberfläche ist durch Zotten und Falten sehr stark vergrößert, wodurch die Nährstoffresorption optimiert wird.

Hier herrscht ein sehr saures Milieu! Dies und das Zusetzen von weiteren Enzymen sowie das mechanische Durchkneten sorgen dafür, dass die Nahrung teilverdaut wird, ehe sie weiter transportiert wird.

Die Verdauung beginnt bereits hier. Durch die mechanische Zerkleinerung der Nahrung und die Zugabe von enzymhaltigem Speichel startet hier vor allem die Verdauung von Kohlenhydraten.

Aufbewahrungsort des Endprodukts der Verdauung bis zur endgültigen Entsorgung.

c) Arbeitet in Kleingruppen oder Partnerarbeit. Definiert in Einzelarbeit die Begriffe **Zotten**, **enzymatisch** und **Resorption** und erkläre sie euch anschließend gegenseitig. Definiert – falls nötig – weitere für euch neue Begriffe aus Aufgabe b).

2. Eine der körperlichen Veränderungen bei Astronauten ist die träge Verdauung. Aus diesem Grund ist eine ballaststoffreiche Ernährung von Bedeutung. Frisches Obst und Gemüse sind auf Raumstationen allerdings (noch) Mangelware.



a) Erläutere die Aufgaben von Ballaststoffen. Folgende Wörter können dabei hilfreich sein:

Darmtätigkeit – Volumen – Ballaststoffe – Darmflora – Verdauung – erhöhen – anregen (oder stimulieren) – stärken

b) Welche der folgenden Lebensmittel sind ballaststoffreich? Kreuze an.

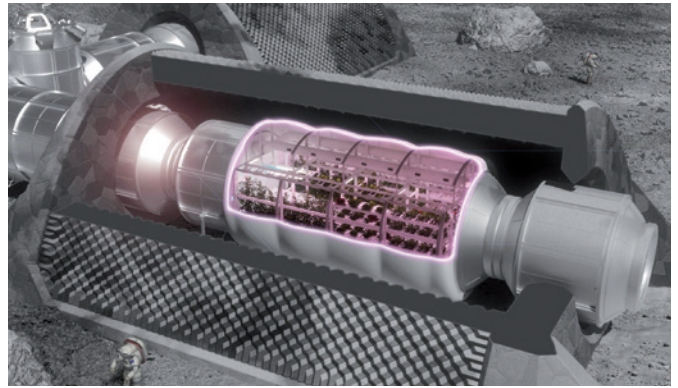
- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Leinsamen | <input type="checkbox"/> Kartoffeln | <input type="checkbox"/> Pilze |
| <input type="checkbox"/> Joghurt | <input type="checkbox"/> Äpfel | <input type="checkbox"/> Bananen |
| <input type="checkbox"/> Salat | <input type="checkbox"/> Nüsse | <input type="checkbox"/> Nudeln |
| <input type="checkbox"/> Fisch | <input type="checkbox"/> Vollkornbrot | <input type="checkbox"/> Schokolade |

c) Überlege, welche Voraussetzungen Lebensmittel besitzen müssen, damit sie „weltraumtauglich“ sind.

d) Erstelle eine Liste mit Nahrungsmitteln, die sowohl ballaststoffreich als auch weltraumtauglich sind.



3. Ziel von zukünftigen längeren Raumfahrtmissionen ist es, dass sich die Astronauten selbst versorgen können. Frische Lebensmittel wie Obst und Gemüse sind für Verdauung, allgemeine Gesundheit und psychisches Wohlbefinden von Bedeutung. Deswegen sind Weltraumgärten und im All wachsendes Gemüse Ziel von Forschungsprojekten.




a) Informiere dich über Forschungsprojekte zum Thema „Weltraumgärten“. Die folgenden Links können dir weiterhelfen.

- www.space2school.de/Eucropis
- www.space2school.de/fliegende-Gaerten

b) Auf welche Probleme stößt man, wenn man versucht, Pflanzen in Weltraumgärten zu verwurzeln?

c) Was ist im All beim Thema „Licht und Pflanzenwachstum“ zu beachten?

***  d)** Kresse ist eine Pflanze, die selbst auf feuchtem Küchenpapier oder nasser Watte wächst. Sie ist genügsam, schmeckt gut und wächst schnell. Überlege, ob Kresse ein geeignetes Saatgut für die Forschung „Pflanzenwachstum im All“ ist. Schreibe eine Versuchsanleitung mit beschrifteter Skizze, aus der hervorgeht, wie die Pflanzen auf der Erde vorbereitet sein müssten, um im All Erfolg auf Wachstum zu haben.



„MIR WIRD ÜBEL“ GEHT VIRAL

Angenehm ist ein Start ins All nicht: 90 Prozent aller Astronauten ist es danach übel, ein Drittel von ihnen muss sich übergeben. Die großen Beschleunigungen, die dazu führen, erfahren Weltraumreisende vorher in Humanzentrifugen – genau wie Jet-Piloten oder andere Waghalsige, die in den überdimensionalen Rotoren bis zum 9-fachen der Erdbeschleunigung, sogenannte „9 g“, auf sich wirken lassen. Dadurch fühlen sie sich, als würden sie plötzlich neunmal soviel wiegen, ihre Wangen, Ohren, Arme und Beine fühlen sich bleischwer an und das Atmen wird extrem anstrengend. Manche Piloten verlieren sogar kurz das Bewusstsein, weil das Blut aus dem Hirn gedrückt wird. Die Videos aus diesen Zentrifugen haben sich in den letzten Jahren immer mehr zu Youtube-Hits entwickelt und werden millionenfach angeklickt. Wer „9 g“ bei der Suche eingibt, kann zusehen, welche Strapazen eine große Beschleunigung für den menschlichen Körper bedeutet.

11 Weltraumreisende bitten zu Tisch

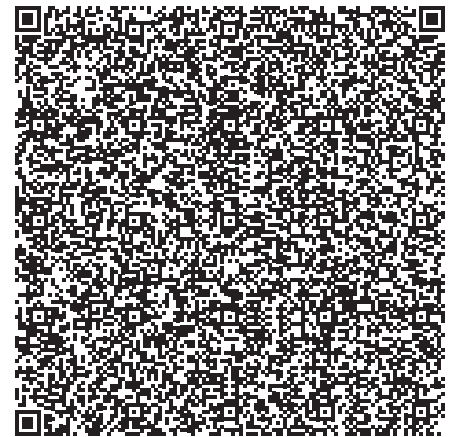
Das Essen im All hat sich weiterentwickelt. Während Astronauten sich in den 1960er Jahren von Nahrung in Form getrockneter Würfel und Essen aus Tuben ernährt haben, gibt es heute eine deutlich größere Auswahl an Weltraumnahrung.

Dennoch ist die Herstellung dieser Gerichte auch heute noch eine Herausforderung. Die Lebensmittel müssen an die Bedingungen der Schwerelosigkeit angepasst und haltbar sein, außerdem müssen sie einfach zubereitet, gegessen und verstaut werden können.



1. Astronauten beschreiben Geschmacksverlust während der Reise ins All. Das bedeutet, die Speisen schmecken fader oder weniger intensiv als auf der Erde. Außerdem spüren Weltraumfahrende zu Beginn der Reise körperliche Veränderungen, wozu zum Beispiel eine verstopfte Nase gehört.

a) Recherchiere, was man unter dem Fluid-shift-Syndrom versteht. Der Text hinter dem QR-Code kann dir dabei helfen. Anschließend schreibe eine kurze Definition dieses Begriffs.



b) Erkläre, warum das Fluid-shift-Syndrom sowohl den Geruchs- als auch den Geschmackssinn beeinträchtigt.

c) „Soulfood“ ist für unsere Psyche und deshalb für Astronauten, die weit weg von ihrer gewohnten Umgebung sind, sehr wichtig. Notiere Tipps und Tricks, wie man dem faden Geschmack im All entgegenwirken könnte. Schreibe dazu ein Rezept deines Lieblingsgerichts, das an die Gegebenheiten im All angepasst ist.



2. Sowohl auf der Erde als auch im All sind Qualität und Geschmack der Nahrung für unsere physische und psychische Gesundheit essenziell. Allerdings gelten für die Gerichte im All besondere Anforderungen. Einerseits muss auf eine gesunde Darmflora geachtet werden, andererseits stellen Krankheitserreger eine Gefahr dar.



a) Was versteht man unter Darmflora?

b) Welche Aufgaben hat die Darmflora? Und welche Faktoren beeinflussen ihre Zusammensetzung? Kreuze die richtigen Aussagen an.

- Die Zusammensetzung der Darmflora variiert von Mensch zu Mensch.
- Jeder Mensch hat Zeit seines Lebens die gleiche Darmflora.
- Die Darmflora wird u.a. vom Alter und dem Lebensort (geografische Lage) beeinflusst.
- Die Genetik (Abstammung) beeinflusst die Zusammensetzung der Darmbakterien.
- Ernährung hat keinen Einfluss auf die Zusammensetzung der Darmflora.
- Eine gesunde Darmflora bietet Schutz vor krankmachenden Keimen.
- Darmbakterien regen die Darmbewegung an, produzieren essenzielle Nährstoffe und sorgen für die Verwertung der Nahrung.
- Darmbakterien benötigen Ballaststoffe für ihre Arbeit.

c) Sushi ist im All tabu. Formuliere eine Hypothese, warum roher Fisch von der Raumstation ferngehalten werden muss.

* 3. Die Zeiten, in den man im All gepresste Würfel aß, haben sich geändert. Astronauten haben heute die Möglichkeit ihre Speisen mitzugestalten. So werden Mahlzeiten an Bord der Weltraumstation zu einem Highlight des Tages. Recherchiere, wie und was Astronauten essen, und schreibe einen kurzen Zeitungsartikel (ca. 10 Zeilen) dazu.



KURVENREICH SCHWERELOS

Aus dem Matheunterricht kennt die Parabel jeder. Im Unterricht sorgt sie für Kopfzerbrechen – in der Weltraumforschung für Durchblick. Auf sogenannten Parabelflügen simulieren Forscher mit ihrer Hilfe die Schwerelosigkeit. Mit Experimenten an Bord von Flugzeugen fliegen sie steil nach oben und lassen das Flugzeug von einem höchsten Punkt aus nach unten stürzen. Die Flugbahn sieht dabei aus wie eine umgekehrte Parabel. Während des Sturzes ist es 22 Sekunden im freien Fall fast so, als würde keine Schwerkraft wirken, währenddessen führen die Forschenden ihre Experimente durch. Freilich lassen die Piloten das Flugzeug nicht abstürzen, sondern fangen es ab und fliegen gleich danach wieder die nächste Parabel, an einem Flugtag bis zu 30 mal. Weil das heftiger ist als jede Achterbahnfahrt, geht es den Teilnehmern auch meistens so wie echten Astronauten im All: 90 Prozent von ihnen wird es nach dem Start übel.

12 Verdauung in der Schwerelosigkeit



Astronauten berichten davon, dass sie oft unter Blähungen leiden. Dies ist einer der unangenehmen Nebenwirkungen der Schwerelosigkeit, da sich Gase unter diesen Bedingungen anders verhalten. Um diese Beschwerden auf ein Minimum zu reduzieren, muss besonders auf die Art der konsumierten Lebensmittel geachtet werden.

1. a) Jeder kennt es – keiner will darüber reden, aber „pupsen“ gehört zum Alltag und ist völlig normal. Recherchiere, welche Umstände ganz allgemein dazu führen können, dass man vermehrt Luft/Gase im Darm hat. Nenne mindestens drei Gründe.

b) Bei der Verdauung bestimmter, sogenannter schwerverdaulicher, Nahrungsmittel kommt es verstärkt zur Bildung von Gasen. Warum dies so ist, erläutert der untenstehende Text. Lies den Text durch und markiere die wichtigsten Stellen farbig.

c) Fasse die Aussagen des Textes in Form einer Mindmap oder einer anderen grafischen Darstellung zusammen.



„Jedes Böhnchen gibt ein Tönchen“ – diese Redewendung hat durchaus ihren Grund.

Bohnen und andere Hülsenfrüchte enthalten schwerverdauliche Fasern, die eigentlich gut für die Verdauung sind, bei einem „Zuviel“ jedoch zu vermehrter Gasbildung führen können. Dies gilt allgemein für ballaststoffreiche Lebensmittel: Während die Ballaststoffe von Bakterien verdaut werden, entstehen Gase als Abfallprodukt.

Allerdings können nicht nur Ballaststoffe zu Blähungen führen. Kohlensäurehaltige Getränke wirken ebenfalls blähend, da die verschluckte Kohlensäure Richtung Darm wandert. Auch Milchprodukte können diese Wirkung haben, besonders bei Menschen mit Laktoseintoleranz, da ihnen das Enzym fehlt, das den Milchzucker verdaut. Ebenso können bestimmte Gemüsesorten oder fettige Speisen sowie ein Zuviel an Fleisch zur Bildung von Gasen führen.

Unsere Genetik und unser Lebensstil spielen auch bei der Verdauung eine wichtige Rolle – die einen haben mehr, die anderen weniger mit der Bildung von Gasen zu kämpfen.

2. a) Was kann man NICHT in der Schwerelosigkeit?

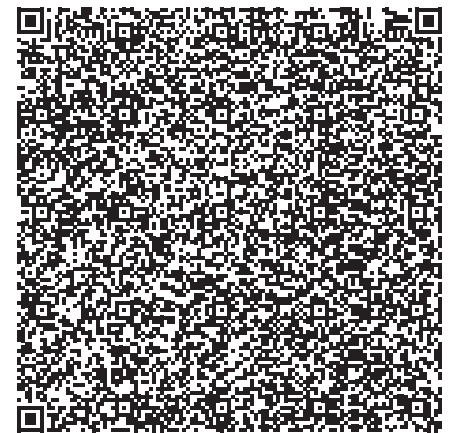
- rülpsen sich übergeben
 pupsen einen Schluckauf haben

Begründe deine Antwort.



b) Hinter dem QR-Code verbirgt sich ein Text über die Verdauung von Weltraum-fahrenden.

Erkläre, warum Nahrungsmittel im All nicht blähen dürfen und weshalb Kohlen-säure tabu ist. Gehe sowohl auf Nahrung als auch auf Getränke ein.



HOUSTON, WIR HABEN EIN PROBLEM

Wie dramatisch Medizin fernab der Erde sein kann, hat sich erst vor ein paar Jahren auf der Internationalen Raumstation gezeigt. Bei der Ultraschalluntersuchung für eine Studie wurde bei einem Astronauten eine Venenthrombose am Hals entdeckt – ein Blutgerinnsel in der Ader, das lebensgefährlich werden kann, wenn es sich löst und Adern in der Lunge oder im Herz verstopft. Auf der Erde würde man den Pfropf mit verdünnenden Medikamenten auflösen – doch im All geht das nicht so einfach. In der Reiseapotheke an Bord gab es nur ein Medikament, das zwar helfen, aber als Nebenwirkung starke Blutungen auslösen kann. Gegen die war aber kein Gegenmittel an Bord. Und Infusionslösung für einen Tropf gab es auch zu wenig. Die Ärzte am Boden entschieden, dass der Astronaut sich das Mittel in niedriger Dosis täglich spritzen sollte, bis vierzig Tage später ein anderes, besser verträgliches Mittel als Nachschub mit einem unbesetzten Sojus-Frachtschiff (Abbildung) kam. Der Astronaut hatte Glück und kehrte ohne Probleme zurück – und die Ärzte lernten, dass sich bei Behandlungen im All längst nicht alles planen lässt.



3. Wie geht man im All aufs Klo? Keine einfache Aufgabe, es gehört etwas Übung dazu eine Weltraumtoilette zu benutzen.

a) Formuliert in Partnerarbeit mindestens drei Fragen zum Thema „Wie funktioniert eine Weltraumtoilette?“. Formuliert die Fragen so, als ob ihr einen Astronauten interviewen würdet.



b) Recherchiert nun, wie Toiletten auf Raumschiffen funktionieren und versetzt euch in die Rolle von Astronauten. Tauscht die Fragen zwischen den Teams aus, sodass jedes Partnerteam die Fragen eines anderen Teams beantworten muss. Beantwortet die Interviewfragen des anderen Teams.

*** 4.** Trotz großer Fortschritte ist der Toilettengang im All auch heute noch eine Herausforderung.

Fun Facts rund ums Thema Weltraumtoilette

- Für uns eine normale Sache und im Weltall doch so schwer. Es fehlt ganz einfach die Schwerkraft, um das „Geschäft“ dorthin zu befördern, wo es hin soll.
- Zu Beginn der Raumfahrt mussten die Astronauten sich mit Windeln behelfen.
- Die Raumfahrer der Apollo hatten für dringende Fälle Plastikbeutel bei sich, die man sich an den Allerwertesten kleben konnte. Privatsphäre? Fehlangeige!
- Deshalb soll es bei künftigen Mondlandungen eine Toilette geben, die viel leichter sein soll als die jetzige ISS-Toilette. Daher hatte die NASA die „Lunar Loo Challenge“ ausgerufen.



a) Informiere dich mithilfe des Zeitungsartikels (siehe Link) über diese Ausschreibung und erstelle einen Anforderungskatalog für ein „Superklo“.

www.space2school.de/Superklo

b) Entwickelt dann in einer Forschergruppe Ideen und Vorschläge für eine solches „Superklo“.

13 Praxis: Elektronische Nasen schnüffeln

Geruchseindrücke sind wichtig, sie geben Auskunft über den Zustand von Menschen, Nahrung, technischen Systemen oder die Umwelt. Schlechte Gerüche zeigen Handlungsbedarf auf; hingegen wirken angenehm empfundene Gerüche anregend. Technisch lässt sich die Nase bzw. der Geruchssinn von Lebewesen bisher nur sehr unvollkommen nachbilden. Elektronische Nasen sollen mögliche Gefahren erschnüffeln, z. B. Gefahren für Menschen durch mikrobielle Verunreinigungen von Pilzen, Keimen und Sporen bzw. Gefahren für Maschinen z. B. durch schwelende Kabel.



1. Seit einigen Jahren hat die „E-Nose“ des DLR die Spur von kleinen, schädlichen Organismen auf der ISS aufgenommen. Recherchiere und beschreibe die Aufgabe der E-Nose.

2. In welchen Situationen kann der Einsatz von elektronischen Nasen bei Maschinen wichtig sein?

3. Ein Sensor, der alle gefährlichen Gase detektieren kann, ist derzeit noch sehr teuer. Daher werden in den folgenden Projekten verschiedene Sensoren verwendet, die verschiedene Stoffe in der Luft messen können. Bei der Auswahl des Sensors muss darauf geachtet werden, welche Stoffe in der Luft erkannt werden sollen. Die einfach zu nutzenden Sensoren der MQ-Baureihe können zum Erfassen von Gasen in der Umgebungsluft von 300 ppm bis 10000 ppm verwendet werden. Recherchiere, welcher Sensor der Baureihe für welche Stoffe verwendet werden kann und ergänze die Tabelle entsprechend.



MQ-2	MQ-3	MQ-4	MQ-5	MQ-6	MQ-7

Hinweis: Die Sensoren der MQ-Baureihe benutzen ein kleines Heizelement mit einem elektronisch-chemischen Sensor. Das Heizelement benötigt immer eine gewisse Aufwärmzeit (3 bis 4 Minuten), bis der Sensor richtig arbeitet. Die Ausgabe des Sensors erfolgt als analoger Wert, der dann von einem Arduino ausgewertet werden kann.

4. Mit einem Sensor der Baureihe MQ, einem Arduino und einem passenden Ausgabegerät (LED, Summer oder Display), lassen sich einfache elektronische Nasen für verschiedene Einsatzzwecke bauen.

Entscheide dich für eines der folgenden Projekte und besorge dir entsprechend die Teile gemäß der nebenstehenden Stückliste.

Hinweis: Verlass dich nicht zu sehr auf die Anlagen, denn es besteht immer die Gefahr, dass ein Sensor nicht richtig arbeitet oder eine Störung auftritt.

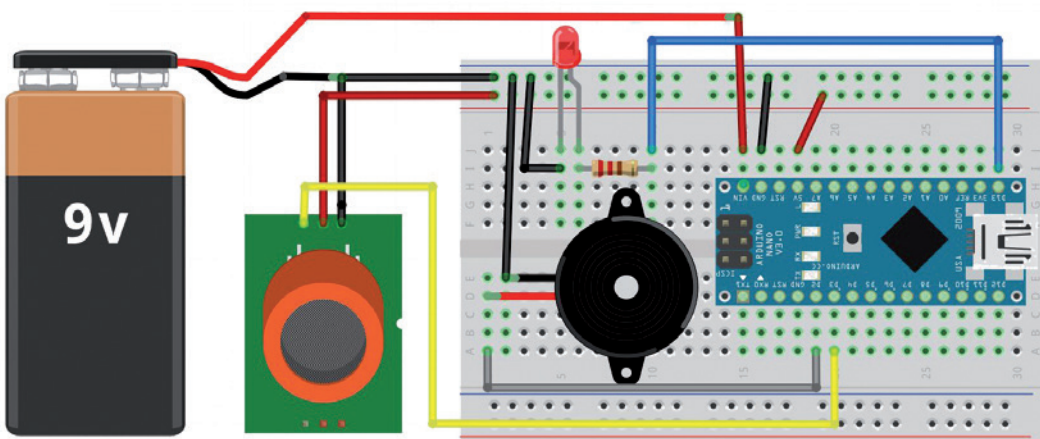
Stückliste

1 Arduino Nano Mikrocontroller
 1 USB-Verbindungskabel
 1 OLED-Display
 7 Verbindungskabel
 1 Breadboard mit 400 Pins
 1 Batterie 9 V + Anschlusskabel
 P1: 1 Gassensor MQ-6
 1 LED rot
 1 Widerstand 220 Ohm
 1 Summer
 P2: 1 Alkoholsensor MQ-3
 P3: 1 Rauchsensor MQ-5
 1 LED rot
 1 Widerstand 220 Ohm
 1 Summer
 3 Taster

Projekt 1: Gasdetektor

Hinweis: LPG-Gas kann zum Heizen oder Kochen in Häusern oder Campingfahrzeugen verwendet werden. Es ist jedoch schnell entflammbar und in höherer Konzentration giftig für den Menschen. Mit wenigen Bauteilen lässt sich ein Melder bauen, der mit optischer und akustischer Anzeige vor dem fast geruchlosen und schwer zu erkennenden Gas warnt.

a) Verdrahte die in der Stückliste benannten Komponenten wie abgebildet.



Stecke einen Arduino Nano und danach den MQ-6 auf das Breadboard. Verbinde nun den VCC-Anschluss des Sensors mit dem 5-V-Ausgang des Arduinos. Der GND-Anschluss des Sensors wird mit dem GND des Arduinos verbunden. Der Ausgang OUT/Digital OUT des Sensors wird dann mit Pin D3 des Arduinos verbunden.

Stecke nun den Summer und die LED in freie Reihen des Breadboards. Der Pluspol des Summers wird mit dem Pin D13 des Arduinos und sein Minuspol wird mit dem GND-Pin des Arduinos verbunden. Der Pluspol LED (Anode) wird über einen 220-Ohm-Vorwiderstand mit dem Pin D12 und der Minuspol der LED (Kathode) mit dem GND-Anschluss des Arduinos verbunden.

Hinweis: b) Downloade das Script „Projekt 1: Gasdetektor“ für die Schaltung unter dem Link www.space2school.de/AB13. Öffne es mit der Arduino-Software auf deinem Rechner und übertrage das Script mit einem USB-Kabel in den Arduino. Teste deine Anlage vorsichtig, indem du den Sensor mit Gas aus einem Feuerzeug anströmmst. LED und Summer müssen nun warnen.

Projekt 2: Alkoholmessgerät

Mithilfe des MQ-3-Sensors, den es als 3- oder 4-polige Variante gibt, wird im Folgenden eine elektronische Nase gebaut, die den Alkoholgehalt in der Umgebungsluft erfassen kann. Der Wert soll mittels eines OLED-Displays (Organic-Light-Emitting-Diodes-Display) ausgegeben und kommentiert werden.

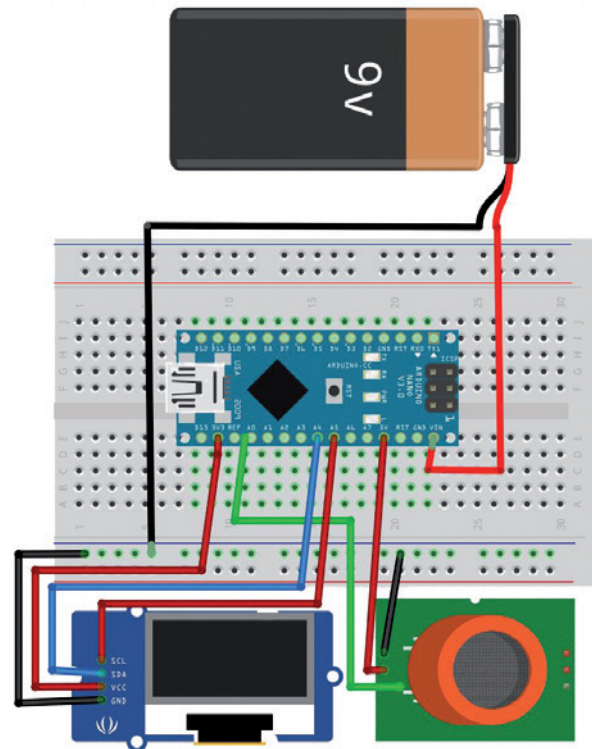
a) Verdrahte die in der Stückliste benannten Komponenten wie abgebildet.

Stecke einen Arduino Nano und danach den MQ-3 auf das Breadboard. Verbinde dann die Anschlüsse des Sensors wie folgt:

Der VCC-Anschluss des Sensors wird mit dem 5-V-Ausgang des Arduinos, der GND-Anschluss wird mit dem GND des Arduinos verbunden. Der OUT/Digital OUT des Sensors wird mit dem Pin A0 des Arduinos verbunden.

Stecke nun das Display in eine freie Reihe des Breadboards. Der VCC-Anschluss des Displays wird mit dem 5-V-Ausgang des Arduinos, der GND-Anschluss des Displays wird mit GND des Arduinos und die Anschlüsse SCL bzw. SDA werden an den analogen Eingang A5 bzw. A4 des Arduinos angeschlossen.

b) Downloade das Script „Projekt 2: Alkoholmessgerät“ für die Schaltung unter dem Link www.space2school.de/AB13. Nun müssen zusätzlich die Adafruit_GFX- und Adafruit_SSD1306-Bibliotheken mithilfe des Bibliotheken-Managers für den OLED-Bildschirm eingebunden werden. Danach kannst du das Script öffnen und mit der Arduino-Software über ein USB-Kabel von deinem Rechner in den Arduino übertragen.



Nach dem Start des Programms muss der Sensor ca. 4 min aufheizen. Dieser Vorgang wird vom Programm gesteuert.

! Achtung: Der Sensor kann hinter dem Schutznetz 100°C bis 140°C heiß werden.

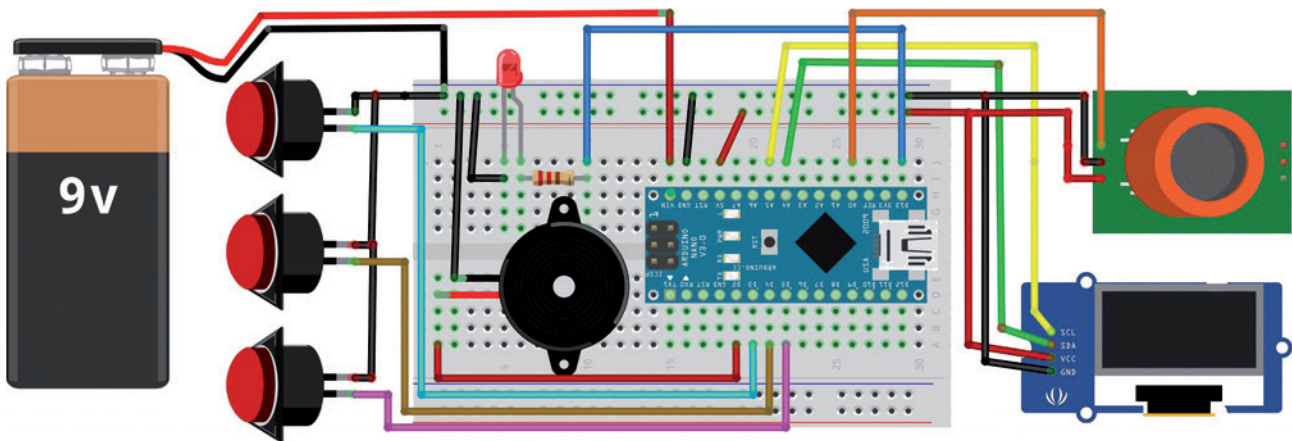
Wenn das Display nach der Aufwärmzeit den gemessenen Zustand ausgibt, kann die 9-V-Batterie mit dem V_{in-} und GND-Anschluss des Arduinos verbunden und das USB-Kabel abgezogen werden. Nun ist die Anlage bereit zum Ermitteln des Alkoholgehalts (z. B. um die Sättigung der Luft mit Alkoholdämpfen in einem Chemielabor festzustellen).

Projekt 3: Rauchdetektor

Mithilfe des MQ-5-Sensors soll eine elektronische Nase gebaut werden, die Rauch und Kohlenstoffmonoxid erkennt. Mit dieser Technik lassen sich Brandkatastrophen z. B. in Raumstationen oder Schlafräumen vermeiden. In diesem Projekt erfolgt die Meldung der Rauch- und Kohlenstoffmonoxid-Konzentration in ppm wahlweise an einem Display oder über ein optisches bzw. akustisches Signal mittels einer LED oder einem Summer. Die Art des Alarms kann über einen Schalter ausgewählt werden. Um die Art der erfassten Gefahr zu unterscheiden, kann zwischen der Anzeige des Rauch- oder Kohlenstoffmonoxid-Wertes gewählt werden.

a) Verdrahte die in der Stückliste benannten Komponenten wie abgebildet. Stecke zunächst einen Arduino Nano und danach den MQ-5 auf das Breadboard. Verbinde die Anschlüsse des Sensors wie auf der folgenden Seite beschrieben.

Im ersten Schritt wird die Spannungsversorgung des Sensors VCC und GND mit dem 5-V- bzw. dem GND-Pin des Arduinos verbunden. Der Pin A0 des MQ-5-Sensors zur Signalübertragung wird mit dem A0-Pin des Arduinos verbunden.



Im zweiten Schritt wird das OLED-Display integriert. Der VCC-Pin des Displays wird mit dem 3,3-V-Pin des Arduinos und der GND-Anschluss des Displays mit dem GND-Pin des Arduinos verbunden. Der SDA-Ausgang wird mit dem A4-Pin bzw. der SCL-Ausgang wird mit dem A5-Pin des Arduinos verbunden.

Im dritten Schritt werden die LED und der Summer angeschlossen. Der Pluspol der LED (Anode) wird über einen 220-Ohm-Vorwiderstand mit dem D13-Pin und der Minuspol der LED (Kathode) mit dem GND-Anschluss des Arduinos verbunden. Der Pluspol des Summers wird mit dem D2-Pin des Arduinos und sein Minuspol wird mit GND des Arduinos verbunden. Abschließend werden die drei Taster angeschlossen. Ein Pin von jedem Taster wird mit dem GND-Pin des Arduinos verbunden. Jeweils ein Ausgangspin der Taster wird an die Pins D3, D4 und D5 des Arduinos angeschlossen.

b) Downloade das Script „Projekt 3: Rauchdetektor“ für die Schaltung unter dem Link www.space2school.de/AB13. Nun müssen zusätzlich die MQ-5-Sensor-Bibliothek, die Adafruit-GFX-Bibliothek und die Adafruit-SSD1306-Bibliothek mithilfe der Bibliotheken-Managers für den Sensor und das OLED-Display eingebunden werden. Danach kannst du das Script öffnen und mit der Arduino-Software über ein USB-Kabel von deinem Rechner in den Arduino übertragen.

Deine Schaltung sollte nun einsatzbereit sein. Um die Funktion zu testen, muss etwas Rauch erzeugt werden. Dies kann über ein Räucherstäbchen, ein Stück verbranntes Papier oder eine Wunderkerze geschehen. Achte auf die Sicherheit und auf ggf. im Raum installierte Rauchmelder! Wenn der CO-Wert oder der Wert der Rauchteilchen in der Luft über Schwellenwert ansteigt, geben je nach Einstellung der Summer oder die LED Alarm. Der Buzzer alarmiert mit einer blinkenden ROTEN LED als Alarmsystem. Der Summer kann über den Schalter 1 ein- und ausgeschaltet werden. Über die anderen Schalter kann zwischen der CO-Anzeige und der Anzeige der Rauchteilchenmenge umgeschaltet werden.



5. Überlege dir ein geeignetes Gehäuse für dein Projekt. Du kannst z. B. ein fertiges Kunststoffgehäuse nutzen, ein eigenes Gehäuse aus Holz bauen oder eines mit dem 3D-Drucker produzieren. Achte darauf, dass der jeweilige Sensor nicht abgedeckt wird. Vermutlich macht auch ein Hauptschalter Sinn, da alle Anlagen im Ruhemodus recht viel Strom verbrauchen.

14 Der Körper unter Strom

In unserer Milchstraße gibt es 100 bis 200 Milliarden Sterne. Etwa genauso viele Nervenzellen hat das Nervensystem eines Menschen. Alle diese Zellen kommunizieren miteinander mithilfe von elektrischen Signalen und chemischen Transmittern. Nervenzellen können so Informationen untereinander austauschen sowie Informationen zum oder vom Gehirn weiterleiten – und das ziemlich schnell. Mit bis zu 120 m/s wird eine Information (z. B. „das Wasser ist heiß“) ans Gehirn gesendet. Wegen der schnellen Nervenleitungen können wir in Bruchteilen von Sekunden reagieren.

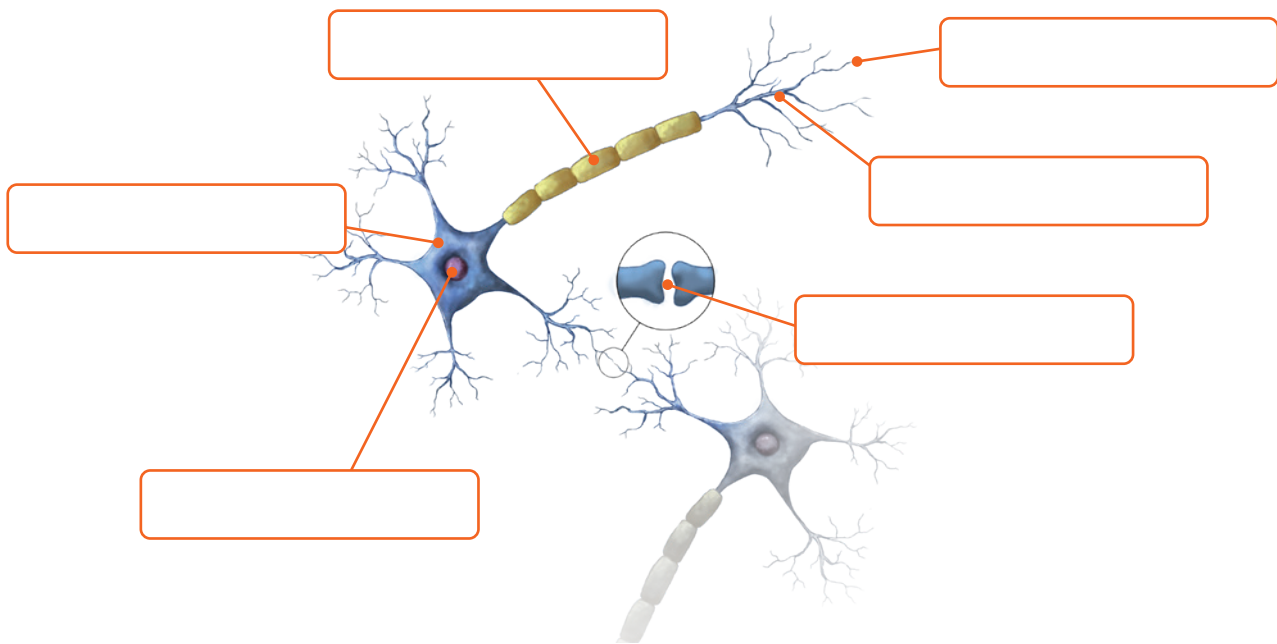


1. Über das Nervensystem nehmen wir Reize aus der Umwelt auf, verarbeiten sie und steuern die Reaktion auf die Reize. Man unterscheidet verschiedene Nerven und Nervensysteme. Grundlegend funktionieren aber alle gleich.

a) Erarbeite mit deiner Banknachbarin bzw. deinem Banknachbarn den grundlegenden Aufbau einer Nervenzelle (z. B. mithilfe des Biologiebuches).

Ergänzt die Zeichnung und beschriftet sie mit folgenden Begriffen:

Zellkörper – Dendrit – Axon – Synapse – Endknöpfchen – Zellkern.



b) Man vergleicht das Nervensystem manchmal mit einer Telefonleitung über ein Glasfaserkabel. Suche für die Begriffe aus Teilaufgabe a) passende Komponenten einer Telefonanlage.

c) Nenne weitere alltägliche Systeme, die man mit einem Nervensystem vergleichen könnte.

2. a) Das Nervensystem ist ein elektro-chemisches System, d. h. die Übertragung von Reizen erfolgt mit elektrischen und chemischen Impulsen. Die elektrischen Ströme können gemessen werden. Benenne die beiden bekanntesten Messmethoden und deren hauptsächliche Einsatzbereiche.



b) Umgekehrt kann man durch gezieltes Anlegen von Strom am Körper bestimmte Heilverfahren unterstützen. Recherchiere verschiedene Therapien, die elektrischen Strom anwenden, und welche Krankheitsbilder behandelt werden können.

c) Auch bei Astronauten müssen Muskelkontraktionen gezielt gefördert werden. Recherchiere mit den Stichworten „EMS-Anzug von ESA-Astronaut Matthias Maurer“ und überlege, welche in Teilaufgabe b) genannten Krankheiten auf der Erde behandelt werden könnten. Notiere deine Überlegungen.



ZIEMLICH GEFÄHRLICH DA OBEN

Eine der größten Gefahren für Weltraumreisende ist die hohe Strahlenbelastung. Die energiereiche kosmische Strahlung stammt aus der Sonne oder von Sternexplosionen, durchzieht das Weltall und kann biologische Zellen regelrecht zerschlagen oder Krebs auslösen. Auf der Erde schirmt das Magnetfeld die schnellen Teilchen größtenteils ab, Astronauten sind ihnen jedoch schutzlos ausgeliefert. Blaue Blitze, von denen manche beim Schlafen auf der Raumstation berichten, könnten von der Strahlung herrühren. Fest steht: die tägliche Dosis kosmischer Strahlung, die man auf der Raumstation abkriegt, entspricht der Jahresdosis auf der Erde. Und bei einem Flug zum Mars würde sich die Dosis noch verdoppeln. An Materialien, die leicht sind und dennoch Strahlung gut abschirmen, wird viel geforscht. Einen vollständigen Schutz gibt es aber noch nicht. Da sind gute Ideen von Forschern also dringend gefragt!

3. Elektrische Nervenleitungen sind viel schneller als chemische. Wie das prinzipiell funktioniert, soll an dem Beispiel „Ist der Topf heiß?“ in Gedanken durchgespielt werden.

a) Stell dir vor, du ergreifst einen heißen Topf mit Nudeln. Überlege einen „sinnvollen“ Ablauf des Nervensystems auf die Reize und notiere diese stichwortartig. Schau erst danach, welche Erklärung sich hinter dem QR-Code verbirgt.



b) Wie im Text des QR-Codes erklärt, wird der Reiz nicht direkt „mit einer durchgehenden Nervenleitung“ an das Gehirn gesendet, sondern über einige Synapsen. Während eine elektrische Leitung den Reiz nach dem „Alles-oder-nichts“-Prinzip leitet, können die Transmitter zwei Effekte auslösen. Benenne diese und erkläre den Vorteil darin.

c) An den Dendriten einer Nervenzelle können hunderte Synapsen mit anderen Nervenzellen bestehen. Alle ankommenden Signale werden in der Nervenzelle „verrechnet“. Manche der Signale kommen von anderen Sinneszellen. Manche der Signale kommen aber auch vom Gehirn.

Erkläre, wie das Gehirn verhindern kann, dass du den Topf fallen lässt, weil er als zu heiß empfunden wird.

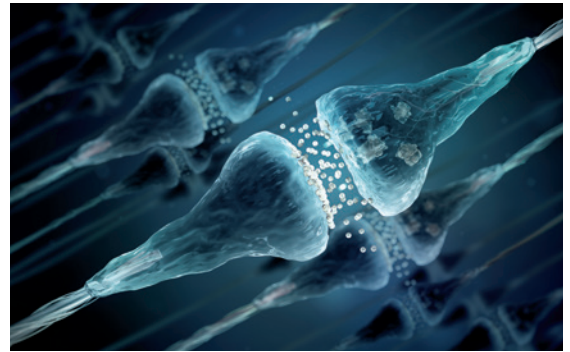
d) Das Gehirn kann die Sensibilität der Sinne nicht nur verringern, sondern sie auch erhöhen.

Nenne Situationen, in denen es besonders vorteilhaft für den Menschen ist, wenn er Sinne unterdrücken oder schärfen kann. Begründe deine Antworten.

e) Wenn du schon einmal versehentlich an einen sehr heißen Topf gefasst hast oder an eine heiße Stelle gekommen bist, hast du sicherlich sofort die Hand zurückgezogen.

Benenne diese Art der Reaktion und recherchiere, welcher Unterschied zur Reaktion im obigen Beispiel hier vorliegt. Recherchiere weitere Arten dieser Reaktion beim Menschen und erkläre, warum diese Reaktionsart wichtig ist.

4. Chemische Substanzen wie Neurotransmitter kann man auch über Medikamente oder Drogen einnehmen und somit das Nervensystem gezielt beeinflussen.
 Recherchiere und ergänze die Tabelle beispielhaft mit sechs wichtigen Neurotransmittern und deren positiven und negativen Wirkungen.



Neurotransmitter	positive Wirkungen	negative Wirkungen

5. In der Medizin spricht man nicht von „dem“ Nervensystem, sondern unterteilt es in verschiedene Nervensysteme.

a) Recherchiere die unterschiedlichen Nervensysteme. Erstelle dann in Gruppenarbeit eine Mindmap, in der die verschiedenen Nervensysteme und deren Aufgaben dargestellt sind.

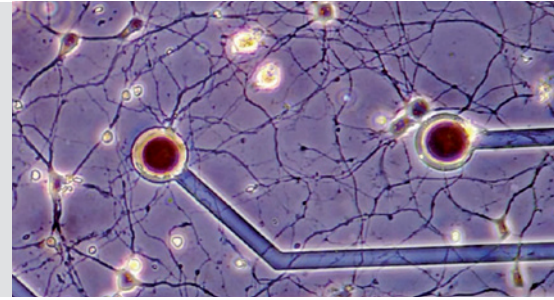
b) Das vegetative Nervensystem regelt nicht nur autonom viele Abläufe im Körper, sondern steuert auch Körperreaktionen, die wir bewusst nicht unterdrücken können, z. B. das Entstehen der Gänsehaut. Finde weitere „unkontrollierbare“ Körperreaktionen.



* c) Ist das Nervensystem erkrankt, kann das sehr unterschiedliche Auswirkungen haben: beispielsweise Parkinson, Multiple Sklerose, Epilepsie, Lähmungen, Tourette und viele andere Krankheiten. Wähle eine Nervenkrankheit aus und erstelle eine kleine Präsentation (4–5 Folien) mit den Ursachen und Auswirkungen der Krankheit. Stelle euch gegenseitig die Krankheitsbilder vor.

15 Nerven in der Schwerelosigkeit

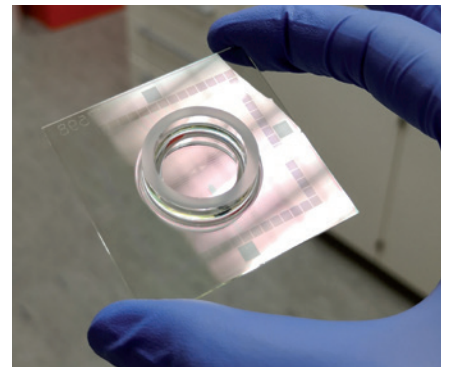
Schwerelosigkeit hat auch Auswirkungen auf die Signalübertragung des Nervensystems, was sich bei längeren Weltraummissionen negativ bemerkbar macht. Das DLR forscht intensiv, um die genauen Abläufe und Auswirkungen in diesem Bereich zu untersuchen. So können hoffentlich Entwicklungen vorangetrieben werden, um sowohl einen längeren Aufenthalt in der Schwerelosigkeit ohne Einbußen zu ermöglichen als auch bestimmte krankheitsbedingte Einschränkungen auf der Erde zu verringern.



1. Eine veränderte neuronale Aktivität ist die Hauptursache für eine Vielzahl von psychischen Störungen und eine verminderte Leistungsfähigkeit. Forschende untersuchen, inwieweit Schwerelosigkeit die Neuronen verändert.

a) Die grundlegende Funktionsweise von Nervenzellen hast du bereits kennengelernt. Finde nun Aspekte, wie die Schwerelosigkeit bei neuronalen Übertragungen ggf. stören und diese behindern könnte.

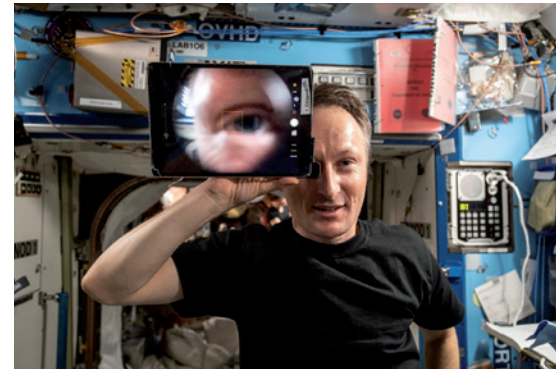
b) Im Gemeinschaftsprojekt „MIND Gravity“ von Studierenden des DLR, der Universität Bonn und der TH Köln (www.space2school.de/MIND-Gravity) werden diese Aspekte untersucht, indem man neuronale Netzwerke auf Multi-Elektroden-Array-Chips wachsen lässt und diese einer Schwerelosigkeit aussetzt. Welchen großen Vorteil hat diese Art der Untersuchung?



c) Im Jahr 2017 wurde eine Box mit Nervenzellen für zwei Wochen auf die ISS geschickt. Sie sollte die Veränderung von Nervenzellen untersuchen. Es hat sich gezeigt, dass sich die Zellmembran in der Schwerelosigkeit ändert – sie wird „flüssiger“ und ändert dadurch den Einbau von Substanzen in die Zelle. Führt in Partnerarbeit einen Gedankenaustausch, was diese Erkenntnis für Folgen für die Astronauten haben kann.


2. Sehr viele Astronauten haben während des Weltraumaufenthaltes Augenbeschwerden.


a) Führt in eurer Klasse eine freiwillige Umfrage durch, wer welche Augenleiden hat. Welche weiteren Augenerkrankungen sind bekannt?

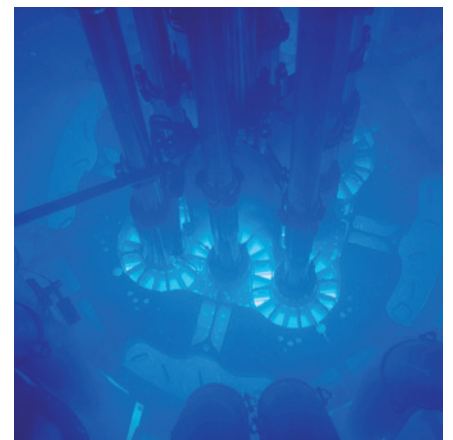


b) Astronauten leiden häufig an SANS, dem „space flight associated neuro-ocular syndrome“. Recherchiere, welche Auswirkungen dieses Syndrom hat.

c) Schaue das Video www.space2school.de/Schwereelosigkeitsgefuehl an. Erkläre nun, warum die Augen einem erhöhten Druck im Weltraum ausgesetzt sind.

 d) Im :envihab des DLR wird zu diesem Thema viel geforscht, da auch bettlägerige Menschen über ähnliche Beschwerden berichten. Informiere dich über das :envihab, z. B. unter www.space2school.de/envihab

*  e) Fliegen hoch energetische geladene Teilchen durch eine Flüssigkeit, kommt es zu einem Effekt, der Tscherenkow-Strahlung genannt wird (er bewirkt zum Beispiel, dass das Wasser in Kernkraftwerken bläulich leuchtet). Astronauten sind im Weltraum vielen hoch energetischen Teilchen ausgesetzt, die auch durch das Auge fliegen. Diese Strahlung verursacht ein verstärktes Auftreten des grauen Stars, aber auch einen weiteren Effekt, der hinderlich beim Einschlafen ist. Informiere dich über die Tscherenkow-Strahlung und beschreibe und erkläre den Effekt, der beim Einschlafen stört.



UNGESCHÜTZT IM ALL

Eine echte Herausforderung stellt für Mediziner das menschliche Immunsystem im Weltraum dar. Beinahe sofort, nachdem sie keine Schwerkraft mehr spüren, verlieren Immunzellen die Fähigkeit, auf Reize durch Bakterien und Viren zu reagieren. Diesen Effekt kann man auch im Labor auf der Erde messen, indem man die Schwerelosigkeit in einer Zentrifuge künstlich erzeugt. Die Folge: Weltraumfahrende sind im All plötzlich anfällig für alle Arten von Krankheiten. Deshalb müssen sie sieben Tage vor dem Start in Quarantäne und an Bord wird penibel auf Sauberkeit geachtet. Denn Bakterien, die Gegner des Immunsystems, fühlen sich in Schwerelosigkeit pudelwohl – sie vermehren sich oft schneller als auf der Erde und bilden eine dickere Zellwand, was sie im Weltall viel widerstandsfähiger macht als auf der Erde.

16 Das Gehirn in der Schwerelosigkeit

Das Gehirn ist eines der wichtigsten Organe der Menschen, das in Stresssituationen einwandfrei funktionieren muss. Jede noch so kleine Beeinträchtigung des Gehirns im Weltraum wird deswegen genau untersucht. Schon seit den 1980er Jahren haben vor allem sowjetische Kosmonauten über Beeinträchtigungen ihrer mentalen Leistungen geklagt, wenn sie einen längeren Aufenthalt im All hatten. Heute wissen wir, dass irgendwann nach 30 bis 60 Tagen Weltraumaufenthalt beobachtbare Veränderungen im Gehirn stattfinden.

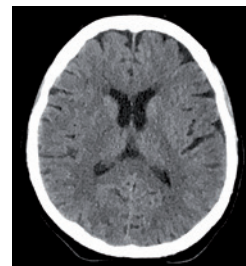
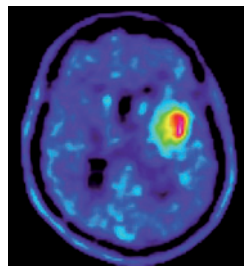
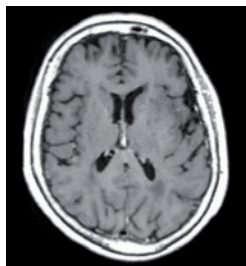
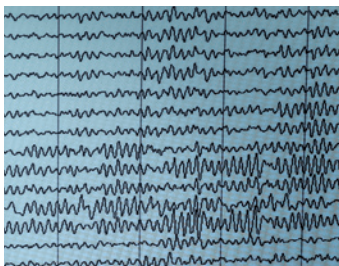


1. Das Gehirn lässt sich nicht so leicht untersuchen wie z. B. der Blutdruck oder die Körpertemperatur. Dafür sind oft große Geräte notwendig.

- a)** Typische Verfahren zur Untersuchung des Gehirns sind EEG, MRT, CT, und PET. Teilt eure Klasse in vier Gruppen auf. Jede recherchiert ein Verfahren der Gehirnuntersuchung. Notiert die wichtigsten Merkmale. Stellt dann eure Ergebnisse den anderen vor.



b) Ordnet das entsprechende Verfahren den Abbildungen zu:



c) Die genannten Verfahren können – aufgrund der Größe und Komplexität der Geräte – nicht in einem Raumschiff oder der ISS angewandt werden. Das DLR forscht an einem Verfahren, um die Gehirne der Astronauten vor Ort untersuchen zu können.

Informiere dich über Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) und finde Vorteile für die Astronauten.

d) Für welche andere Gruppe wären solche NIRS-Untersuchungen auch sinnvoll?

2. Erst seit wenigen Jahren weiß man, dass sich das Gehirn bei längeren Aufenthalten im Weltraum verändert.

a) Hauptursache für die Veränderungen ist die fehlende Schwerkraft. Die Rückenmarksflüssigkeit fließt verstärkt in den Kopf. Überlege ggf. in Partnerarbeit, welche physikalische Konsequenz sich daraus ergibt und welche Folgen das wohl für das Gehirn haben muss.

Tipp: Die Schädeldecke ist ein fester Knochen.

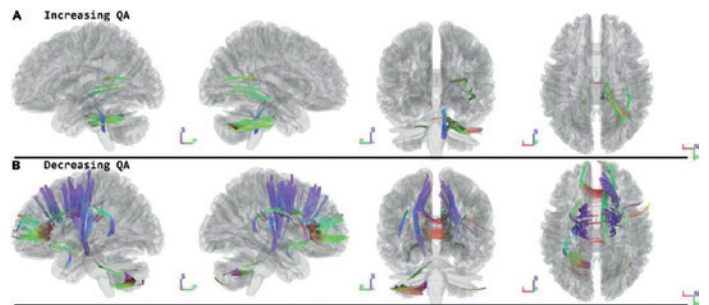



b) Mithilfe von MRT-Scans vor und nach einem längeren Weltraumaufenthalt zeigte sich, dass die graue Substanz im Gehirn schrumpfte, während die weiße Substanz etwa gleich groß blieb. Suche mithilfe des Internets eine Erklärung für dieses Phänomen. Informiere dich auch über den Unterschied zwischen weißer und grauer Substanz des Gehirns.

weiße Substanz

graue Substanz

c) An den Scans erkennt man weitere Veränderungen des Gehirns. Forschende der ESA stellten vor allem bei den Nervenbahnen der weißen Substanz, die für die senso-motorischen Abläufe zuständig sind, gravierende Veränderungen fest. Klärt in der Gruppe, wann es zu neuen Verknüpfungen der Nervenbahnen kommt und warum das gerade bei den für das Motorische zuständigen Gehirnregionen der Fall ist.



*  d) Es gibt noch weitere Effekte und Hirnveränderungen bei Reisen in der Schwerelosigkeit ... und damit Forschungsbedarf. Erstelle eine Mindmap aller Veränderungen des Gehirns für eine Kurzpräsentation. Zur Info lohnt sich ein Blick in www.space2school.de/Hirnveraenderung-in-der-Schwerelosigkeit.

3. Das Gehirn regeneriert sich im Schlaf. Für die Astronauten gilt deswegen eine vorgegebene Schlafdauer von 8,5 Stunden täglich.

a) Liste auf, welche Bedingungen du persönlich benötigst, um gut schlafen zu können. Kreuze anschließend die Bedingungen an, die wohl im Weltall eine Schwierigkeit darstellen würden.


Zuhause	im All?



b) Astronauten haben noch mit anderen Problemen zu kämpfen. Der Tag-Nacht-Wechsel regelt bei uns die Müdigkeit. Die ISS benötigt 1,5 Stunden für eine Erdumrundung. Wie viele Tag-Nacht-Wechsel erleben die Astronauten somit in 24 h? Und welcher „Tag“ wird verwendet?

c) Vielen Astronauten fällt das Schlafen auf der ISS schwer. Ergänze den Grund für die Schlafmaßnahmen auf der ISS.

- Die Schlafsäcke müssen festgeschnallt werden. ▶
- Eine Luftzirkulation der Schlafräume ist notwendig. ▶
- Astronauten tragen Augenmasken. ▶
- Astronauten tragen einen Gehörschutz. ▶

***  d)** Eine Untersuchung hat gezeigt, dass Astronauten im Schnitt nur 6 Stunden schlafen, der Schlaf nicht sehr tief ist und teils Schlafmittel benötigt werden. Für das Gehirn ist das auf lange Sicht nicht erholsam. Wie ist es bei dir? Führe ein Schlafstagebuch, ggf. mit Unterstützung von Smartwatches, Smartphones oder Schlaf-Trackern. Notiere auch, wie du dich am Tag gefühlt hast. Ermittle nach zwei Wochen deine optimale Schlafdauer.



WIE WIRD MAN WELTRAUMMEDIZINER?

Eine Ausbildung oder ein direktes Studium, um Fragen zur Medizin im Weltraum zu bearbeiten, gibt es nicht. Die meisten Menschen, die in diesem Bereich arbeiten, sind auf Umwegen dorthin gelangt. An manchen Unis gibt es zwar Spezialvorlesungen, aber wirkliche Zentren gibt es in Deutschland nur sehr wenige, z.B. das Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin des DLR in Köln und das europäische Astronautenzentrum der ESA sowie das „Center for Space Medicine“ an der Universitätsklinik Charité in Berlin. Wer in medizinischen oder technischen Berufen arbeitet, hat dort zahlreiche Möglichkeiten für Praktika oder Forschungsarbeiten.

17 Allein unter Tausenden von Sternen



Langzeit-Weltraummissionen bedeuten für Menschen auf Weltraumreisen auch psychischen Stress. In einer engen Raumstation führen sie eng getaktet und mit anhaltend hoher Konzentration komplexe wissenschaftliche Experimente durch. Mit Familie und Freunden haben sie nur über E-Mails oder Videotelefonate Kontakt, bei zukünftigen Marsmissionen wird diese Kommunikation noch schwieriger sein. In Notfällen ist die Crew auf sich allein gestellt. Jedes Crew-Mitglied muss ein Teamplayer sein.

1. Situation: Ihr seid als Crew einer Raumfahrtmission auf der beleuchteten Seite des Mondes gelandet. Nach technischen Schwierigkeiten ist der Großteil des Raumschiffes zerstört, lediglich 15 Gegenstände sind noch nutzbar. Das Überleben der Crew hängt davon ab, das 300 km entfernte Mutterschiff zu erreichen. Dafür können nur die allerwichtigsten Gegenstände mitgenommen werden.

Gegenstände: Erste-Hilfe-Koffer mit Injektionsnadeln, Kocher, Fallschirmseide, Streichhölzer, Lebensmittelkonzentrat, Trockenmilch, 20 Liter Wasser, Signalleuchtkugeln, 50 Meter Nylonseil, Sternatlas, sich selbst aufblasbares Rettungsfloß, zwei 100-kg-Tanks Sauerstoff, zwei Pistolen, Magnetkompass, mit Sonnenenergie angetriebener UKW-Sender/-Empfänger

Überlege zunächst alleine die Relevanz der Gegenstände.

Anschließend sollt ihr euch als Gruppe (Crew) auf eine Reihenfolge einigen. Der wichtigste Gegenstand steht auf Platz 1 usw.

Reihenfolge	Gegenstand	Begründung
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

2. Astronauten verbringen viele Monate mit wenigen Menschen in Isolation. Auf so eine Isolation reagiert jeder Mensch anders.

a) Notiere mögliche psychische Schwierigkeiten, die auf einer Langzeitmission im All auftreten können und auf die die Astronauten vorbereitet sein müssen.

Übertrage die Begriffe auf Kärtchen. Ordnet anschließend im Plenum alle Kärtchen nach passenden Kategorien.

b) Das DLR betreibt ein Psychologielabor im Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln (Abb.), um zu untersuchen, wie sich extreme Bedingungen auf die Psyche auswirken und wie man präventiv entgegenwirken kann.

Verschafe dir mit einer Internetrecherche einen Überblick über das Aufgabenfeld des Labors.

c) Eine erfolgreiche Gruppe im All muss harmonieren. Bei der Auswahl einer solchen Gruppe auf der Erde erhält jedes Mitglied einen Sensor, der den Abstand zu einer gegenüberstehenden Person misst.

Überlege, wie man mit diesen Messdaten eine gut funktionierende Gruppe an Menschen herausfiltern kann.





SÜDPOL STATT MARS

Wie lebt es sich, weitab der Zivilisation, ohne die Möglichkeit, mal schnell jemand anderes zu treffen? Bis auf die fehlende Schwerelosigkeit ist die einsamste Forschungsstation der Erde, die Polarstation „Station Dome Concordia“ am Südpol, ein gutes Beispiel für eine Siedlung auf anderen Himmelskörpern. Es ist wunderschön, aber auch sehr unwirtlich dort: Vier Monate lang, im Winter, bleibt es bei Temperaturen von -80°C die ganze Zeit dunkel, auf mehr als 3000 Metern Höhe ist die Luft dünn, Siedlungen gibt es keine und die nächste Küste ist 1000 Kilometer entfernt. Für die Erforschung der Abgeschiedenheit schickt die europäische Weltraumorganisation ESA jedes Jahr einen Arzt in die zwölfköpfige Forschungsgruppe an den Südpol. Die österreichische Medizinerin Carmen Possnig hat das erlebt und mit „Südllich vom Ende der Welt“ ein lesenswertes Buch darüber geschrieben – über die Schönheit des Extremen, körperliche Grenzen und psychische Höchstleistungen.



3. Lange Isolation kann auch körperliche Folgen haben.

a) Viele Astronauten entwickeln nach der Rückkehr auf die Erde allergische Reaktionen. Nenne Gründe, warum dies erst nach der Rückkehr passiert.

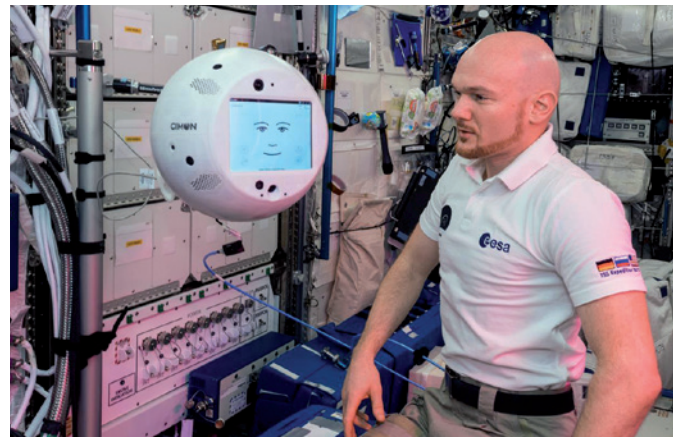
b) Mit dem Programm IMMUNO-2 hat das DLR Experimente im All durchführen lassen, die Beschwerden des Immunsystems von Astronauten genauer untersuchen.

Betrachte das Video www.space2school.de/IMMUNO-2 und erstelle eine Mindmap zu IMMUNO-2.

c) Das DLR hat mit CIMON-2 einen Astronautenassistenten auf Basis einer KI entwickelt.

Neben den alltäglichen Hilfen bietet CIMON-2 auch eine mögliche Basis für soziale Interaktion mit den Astronauten, um sozialen Stress verringern zu können.

Informiere dich über die Fähigkeiten von CIMON-2 und notiere sie stichpunktartig.



* d) Während der Zeit der Corona-Pandemie warst du vielleicht auch in gewisser Weise isoliert und kannst somit die Belastungen eines Astronauten besser nachempfinden.

Inwiefern hätte dir ein CIMON-2 geholfen? Welche Fähigkeiten müsste er deiner Meinung nach noch erlernen/besitzen?

* 4. Ein Astronaut auf der ISS verbringt bis zu 180 Tage im All.

Für eine mögliche Mars-Expedition reicht das nicht aus. Eine Crew müsste über 500 Tage zusammen eine solche Mission überstehen. Langzeitmissionen stellen neue Herausforderungen an eine Gruppe.

Recherchiere zu einer Isolationsstudie (z. B. „Mars 500“, SFINCSS), zum Experiment Biosphäre 2, zur Überwinterung in den Forschungsstationen der Antarktis und/oder zu den See- und Land-Expeditionen des 19. und 20. Jahrhunderts. Erläutere damit Erkenntnisse zur Vorbereitung von Astronauten auf Einsamkeit, Stress und Gruppendynamik und konkrete Maßnahmen dagegen.



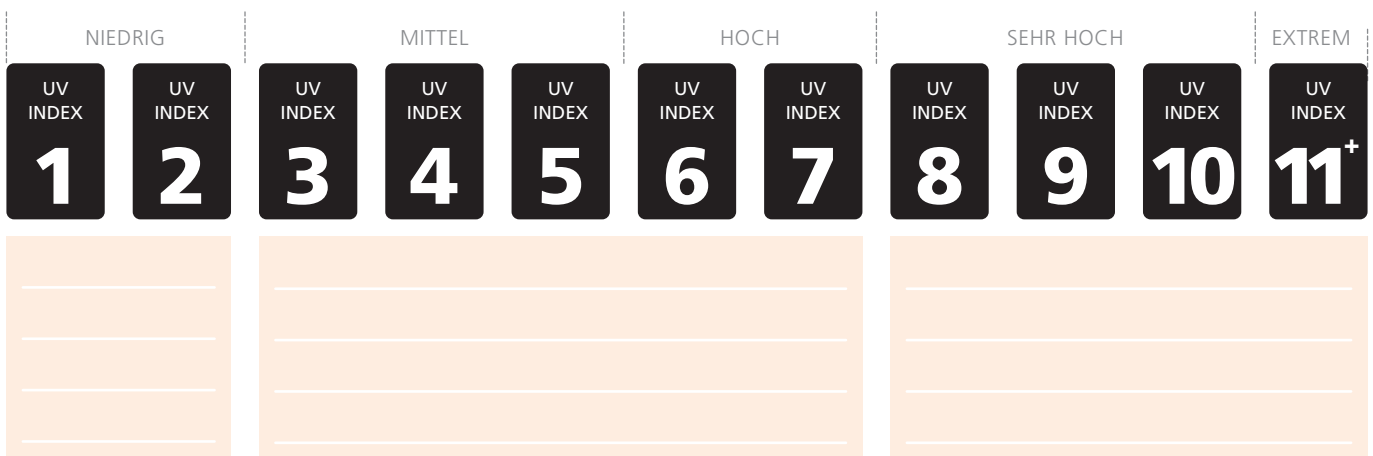
18 Praxis: Die Wirkung von UV-Licht auf den Menschen

Im Weltraum und auf der Erde kommt Licht in unterschiedlichen elektromagnetischen Wellenlängen als Infrarotlicht, sichtbares Licht und ultraviolettes Licht an. Diese ultraviolette Strahlung des Sonnenlichts (UV-Licht) ist wichtig für die Vitamin-D-Produktion und für unser Wohlbefinden, schädigt bei zu hoher Dosis jedoch Haut und Augen. Im Weltraum werden spezielle Schutzschirme und Beschichtungen eingesetzt. Auf der Erde sollte man bei Aktivitäten im Freien die Haut mit einer Sonnencreme schützen und eine Sonnenbrille mit Schutzfilter tragen.



1. Zähle die wichtigsten Schäden auf, die zu viel UV-Licht hervorrufen kann.

2. Um die UV-Strahlungsintensität ausweisen zu können, wurde eine genormte Skala, der sogenannte UV-Index, eingeführt. Recherchiere und ergänze das Schaubild mit Farben von grün bis dunkelrot und den notwendigen Schutzmaßnahmen.



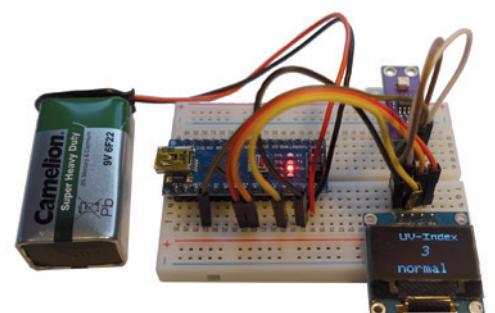
3. Da man UV-Strahlen weder sehen noch spüren kann, weiß man nicht, wie lange man sich höchstens ungeschützt in der Sonne aufhalten sollte. Hitze ist kein guter Indikator, denn selbst wenn es kalt ist, kann die UV-Intensität hoch sein: Nicht die UV-Strahlung erzeugt Wärme, sondern das Infrarotlicht der Sonne.

Mit einem geeigneten Sensor, einem intelligenten Steuerungssystem und einem Display lässt sich ein einfaches und mobiles Warnsystem bauen, mit welchem die Strahlungsintensität beispielsweise im Weltraum, im Freibad oder am Badesee dargestellt werden kann.

Besorge dir die Teile der nebenstehenden Stückliste.

Stückliste

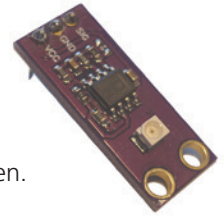
- 1 Arduino UNO Mikrocontroller
- 1 USB-Verbindungskabel
- 1 UV-Sensor GUA-S12SD
- 1 OLED-Display
- 7 Verbindungskabel
- 1 Breadboard mit 400 Pins
- 1 Batterie 9 V + Anschlusskabel



Der UV-Sensor

Der Sensor GUVA-S12SD beruht auf einer Schottky-Photodiode mit einer Detektionswellenlänge, die das ganze UVA-Spektrum abdeckt. Er gibt eine Analogspannung aus, die mit der UV-Lichtintensität variiert. Die Spannung lässt sich über den Befehl `analogRead()` mit dem Arduino auslesen.

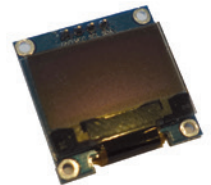
Die VCC- und GND-Ausgänge des Sensors werden an den Spannungsausgang 5 V bzw. GND des Arduinos angeschlossen. Der Ausgang „SIG/SIG“ wird an einen analogen Eingang (z. B. A0) angeschlossen.



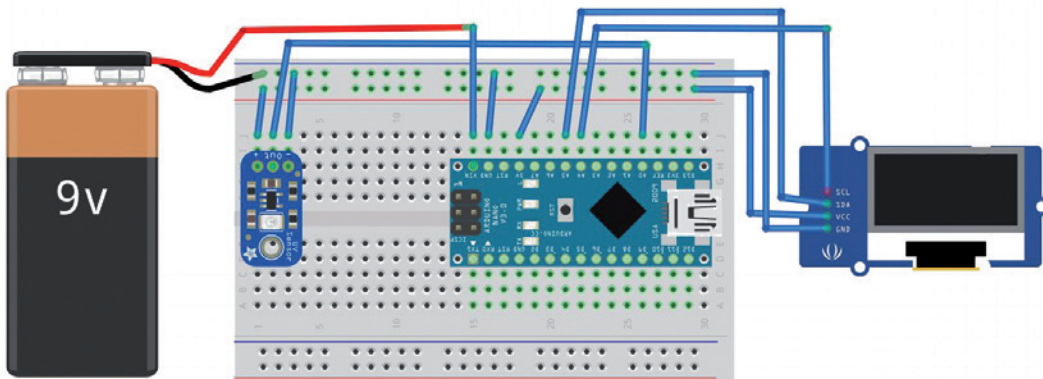
Das OLED-Display

Das „Organic-Light-Emitting-Diodes“-Display (OLED-Display) stellt jedes einzelne Pixel mittels einer eigenen Lichtquelle dar. Durch die geringe Größe der einzelnen Pixel wird eine hohe Auflösung (Pixeldichte) und damit Bildqualität erzeugt.

Die VCC- und GND-Ausgänge des Displays werden an den Spannungsausgang 5 V bzw. GND des Arduinos angeschlossen. „SCL“ wird z. B. an den analogen Eingang A4 bzw. „SDA“ wird an den analogen Eingang A5 angeschlossen.



a) Verkabele Sensor und Display wie beschrieben und abgebildet mit dem Arduino.



b) Öffne das Programm Arduino auf deinem Rechner. Installiere die Bibliotheken „Adafruit_SSD1306.h“ und „Adafruit_GFX.h“ für Display und Sensor.

c) Downloade das Script „UV-Messgerät mit OLED Display“ für die Schaltung unter dem Link www.space2school.de/AB18. Öffne es mit der Arduino-Software auf deinem Rechner und übertrage es mit einem USB-Kabel in den Arduino. Zieh das USB-Kabel ab und schließe die 9-V-Batterie an den V_{in} - und GND-Anschluss des Arduinos an. Nun müsste deine UV-Ampel die Strahlungsintensität im Bereich von 1 bis 11 ausgeben.

4. Überlege dir ein geeignetes Gehäuse für deine Anlage. Du kannst ein fertiges Kunststoffgehäuse nutzen, ein eigenes Gehäuse aus Holz bauen oder eines mit dem 3D-Drucker produzieren. Achte darauf, dass der Sensor nicht abgedeckt wird. Vermutlich macht auch ein Schalter Sinn. Nun kannst du das Gerät auch mobil nutzen und zukünftig noch besser geschützt die Sonne genießen.

Bisher erschienene Schulmaterialien der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR und Klett MINT



Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und 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 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.