Lehr- und Arbeitsmaterial



GUTE IDEEN:

Wie wir Wissen schaffen

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2022

Nachgefragt!

Nutzungsrechte

Sämtliche Inhalte des Lehr- und Arbeitsmaterials „Gute Ideen: Wie wir Wissen schaffen“ sind urheberrechtlich geschützt. Dies gilt sowohl für das in gedruckter Form vorliegende Lehr- und Arbeitsmaterial als auch für die zum Download bereitgestellten Daten auf **wissenschaftsjahr.de/2022/aktionen/schulaktion**. Das Lehr- und Arbeitsmaterial wird kostenfrei zur Verfügung gestellt und darf ausschließlich in nicht kommerziellen Kontexten verwendet werden. Hierzu gehören die Vervielfältigung, das Speichern, das Drucken und die Bearbeitung des Lehr- und Arbeitsmaterials.

Änderungen dürfen nur insoweit vorgenommen werden, als sie zur Ausübung des Nutzungszweckes unumgänglich sind, z. B. in Form von Kürzungen. Der Aussagegehalt ist dabei unverändert beizubehalten.

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

Das Lehr- und Arbeitsmaterial ist so konzipiert, dass Lehrerinnen und Lehrer sowie Gruppenleiterinnen und Gruppenleiter es als Kopiervorlage nutzen können. Zusätzlich stehen weiterführende Informationen auf **wissenschaftsjahr.de/2022/aktionen/schulaktion** bereit.

Inhalt

Das Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt! 2
Modulübersicht 4

MODUL 1: *EINFACH MAL PROBIEREN – WISSENSCHAFTLICHE EXPERIMENTE* **6**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 7
Arbeitsblätter Klassenstufen 5–7 10

MODUL 2: *ENTDECKEN – VÖLLIG NEU ODER SCHON BEKANNT?* **18**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 19
Arbeitsblätter Klassenstufen 5–7 22

MODUL 3: *MODELLE – DIE WELT IM SANDKASTEN* **28**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 29
Arbeitsblätter Klassenstufen 8–10 32

MODUL 4: *WIESO, WESHALB, WARUM? ERKLÄRUNGEN GESUCHT!* **38**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 39
Arbeitsblätter Klassenstufen 8–10 42

MODUL 5: *DATEN – GRUNDSTOFF DER MODERNEN WELT* **50**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 51
Arbeitsblätter Klassenstufen 8–10 54

MODUL 6: *BEOBACHTUNG – DIE WELT UNTER DER LUPE* **60**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 61
Arbeitsblätter Sekundarstufe II 64

MODUL 7: *THEORIEN – FESTGEFÜGT ODER IMMER IM FLUSS?* **70**

Einführung und didaktisch-methodische Hinweise 71
Arbeitsblätter Sekundarstufe II 74

Glossar 84
Literatur zur Vertiefung 86
Bildnachweise 88
Impressum 89

Das Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt!

Zum Hintergrund

Wir stehen am Beginn des 21. Jahrhunderts vor großen Herausforderungen. Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung beeinflussen alle Bereiche unseres Lebens und prägen damit unsere Gesellschaft. Es ist daher von großer Bedeutung, dass wir uns mit Entwicklungen in der Forschung und Methoden der Wissenschaft vertraut machen und mit den Auswirkungen für unsere Gesellschaft auseinandersetzen. Dabei gilt es kritisch nachzufragen sowie eigenes Wissen und Perspektiven in den Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft einzubringen.

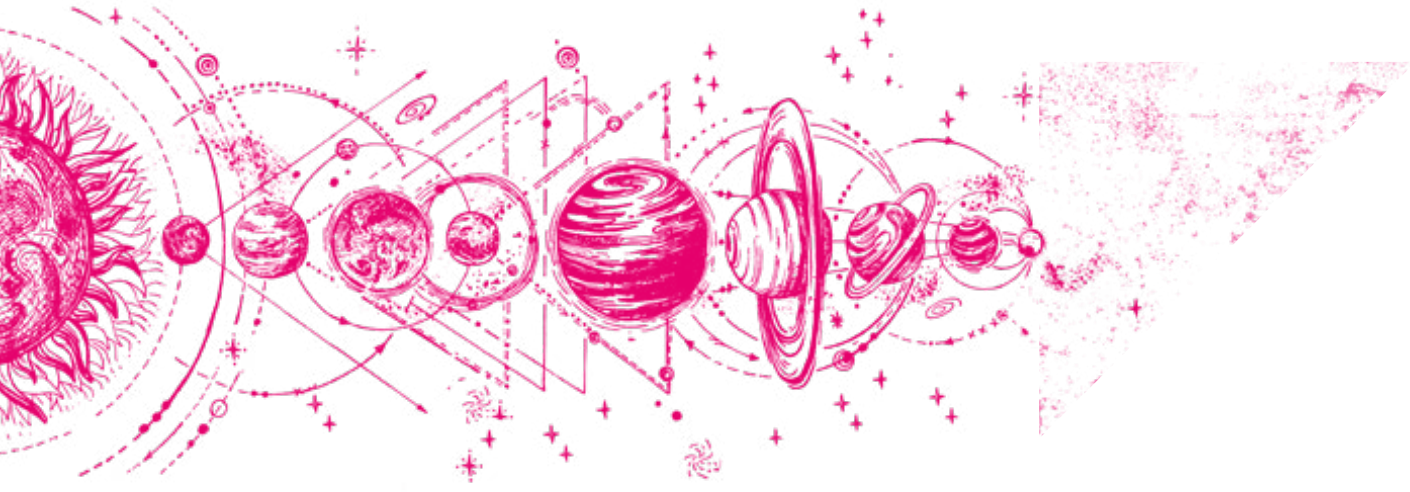
Was ist uns wichtig? Was bewegt uns? Wie wollen wir unsere Gesellschaft gemeinsam mit Wissenschaft und neuen Technologien gestalten? Bei diesen Fragen setzt das Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt! an und lädt alle Bürgerinnen und Bürger dazu ein, mit Wissenschaft und Forschung in einen offenen Dialog auf Augenhöhe zu treten. Das Fragenstellen steht im Zentrum. Ob konkret, alltagsnah oder visionär – die Vielfalt der Anliegen, Ideen und Vorstellungen prägt das Wissenschaftsjahr 2022.

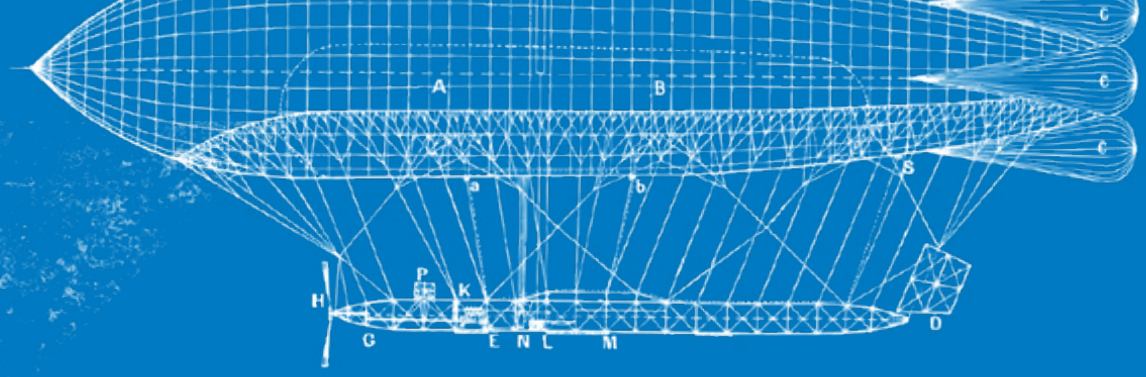
Wer nicht fragt …

„Glaube ich nur, was ich auch selbst gesehen habe?" – „Wie kann man etwas erforschen, das man gar nicht sieht?" – „Was bedeutet ‚objektiv' eigentlich?" Nach Jean Piaget befinden sich Jugendliche mit dem Eintritt ins Stadium der formaloperationalen Intelligenz in einer sensiblen Phase: Erstmals können sie Hypothesen nicht nur anhand konkreter Dinge, sondern auch aus abstrakten Gedankengängen ableiten. Sie versuchen die Welt auf neue Weise zu verstehen – und stellen ganz selbstverständlich Fragen, um diesem Ziel näher zu kommen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung möchte Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler im Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt! mit den Lehr- und Arbeitsmaterialien „Gute Ideen: Wie wir Wissen schaffen" genau dabei unterstützen und bietet Ihnen die Möglichkeit, aktuelle Themen unserer Wissensgesellschaft in Ihren Unterricht zu integrieren.

Unser wissenschaftlicher Partner: der Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte der Universität München

Der Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte am Historischen Seminar der Ludwig-Maximilians-Universität München wird von Prof. Dr. Kärin Nickelsen geleitet und erforscht die historische Entwicklung der Wissenschaften von der Frühen Neuzeit bis zum späten 20. Jahrhundert. Untersucht wird, wie wissenschaftliche Erkenntnisse in unterschiedlichen Zeiten und Räumen generiert, diskutiert und legitimiert wurden. Der Blick richtet sich auf die innere Dynamik der Wissenschaften in Wechselwirkung mit ihrem politischen, sozialen und kulturellen Umfeld. Schwerpunkte liegen auf der Methodologie und historischen Erkenntnistheorie der Wissenschaften sowie auf der Erforschung von kollektiven Prozessen der Wissensbildung.





Forschungsbörse

Die Forschungsbörse

Finden Sie engagierte Forschende, die Ihre Schülerinnen und Schüler über aktuelle Forschung und wissenschaftliche Methoden informieren und in den direkten Austausch gehen. Von Astrophysik bis Zoologie – Sie finden in der Forschungsbörse über 1.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Sie in Ihren Unterricht einladen können – vor Ort oder digital.
forschungsboerse.de

Konzept und Aufbau der Unterrichtsmodule

Die Unterrichtsmaterialien zum Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt! gliedern sich in sieben Module. Das Besondere daran: Die Module sind nicht einzelnen Fächern zugeordnet, sondern fachübergreifend angelegt und gehen jeweils einem wissenschaftlichen Kernbegriff auf den Grund. So gibt es beispielsweise Module zu den Themen „Experimente", „Entdeckungen", „Daten". Anhand von Fallbeispielen aus wechselnden Epochen und unterschiedlichen Fachdisziplinen können sich die Schülerinnen und Schüler mit dem jeweiligen Schlüsselbegriff auseinandersetzen.

Diese Zusammenstellung aus Fach- und Zeitbezügen bildet eine Welt ab, in der interdisziplinäres Denken wesentlich ist. Und sie lenkt den Fokus auf das verbindende Element – die Frage, was wissenschaftliches Arbeiten im Kern ausmacht, letztendlich also: wie wir Wissen schaffen!

Immer wieder werden auch die gesellschaftlichen Bedingungen für wissenschaftliches Arbeiten in den Blick genommen. Dies ermöglicht Schülerinnen und Schülern, selbst Stellung zu beziehen, Fragestellungen der Vergangenheit in die Gegenwart zu holen und eigene Fragen zu ihrer heutigen Lebenswelt zu entwickeln. Dazu finden sich Impulse in den Materialien. Der Blick in die Geschichte liefert eine zentrale Erkenntnis: Menschliches Wissen verändert sich. Neue Methoden, technische Erfindungen und politisch-gesellschaftliche Entwicklungen beeinflussen Forschung – und damit auch das, was als gültig angesehen wird. In einer Zeit, in der von der Wissenschaft oft abschließende Antworten erwartet werden, ist diese Einsicht elementar.

Innerhalb der Module gibt es eine didaktische Progression – daher empfiehlt es sich, die Arbeitsblätter der Nummerierung folgend einzusetzen. Aber auch eine selektive Bearbeitung einzelner Materialseiten ist möglich. Alle Module sind gleich aufgebaut: Sie beginnen mit einer kurzen Einleitung zur fachlichen Orientierung. Es folgen didaktisch-methodische Hinweise mit Lösungsvorschlägen und schließlich die Arbeitsblätter.

Um das Altersspektrum von Klasse 5 bis zum 13. Jahrgang abzudecken, wurden drei Altersgruppen gebildet: Klassen 5–7, Klassen 8–10 und Sekundarstufe II. Die Module richten sich an jeweils eine dieser Altersgruppen und können je nach Lerngruppe variabel eingesetzt werden. Die Zeitvorgaben bieten eine grobe Orientierung.

Auf den Arbeitsblättern werden verschiedene Sozialformen vorgeschlagen:

Einzelarbeit **Partnerarbeit** **Gruppenarbeit**

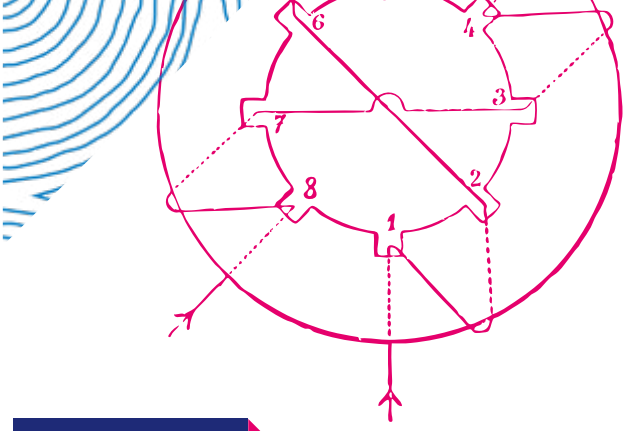


Fig. 3.

Modulübersicht

MODUL 1

Einfach mal probieren – wissenschaftliche Experimente

KLASSENSTUFEN 5–7

Experimentieren macht Spaß. In der Geschichte der Wissenschaft gingen Experimente oft auch mit jahrelangen Mühen und Rückschlägen einher. Experimente führen zu neuen Erkenntnissen, sie veranschaulichen Zusammenhänge und können für die Wichtigkeit von Forschung werben. Otto von Guericke und Alessandro Volta liefern Vorlagen für kleine physikalische Exkurse und einen praktischen Versuch zum Bau einer Batterie. Stichwort Batterie: Da lässt sich gut eine Brücke vom späten 18. Jahrhundert in die Gegenwart schlagen.

MODUL 2

Entdecken – völlig neu oder schon bekannt?

KLASSENSTUFEN 5–7

Entdeckungen sind wichtige Bestandteile unseres Alltags. Auch der Ehrgeiz vieler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist auf neue Entdeckungen gerichtet. Aber was macht „Entdeckungen" eigentlich aus? Kann man überhaupt etwas entdecken? Die Schülerinnen und Schüler lernen mit Therese von Bayern eine ungewöhnliche „Entdeckerin" kennen und fragen am Beispiel Robert Kochs nach der gesellschaftlichen Bedeutung von Entdeckungen in der Medizin.

MODUL 3

Modelle – die Welt im Sandkasten

KLASSENSTUFEN 8–10

Modelle lassen die Welt auf das Notwendige schrumpfen oder sie vergrößern die Dinge so, dass Unsichtbares sichtbar wird – z. B. die Doppelhelixstruktur der DNA, eines der wichtigsten naturwissenschaftlichen Modelle des 20. Jahrhunderts. Die Modellierung half in diesem Fall, grundlegende biochemische Prozesse zu verstehen. Modelle können auch abstrakte Zusammenhänge nachbilden: Das Wirtschaftsmodell von David Ricardo führt vom frühen 19. Jahrhundert direkt hinein in die heutigen Debatten um Welthandel und Globalisierung.

MODUL 4

Wieso, weshalb, warum? Erklärungen gesucht!

KLASSENSTUFEN 8–10

Für alles um uns herum suchen wir nach Erklärungen. Wir versuchen so, Ursachen für rätselhafte oder unklare Phänomene zu benennen. Schon vor über 100 Jahren suchte die Wissenschaft nach Erklärungen für klimatische Veränderungen – allerdings mit einer anderen Motivation als heute. Der Klimawandel zeigt auch, wie eng Erklärungen und Prognosen zusammenhängen. Schülerinnen und Schüler begeben sich in diesem Modul selbst auf die Suche nach unerforschten Themen und lernen anhand eines berühmten Steinkreises, dass es manchmal mehr als nur eine Erklärung gibt.

MODUL 5

Daten – Grundstoff der modernen Welt

KLASSENSTUFEN 8–10

Nichts geht heute ohne Daten – auch beim Wetterbericht nicht. Ein weltumspannendes Netz von Messpunkten liefert die Grundlage für verlässliche Vorhersagen. Ein Blick zurück auf die Anfänge systematischer Wettermessungen zeigt: Schon die ersten Wetterfrösche hatten Schwierigkeiten, Korrelation und Kausalität zu unterscheiden. Zu diesem elementaren Problem bieten die Materialien ein weiteres spannendes Beispiel und thematisieren die grafische Darstellung von Messreihen.

MODUL 6

Beobachtung – die Welt unter der Lupe

SEKUNDARSTUFE II

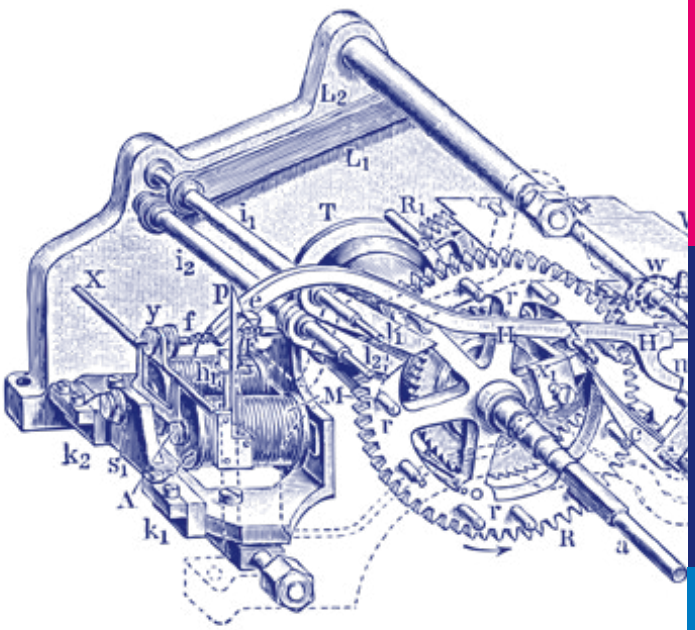
Es gibt viele Dinge, die man beobachten kann: Flora und Fauna, das Wetter oder ferne Himmelskörper. Eine der schwierigsten Aufgaben besteht darin, den Menschen und sein Verhalten zu beobachten. In diesem Modul lernen die Schülerinnen und Schüler einen Bereich der Sozialwissenschaften kennen, der sich im Laufe des 20. Jahrhunderts grundlegend verändert hat. Andere zu beobachten, heißt nach heutigem Verständnis: über die eigene Rolle bei dieser Tätigkeit nachdenken, Vorurteile und Vorannahmen berücksichtigen und die Beobachteten einbeziehen.

MODUL 7

Theorien – festgefügt oder immer im Fluss?

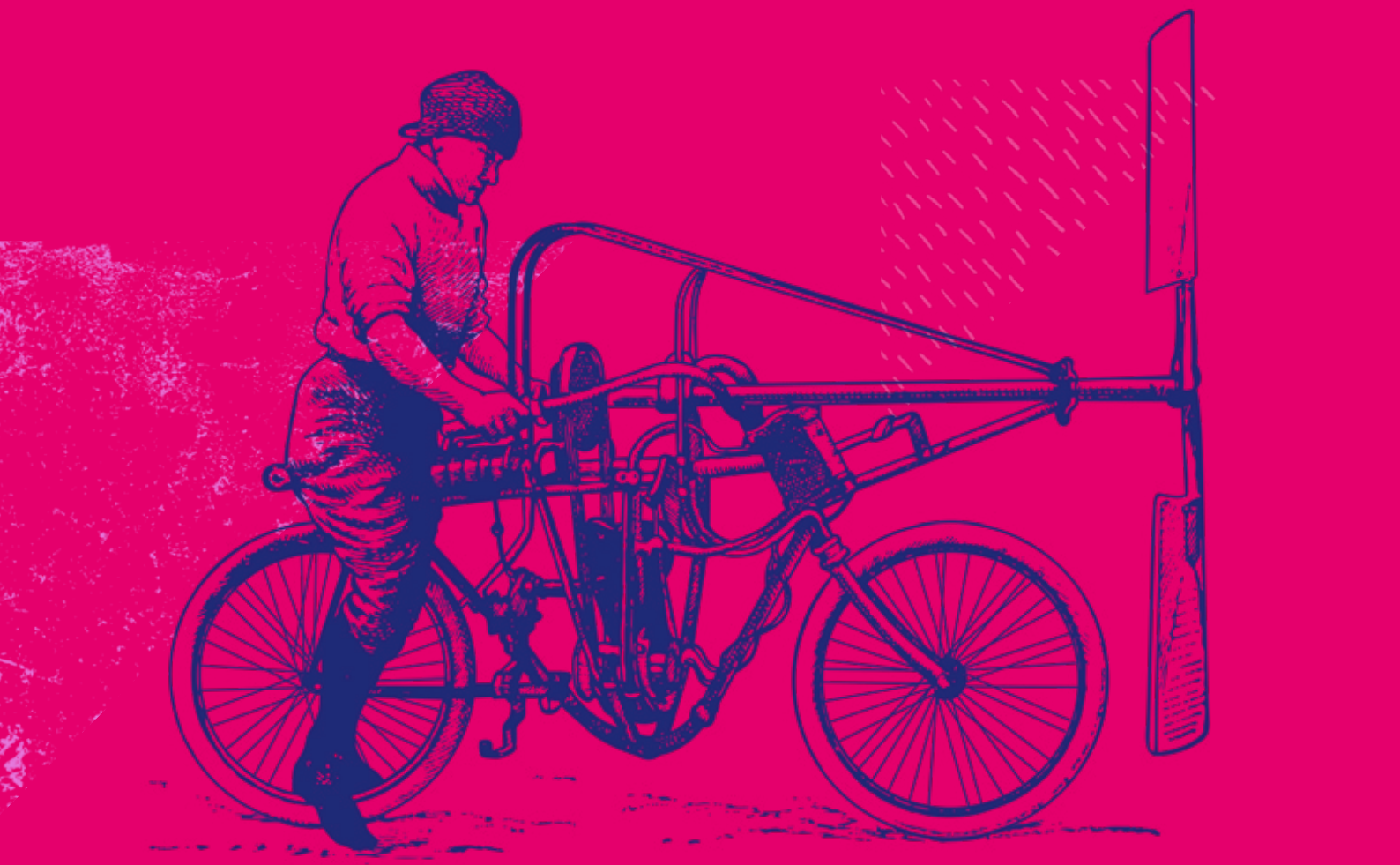
SEKUNDARSTUFE II

Theorien versuchen, Phänomene allgemeingültig zu beschreiben. Eine Theorie, die im 18. Jahrhundert zur Erklärung von Verbrennungsprozessen formuliert wurde, erwies sich an der Schwelle zum 19. Jahrhundert als nicht mehr haltbar. Dieses Beispiel zeigt, dass Theorien immer wieder in Frage gestellt und überprüft werden müssen. Und Charles Darwins wirkungsmächtige Evolutionstheorie? Sie wurde aus dem Bereich der Naturwissenschaften auf die Gesellschaft übertragen – mit Folgen, die bis heute nachwirken.



MODUL 1

EINFACH MAL PROBIEREN – WISSEN-SCHAFTLICHE EXPERIMENTE



KLASSENSTUFEN 5–7

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Deutsch, Geschichte, Physik

Wer bei YouTube das Stichwort *Experiment* eingibt, stößt auf Tausende von Videos mit teils skurrilen, teils eindrucksvollen Vorführungen, darunter auch viele, die im schulischen Unterricht durchaus relevant sind. Aber was sind eigentlich Experimente im Verständnis von Forschung? Welche Rolle spielten und spielen sie in der Geschichte der Wissenschaft? Welche Erfahrungen können Kinder und Jugendliche beim eigenen Experimentieren sammeln?

Anhand zweier historischer Beispiele und eines Blickes auf ein aktuelles Großexperiment thematisieren die folgenden Unterrichtsmaterialien das Experiment als einen wesentlichen Baustein wissenschaftlichen Arbeitens. Sie gehen dabei auf folgende Aspekte ein:

- Die Kernidee von Experimenten: Experimente sind **künstlich geschaffene Situationen**, um Beziehungen und kausale Zusammenhänge zu untersuchen. Dabei bemühen sich die Experimentierenden um die Kontrolle über Faktoren, die den Untersuchungsgegenstand beeinflussen. Diese Faktoren werden systematisch verändert, um so zu Aussagen über ihren Einfluss zu kommen.

- **Der Prozesscharakter:** Viele naturwissenschaftliche Experimente werden in oft jahrelanger Entwicklungsarbeit fortgeschrieben. Um sie durchführen zu können, sind Hilfsmittel notwendig. In vielen Fällen entstanden in diesem Zusammenhang technische Geräte von weitreichendem Nutzen (hier: Luftpumpe, Batterie).

- Durch ihre Anschaulichkeit können Experimente Menschen **wissenschaftliche Zusammenhänge nahebringen** und sie für neue Erkenntnisse gewinnen. Die Beispiele verdeutlichen, dass schon lange vor der Durchsetzung eines modernen Bildungssystems Forscherinnen und Forscher versucht haben, Menschen durch öffentlich durchgeführte Experimente für wissenschaftliche Erkenntnisse zu begeistern. Parallel dazu dienten Experimente auch dazu, die Fachwelt und einflussreiche Personen von den jeweiligen Thesen zu überzeugen.

Auch wenn den Unterrichtsmaterialien Themen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich zugrunde liegen, können sie auch für den Geschichtsunterricht (Erfindungen, Wissenschaft und Aufklärung) und für den Deutschunterricht interessant sein (Versprachlichung von Grafiken, Fachsprache, Beziehung von Wissenschaft und Literatur).

Didaktisch-methodische Hinweise

Die Arbeitsblätter greifen drei Fallbeispiele auf: Otto von Guericke will beweisen, dass ein Vakuum existiert, und führt dazu technisch überaus komplizierte Experimente mit großer Öffentlichkeitswirkung durch **(Arbeitsblätter 1–3)**. Alessandro Volta entwickelt mit der Voltasäule eine frühe Form der Batterie. Durch eigenes Ausprobieren können Schülerinnen und Schüler viel über den Prozesscharakter von Experimenten lernen. Außerdem erfahren sie, wie Voltas Forschungen von einer Schriftstellerin aufgegriffen wurden **(Arbeitsblätter 4–6)**. Den historischen Experimenten wird mit dem CERN ein heutiges Großlabor gegenübergestellt **(Arbeitsblatt 7)**.



Zu den einzelnen Arbeitsblättern

Die Schülerinnen und Schüler werden auf **Arbeitsblatt 1** mit einer einfachen Überlegung zum Inhalt eines Trinkglases mit der Fragestellung Otto von Guerickes konfrontiert und indirekt auch mit einer These des Philosophen Aristoteles: dass es auf der Erde keinen Ort gibt, an dem sich „nichts" befindet. Mit der Aufgabe, ein Experiment zu konzipieren und zu skizzieren, werden die Schülerinnen und Schüler selbst zu Akteurinnen und Akteuren und können Überlegungen anstellen, welche Schwierigkeiten bei diesem Vorhaben zu überwinden sind. Mutmaßungen über eine bildliche Darstellung des Magdeburger Halbkugel-Versuchs führen sie dann zum historischen Fallbeispiel.

Dessen physikalische Hintergründe werden auf **Arbeitsblatt 2** thematisiert. Hier besteht die Möglichkeit, physikalische Grundbegriffe sprachlich zu erfassen und durch die Zuordnungsübung in der Skizze wiederzufinden. Die zweite Aufgabe erfordert eine Transferleistung und transportiert das Thema wieder in die heutige Lebenswelt: Beim Aufblasen des Fußballs wird im Inneren ein Druck erzeugt, der höher ist als der Außendruck. Er presst die Hülle nach außen und sorgt dafür, dass sich der Ball hart anfühlt. Öffnet man das Ventil, entweicht die Luft aus dem Ball, Außen- und Innendruck gleichen sich aus. Bleibt das Ventil offen, lässt sich die Hülle des Balls mühelos eindrücken. Mit der dritten Aufgabe können die Schülerinnen und Schüler selbstständig das Zusammenspiel von Experiment und Erklärung auf andere Fälle übertragen.

In **Arbeitsblatt 3** wird thematisiert, dass von Guericke mit seinem Experiment seinen Zeitgenossinnen und Zeitgenossen etwas zeigen wollte. Auf der Abbildung ist deutlich zu sehen, dass der Versuch sehr aufwendig und nur durch die Mithilfe mehrerer Personen möglich ist. Unter den Zuschauenden befinden sich vorwiegend vornehm gekleidete Männer, auch einzelne Kinder und Frauen sind zu erkennen. Einige scheinen über das Experiment zu debattieren, sie wirken entspannt (einige sitzen im Gras), aber auch neugierig. Es ist offensichtlich kein Fachpublikum, sondern die Stadtöffentlichkeit.

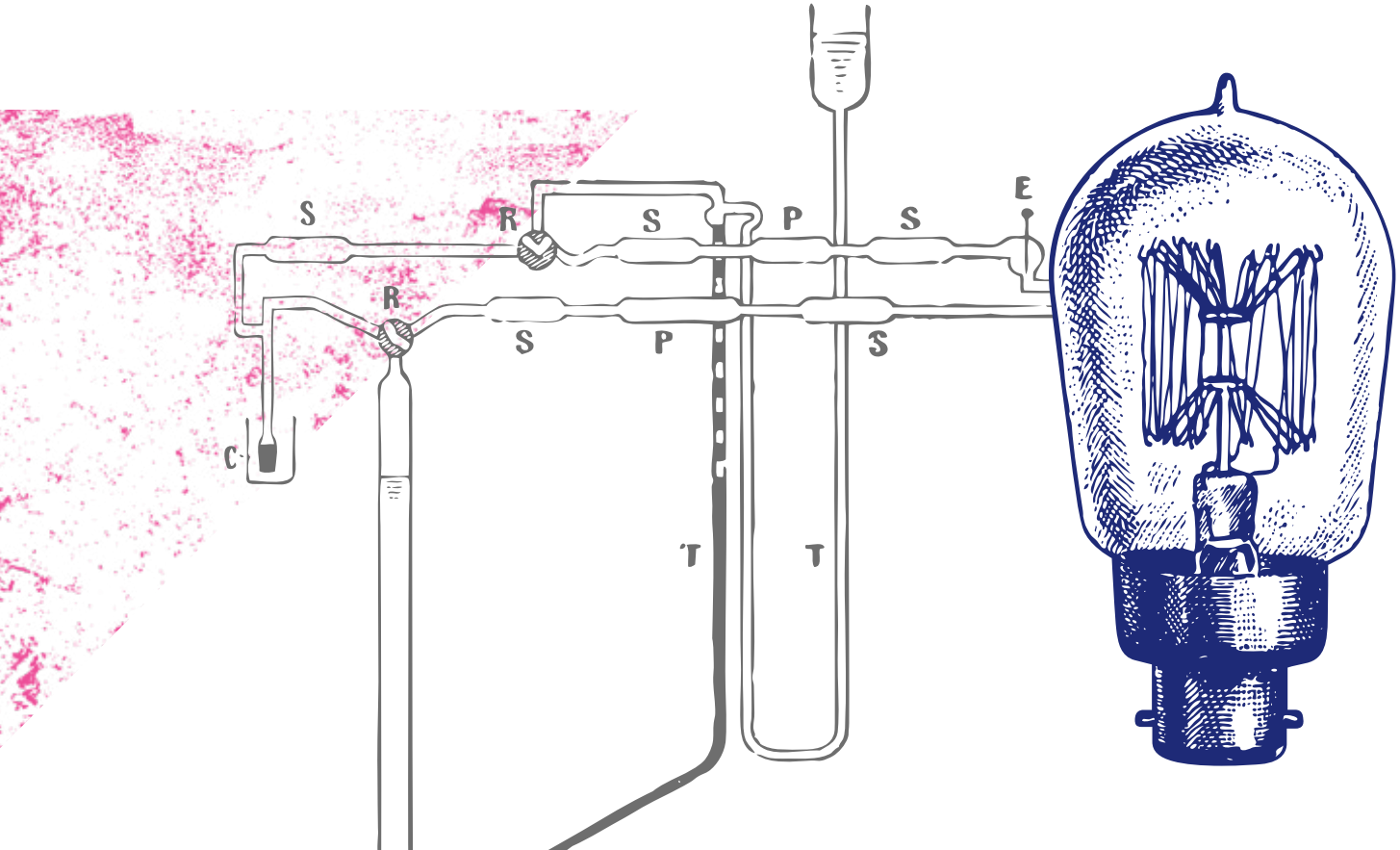
Die fiktive Rede von Guerickes soll die Schülerinnen und Schüler noch weiter in die Situation hineinziehen und sie zu eigenen Reaktionen anregen. Wesentliche Punkte sind:

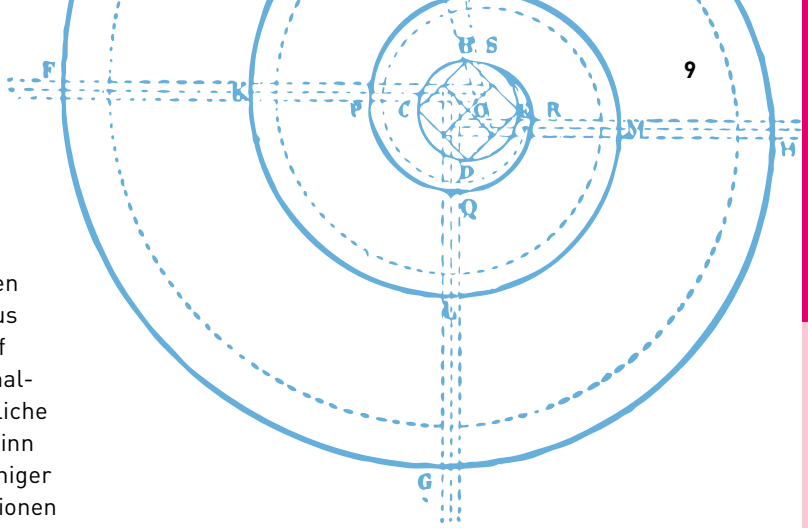
> Jahrelange Vorarbeit, auch technischer Art, ist erforderlich; es gibt Fehlschläge und Verbesserungen.

> Das Experiment ist in eine wissenschaftliche Diskussion eingebunden; von Guericke will etwas zeigen, indem er die Auswirkungen des Vakuums sichtbar macht.

> Die Wahrnehmung durch einflussreiche Menschen ist wichtig, sie sollen das Ergebnis bezeugen und legitimieren.

> Von Guericke unterstreicht die Wichtigkeit der Vorführung.





Schülerinnen und Schüler kennen Experimente vor allem aus der Schule, wo sie zu Lehrzwecken eingesetzt werden, aber auch beispielsweise aus TV-Shows und Do-it-yourself-Experimenten auf YouTube, wo die Experimente auch einen unterhaltenden Charakter haben können. Wissenschaftliche Experimente zum tatsächlichen Erkenntnisgewinn sind Schülerinnen und Schülern vermutlich weniger vertraut, vielleicht am ehesten aus Dokumentationen aus dem Bereich der Erd- und Naturforschung. Zur Vertiefung dieses Aspektes kann an dieser Stelle bereits **Arbeitsblatt 7** eingesetzt werden (Erläuterungen siehe unten).

Beim zweiten historischen Beispiel, der Voltasäule, soll die Experimentierlust der Schülerinnen und Schüler genutzt werden, um Einblicke in den Charakter von Experimenten zu ermöglichen. Auf **Arbeitsblatt 4** erhalten sie zunächst nur wenige Informationen zum historischen Vorbild, dazu eine Liste mit Materialien, mit denen sie das gezeigte Objekt nachbauen können. So wird eine Situation geschaffen, in der die Schülerinnen und Schüler selbst vor Fragen gestellt werden und nach Lösungen suchen können. Fehlversuche sind dabei durchaus erwünscht.

Auf **Arbeitsblatt 5** stehen Tipps zur Verfügung, die das Nachbauen einer Voltasäule ermöglichen. Zur Unterrichtsvorbereitung empfiehlt sich ein (englischsprachiges) YouTube-Video, das den Bau sehr anschaulich erläutert: **youtu.be/vIHfUJu3aKo**. Wenn man mit Glühbirnen arbeitet, müssen die Volta-Elemente schon recht leistungsstark sein. Wichtig ist auch, dass die Pappe mit reichlich Essig getränkt wird, weil sie schnell trocknet.

Das eigene Experimentieren sollte in eine Reflexionsphase münden, in der nach Zielen des eigenen Tuns gefragt wird (im Vergleich zu Volta). Zudem sollten die Schülerinnen und Schüler aus ihrer eigenen Erfahrung heraus beschreiben, was Experimentieren bedeutet. Im Idealfall werden sie die Prozesshaftigkeit (Irrwege eingeschlossen) sowie den Vorführ- und Zeigecharakter nennen. In der abschließenden Reflexion über die gewachsene Bedeutung von Batterien kann in Grundzügen auf die Notwendigkeit einer Umstellung des heutigen Energiesystems eingegangen werden (Speicherung von Wind- und Solarstrom, der nicht immer produziert werden kann, Elektromobilität, Digitalisierung).

Arbeitsblatt 6 thematisiert die Frage, wie wissenschaftliche Entdeckungen die Fantasie anregen und auch künstlerisch verarbeitet werden können. Vermittelt wird dies über einen Auszug aus dem Roman „Frankenstein“ von Mary Shelley, der nicht zuletzt auch die Ängste thematisiert, die Neuentdeckungen auslösen können. Das Experimentieren mit toten Tieren oder gar menschlichen Körpern sollte auch unter ethischen Gesichtspunkten problematisiert werden. Zudem können auf der Basis des Textauszuges heutige Sorgen von Schülerinnen und Schülern angesichts der Auswirkungen moderner Technik angesprochen werden.

Auch **Arbeitsblatt 7** schlägt einen Bogen in die Gegenwart. In aller Kürze wird hier ein modernes Großlabor vorgestellt: der Teilchenbeschleuniger am CERN in Genf. Da den Schülerinnen und Schülern das physikalische Hintergrundwissen fehlt, empfiehlt es sich, den Vergleich mit historischer Forschung auf die äußeren Einrichtungen zu konzentrieren. Betrachtet man die gigantischen Dimensionen, die technisch wie organisatorisch hoch differenzierten Einrichtungen im CERN und die vollkommen anders geartete Lebenswelt moderner Forscherinnen und Forscher, so scheint es kaum Ähnlichkeiten zur Lebenswelt eines Otto von Guericke oder Alessandro Volta zu geben. Und doch sollte deutlich werden, dass die Grundstruktur sich nicht geändert hat: Auch die heutige Forschung bearbeitet aktuelle Fragestellungen und nutzt Experimente, um Schritt für Schritt zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.

Webtipp zum CERN:

Unter teilchenwelt.de präsentiert ein Netzwerk aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Angebote für Schulen sowie für Jugendliche, die sich mit den neusten Fragen der Teilchenforschung beschäftigen wollen. Die Angebote sind allerdings überwiegend auf ältere Schülerinnen und Schüler ausgerichtet.

ARBEITSBLATT 1

30 min

MODUL: WISSENSCHAFTLICHE EXPERIMENTE

Ein besonderes Experiment I

Machst du gerne Experimente? Dann hast du etwas mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gemeinsam. Für sie sind Experimente ein wichtiges Mittel, um zu neuen Erkenntnissen zu kommen. Ein sehr ungewöhnliches Experiment fand vor etwa 350 Jahren statt – es ging um die „Magdeburger Halbkugeln".



Streit um ein leeres Glas

Auf dem Tisch steht ein Trinkglas. Kira fragt: „Was ist in dem Glas?" Kadir sagt: „Das Glas ist leer. Also ist nichts drin." „Stimmt nicht", sagt Kira. „Es ist Luft drin. In der Natur gibt es keinen Ort, an dem gar nichts ist."

Die Magdeburger Halbkugeln



Hinweis: Bei dem Gegenstand zwischen den Pferden handelt es sich um zwei halbe Kugeln, die weder durch Schrauben oder Klebstoff noch durch andere Hilfsmittel miteinander verbunden sind.

AUFGABEN

1 Besprecht in Partnerarbeit, ob Kira mit ihren Aussagen zum leeren Glas recht hat. Kennt ihr einen Ort, an dem nichts ist?

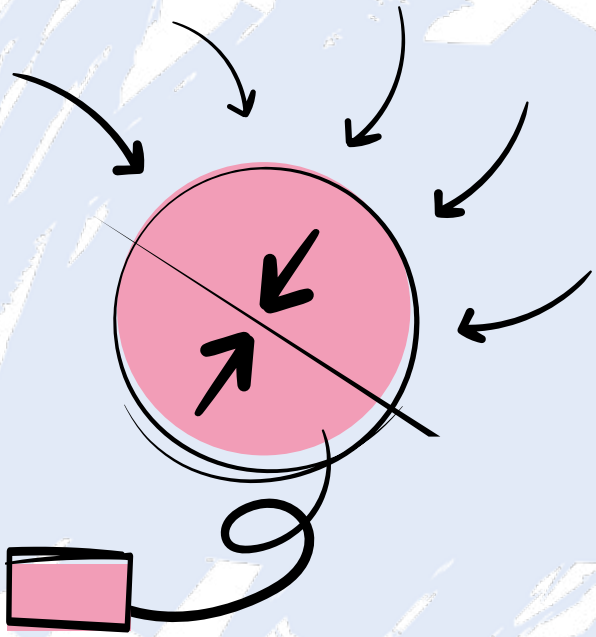
2 Rauslöffeln oder auskippen? Überlegt, wie man die Luft aus dem „leeren" Glas herausbekommen könnte. Denkt euch dazu ein Experiment aus. Fertigt eine Skizze an und notiert, wie ihr vorgehen würdet. Stellt euch eure Ergebnisse gegenseitig vor.

3 Seht euch gemeinsam das Bild mit der Überschrift „Die Magdeburger Halbkugeln" an. Beschreibt, was ihr seht, und überlegt, was es mit eurem Glas und der Luft zu tun haben könnte.

ARBEITSBLATT 2

Ein besonderes Experiment II

Hier erfährst du, wie das Experiment mit den Magdeburger Halbkugeln funktioniert. Der Luftdruck spielt dabei eine große Rolle – du kannst seine Kraft auch im Alltag entdecken.



Luftdruck
Kugelhälften
Unterdruck
Luftdichte Verbindung
Schlauch
Pumpe

Überall auf der Erde herrscht ein bestimmter **Luftdruck**, der nur wenig schwankt. Aus **zwei Kugelhälften**, die **luftdicht miteinander verbunden sind**, wird die Luft mit Hilfe einer **Pumpe** herausgepumpt. Dadurch verringert sich der **Druck** im Inneren. Es entsteht fast ein **Vakuum** (vollständige Luftleere). Der äußere Luftdruck bleibt jedoch bestehen und presst die beiden Kugelhälften aufeinander. Wie viel **Kraft** nötig ist, um sie auseinanderzuziehen, hängt von der Größe der Kugel ab: Je größer sie ist, umso größer ist auch der Druck, der von außen auf die Kugel wirkt. Otto von Guericke verwendete bei einem seiner Experimente Kugeln mit einem Durchmesser von 42 Zentimetern. Bei einem vollständigen Vakuum im Inneren würden die Kugelhälften mit einer Kraft zusammengedrückt, die ungefähr dem Gewicht eines Autos entspricht. Da man den äußeren Luftdruck nicht wahrnimmt, scheint es so, als würden die Kugelhälften durch eine magische Kraft zusammengehalten.

AUFGABEN

1 Lies die Erklärung zum Experiment mit den Halbkugeln. Beschreibe mit eigenen Worten die Kraft, die die Kugelhälften zusammenhält. Beschrifte die Skizze, indem du die Wörter und die entsprechenden Stellen in der Zeichnung mit Linien verbindest.

2 Erkläre mit den Begriffen aus der Versuchsbeschreibung, was passiert, wenn du einen Fußball aufpumpst. Wie verändert sich der Ball?

3 Wahrscheinlich hielten manche Leute den Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln für eine Art Zauberei. Kennt ihr andere Experimente, die eine überraschende Wirkung haben? Recherchiert in Partnerarbeit ein Beispiel und findet auch eine Erklärung dazu.

ARBEITSBLATT 3

MODUL: WISSENSCHAFTLICHE EXPERIMENTE

Ein besonderes Experiment III

Der Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln ist berühmt geworden, obwohl er schon vor 350 Jahren durchgeführt wurde. Hier erfahrt ihr mehr über den Mann, der sich das Ganze ausgedacht hat. Wenn er heute leben würde, hätte er wahrscheinlich viele Followerinnen und Follower.

Otto von Guericke

Otto von Guericke (wird ausgesprochen wie „Gericke") wurde 1602 in Magdeburg geboren und absolvierte eine vielseitige Ausbildung. So konnte er später als Bürgermeister in Magdeburg arbeiten, aber auch als Ingenieur die Befestigungsanlagen der Stadt verbessern. Aufmerksam verfolgte er Diskussionen über physikalische Themen. Ihn interessierte vor allem die Frage, ob es möglich ist, die Luft aus einem Gefäß zu entfernen. Die meisten Forscher glaubten nicht daran, sondern hielten sich an die Aussage des griechischen Philosophen Aristoteles, der meinte, dass es auf der Erde keinen Ort gibt, an dem nichts ist.

Was konnte Otto von Guericke tun, um das Gegenteil zu beweisen? Er entschied sich für etwas, das damals nicht üblich war: ein öffentliches Experiment. Wir wissen nicht, ob er damals bei der Vorführung der „Magdeburger Halbkugeln" eine Rede gehalten hat. Wenn ja, dann ging sie vielleicht so:

Liebe Bürger der Stadt Magdeburg,
verehrte hohe Herren,
was ich euch heute zeige, ist das Ergebnis jahrelanger Arbeit. Das Schwierigste dabei war die Entwicklung einer Pumpe, die in der Lage ist, die Luft aus einem Gefäß zu entfernen. Erst habe ich ein Holzfass genommen, aber das ist zerbrochen, so stark waren die Kräfte, die auf das Holz einwirkten. Ihr werdet diese Kräfte heute selbst erleben! Sechzehn Pferde werden nicht in der Lage sein, die beiden Halbkugeln zu trennen. Sie werden durch nichts zusammengehalten als durch die vollkommene LEERE. Niemand wird danach behaupten, dass Aristoteles recht hat! Es gibt ein Vakuum! Vor dem Regensburger Reichstag und in vielen anderen Orten habe ich solche Experimente vorgeführt. Der Kurfürst wird mich bald empfangen. Und heute seid ihr Zeugen einer großen Entdeckung. Spendet Applaus und sprecht mit euren Freunden darüber, was heute hier passiert!

AUFGABEN

1 ***Arbeitet in Kleingruppen. Seht euch noch einmal das Bild mit den Magdeburger Halbkugeln an (Arbeitsblatt 1). Beantwortet folgende Fragen: Welche Personen sind zu sehen? Was tun sie? Wie sind sie gekleidet? Warum sind sie gekommen und wie ist die Stimmung?***

2 ***Lest den Text zu Otto von Guericke und seine Rede. Unterstreicht, was er zu seinen Erfahrungen und Zielen sagt. Wie haben die Zuschauerinnen und Zuschauer vermutlich reagiert? Schreibt ihre Zwischenrufe und Kommentare auf. Vergleicht eure Ergebnisse in der Klasse.***

3 ***Öffentliche wissenschaftliche Experimente waren vor 350 Jahren etwas Ungewöhnliches. Wie ist es heute? Wann und wo kann man bei solchen Experimenten zusehen? Sammelt Beispiele und nennt Gründe, warum diese Experimente durchgeführt werden.***



ARBEITSBLATT 4

90 min

MODUL: WISSENSCHAFTLICHE EXPERIMENTE

Das elektrische Sandwich I

Elektrischer Strom ist heute alltäglich und lebensnotwendig. Vor 200 Jahren war das noch ganz anders: Die Menschen wussten wenig darüber und betrachteten die Elektrizität als geheimnisvolle Erscheinung. Durch Experimente wollte der Italiener Alessandro Volta Elektrizität besser verstehen.



Auf dem Foto seht ihr ein Gerät, wie es Volta konstruiert hat. Über seine Arbeit damit schrieb er: „Ich habe die Enden des Apparates mit feuchten Händen berührt und starke ‚Schocks' erhalten. Fügt man mehr Platten hinzu, bleibt der ganze Arm betäubt."

Ihr könnt selbst solch ein elektrisches Sandwich bauen – und es ist vollkommen ungefährlich!

Das benötigt ihr:

- etwa zehn gleich große Kupfermünzen oder Kupferplättchen
- Aluminiumfolie
- Pappe
- Essig
- zwei Stücke Draht mit blanken Enden
- Klebeband
- Schere
- ein Spannungsmessgerät oder eine kleine Glühbirne

Tipp: Wenn die Kupfermünzen dunkel angelaufen sind, müsst ihr sie zunächst in einem Essigbad zum Glänzen bringen.

AUFGABEN

1 ***Beschreibt, wie das Gerät aufgebaut ist. Sammelt Vorschläge, was es sein könnte. Habt ihr etwas Ähnliches schon gesehen?***

2 ***Überlegt gemeinsam, wie ihr die Materialien verwenden könntet, um ein elektrisches Sandwich herzustellen. Probiert aus!***

3 ***Wenn ihr nicht weiterkommt, helfen euch die Tipps auf Arbeitsblatt 5.***

ARBEITSBLATT 5 SEITE 1/2

Das elektrische Sandwich II

Hier bekommt ihr Tipps für euer eigenes Experiment. Und ihr könnt überlegen, was eigentlich „experimentieren“ bedeutet.

Tipps für das „elektrische Sandwich“

1. Pappe und Alufolie müssen in Kreise geschnitten werden, die so groß sind wie die Münzen. Ihr könnt dafür die Münzen als Schablone benutzen.
2. Alles Essig: Damit das Sandwich Strom liefert, muss die Pappe mit Essig getränkt sein.
3. Die elektrische Spannung entsteht zwischen Folie und Münzen – sie dürfen sich nicht direkt berühren.
4. Mit dem Klebeband könnt ihr das Sandwich umwickeln und die beiden Drahtenden oben und unten befestigen.
5. Zwischen den beiden Drähten sollte am Ende elektrischer Strom fließen. Das könnt ihr mit einem Messgerät oder einer kleinen Glühbirne beweisen.



Alessandro Volta (1745–1827)

HIER FOTOAUSDRUCK EINKLEBEN

ARBEITSBLATT 5 SEITE 2/2

Euer Experiment

Wie seid ihr vorgegangen? *(Stichworte)*

Voltas Name

Heute wird der Name von Alessandro Volta für eine Einheit aus dem Bereich der Elektrizität verwendet. Wisst ihr, welche? Was genau ist damit gemeint?

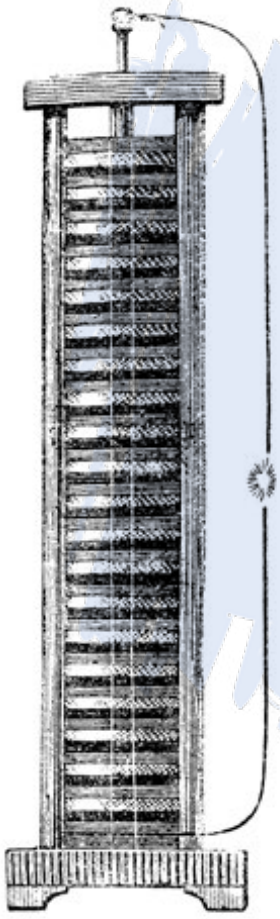
AUFGABEN

1 ***Notiert, wie ihr bei eurem Experiment vorgegangen seid. Was habt ihr ausprobiert, was habt ihr verändert? Wo gab es Schwierigkeiten?***

2 ***Vergleicht eure Situation mit der von Alessandro Volta und Otto von Guericke. Worum ging es den beiden Forschern, worum geht es bei euch?***

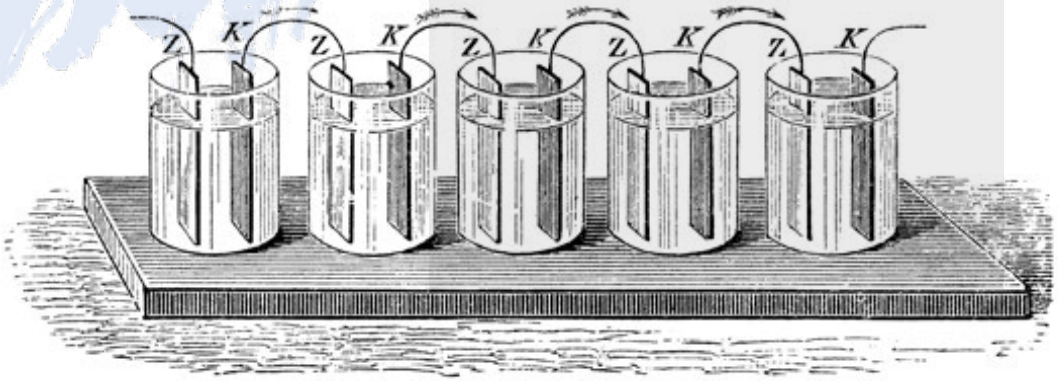
3 ***Sammelt Stichworte: Was gehört zu einem Experiment? Warum sind Experimente wichtig?***

4 ***Die Voltasäule ist eine Batterie, also ein Gerät, das Strom speichert. Wo kommen Batterien heute vor? Sammelt Beispiele. Überlegt, warum Batterien heute wichtiger geworden sind als früher.***



Vorläufer der Batterie

Voltas Erfindung, die Volta-Säule, ist eine frühe Form der Batterie. Zwischen zwei verschiedenen Metallen befindet sich eine Säure (im Experiment Essig). Durch die Einwirkung der Säure verändern sich die Metalle und es entstehen gegensätzliche elektrische Ladungen. Verbindet man die Enden der Säule mit einem Draht, gleichen sich die Ladungsunterschiede aus – es fließt Strom. Auf ähnliche Weise funktionieren Batterien bis heute.



ARBEITSBLATT 6

MODUL: WISSENSCHAFTLICHE EXPERIMENTE

Das elektrische Sandwich III

Alessandro Volta und andere fanden viel über den elektrischen Strom heraus. Manche ihrer Experimente waren unheimlich und regten die Fantasie von Künstlerinnen und Künstlern an.

Experimente regen Kunstschaffende an

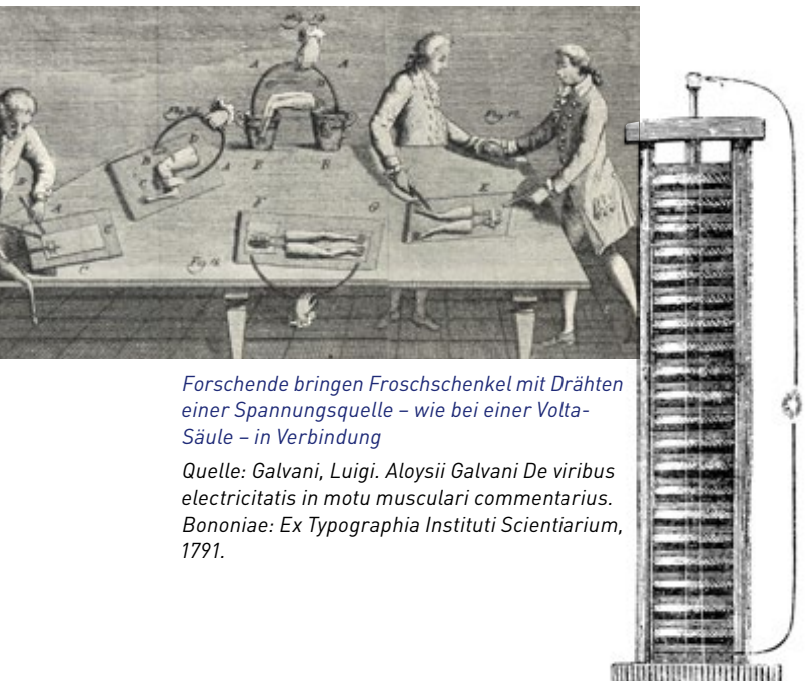
In Experimenten mit toten Tieren entdeckten Forscher, dass elektrischer Strom auch bei der Funktion von Körpern eine Rolle spielt. Man konnte das zeigen, indem man z. B. Froschschenkel mit den Drähten einer Spannungsquelle – wie einer Volta-Säule – in Berührung brachte: Sie begannen zu zucken, obwohl das dazugehörige Tier längst tot war. Solche Beobachtungen waren faszinierend und zugleich unheimlich: War es vielleicht sogar möglich, mit Hilfe von Strom verstorbene Menschen ins Leben zurückzuholen?

Auch solche Experimente gab es. Die Schriftstellerin Mary Shelley hatte Kontakt zu Naturforschern und war fasziniert von der Idee, dass es möglich sein könne, einen künstlichen Menschen zu erschaffen. So entstand ihr Roman „Frankenstein" (1818). Darin gelingt es einem jungen Wissenschaftler mit speziellen Apparaten, ein Wesen, das aus Leichenteilen zusammengesetzt ist, zum Leben zu erwecken. Mary Shelley erwähnt die Voltasäule nicht wörtlich. Doch in späteren Frankenstein-Filmen kann man die beeindruckende Erfindung Alessandro Voltas wiederentdecken – in Klein und in Riesengroß.

Im Roman „Frankenstein" beschreibt der Wissenschaftler seine eigene Reaktion auf die Erschaffung des Monsters so:

„Wie könnte ich Ihnen beschreiben, was ich empfand, und das Ungetüm schildern, dass ich da mit so viel Mühe und Fleiß geschaffen? (…) Seine gelbliche Haut genügte kaum, um das Geflecht von Muskeln und Adern zu decken; sein Haar war glänzend schwarz und lang; seine Zähne wie Perlen. Aber das alles bildete nur einen umso auffallenderen Gegensatz zu den wässrigen Augen, die sich von den Augenhöhlen kaum abhoben, der faltigen Haut und den schwärzlichen, schmalen Lippen. (…) Mit der ganzen Glut meines Herzens hatte ich mich nach der Vollendung gesehnt, und nun war die Schönheit des Traumes verblichen, unsäglicher Schrecken und Ekel erfüllten mich. Unfähig, den Anblick meines Geschöpfes noch länger zu ertragen, rannte ich aus dem Laboratorium und in mein Schlafzimmer, wo ich auf- und abging, da ich keine Ruhe finden konnte."

Aus: Mary Shelley: Frankenstein, Kap. 5, zitiert nach der E-Book-Ausgabe von e-artnow.org



Forschende bringen Froschschenkel mit Drähten einer Spannungsquelle – wie bei einer Volta-Säule – in Verbindung

Quelle: Galvani, Luigi. Aloysii Galvani De viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bononiae: Ex Typographia Instituti Scientiarium, 1791.

AUFGABEN

1 ***Seht euch das Bild an und beschreibt, was ihr seht. Diskutiert, ob ihr solche Experimente mit Tierkörpern oder gar Menschen durchführen würdet. Welche Rolle würde für euch der mögliche Nutzen solcher Experimente spielen?***

2 ***Lest den Text. Beschreibt, wie der Wissenschaftler im Roman seine eigene Erfindung erlebt. Entwickelt in Partnerarbeit eine Fortsetzung der Geschichte und notiert dazu Stichworte.***

3 ***Nennt Beispiele für wissenschaftliche Erfindungen, die in Geschichten oder Filmen eine Rolle spielen. Schreibt eine Geschichte über ein Experiment, das euch fasziniert.***

ARBEITSBLATT 7

30 min

MODUL: WISSENSCHAFTLICHE EXPERIMENTE

Experimente heute: das CERN

Eines der größten Experimentierlabore weltweit befindet sich in Genf: das CERN. Die Abkürzung steht dabei für „Conseil européen pour la recherche nucléaire“ (Europäischer Rat für Kernforschung).



Der unterirdisch verlaufende Teilchenbeschleuniger ist als rote Linie in das Luftbild eingezeichnet



Beim ALICE-Experiment sind die Forschenden dem Ursprung des Universums auf der Spur. ALICE steht für „A Large Ion Collider Experiment“.

Schon im antiken Griechenland beschäftigte man sich mit der Frage, wie sich Materie zusammensetzt. Der Philosoph Demokrit vermutete, dass alle Dinge aus winzigen Kügelchen bestehen. Er nannte sie Atome, abgeleitet vom griechischen Wort für „unteilbar“. Im 20. Jahrhundert wurde diese Theorie bestätigt. Aber zugleich vermutete die Wissenschaft, dass es kleinere Teile als Atome gibt. Sie konnten jedoch nicht sichtbar gemacht werden. Das ist ein Ziel des Teilchenbeschleunigers im CERN. Die Idee dahinter: Zwei Atome prallen mit einer unglaublich hohen Geschwindigkeit aufeinander und zerspringen dann in ihre Bestandteile. Diese Bestandteile kann man nicht wirklich „sehen“, aber die große Anlage auf dem Foto ist dazu da, die Flugbahn der kleinsten Teilchen aufzuzeichnen und mehr über sie herauszufinden.

Der Teilchenbeschleuniger am CERN ist nicht nur der größte weltweit, er ist auch eine der kompliziertesten technischen Anlagen überhaupt. Er wurde wegen seiner Einzigartigkeit schon mit den Pyramiden der Ägypter verglichen. Um Versuche mit dem Teilchenbeschleuniger durchzuführen, arbeiten dort Tausende von Menschen aus vielen Ländern – nach dem Zweiten Weltkrieg war das CERN damit auch ein Friedensprojekt. Es ähnelt einer kleinen Stadt mit Wohnheimen, Büros und einem Supermarkt. Es gibt auch eine eigene Zeitung und einen Segelclub.

Fakten zum CERN

- **Gründungsjahr:** 1954
- **Mitglieder:** 23 europäische Staaten und Israel
- **Jährliche Kosten:** etwa eine Milliarde Euro, davon kommen etwa 20 Prozent aus Deutschland
- **Forschende:** mehr als 12.000 aus 85 Ländern
- **Sprachen:** Englisch und Französisch
- **Lage:** zwei Forschungszentren bei Genf, die auf schweizerischem und französischem Gebiet liegen

AUFGABEN

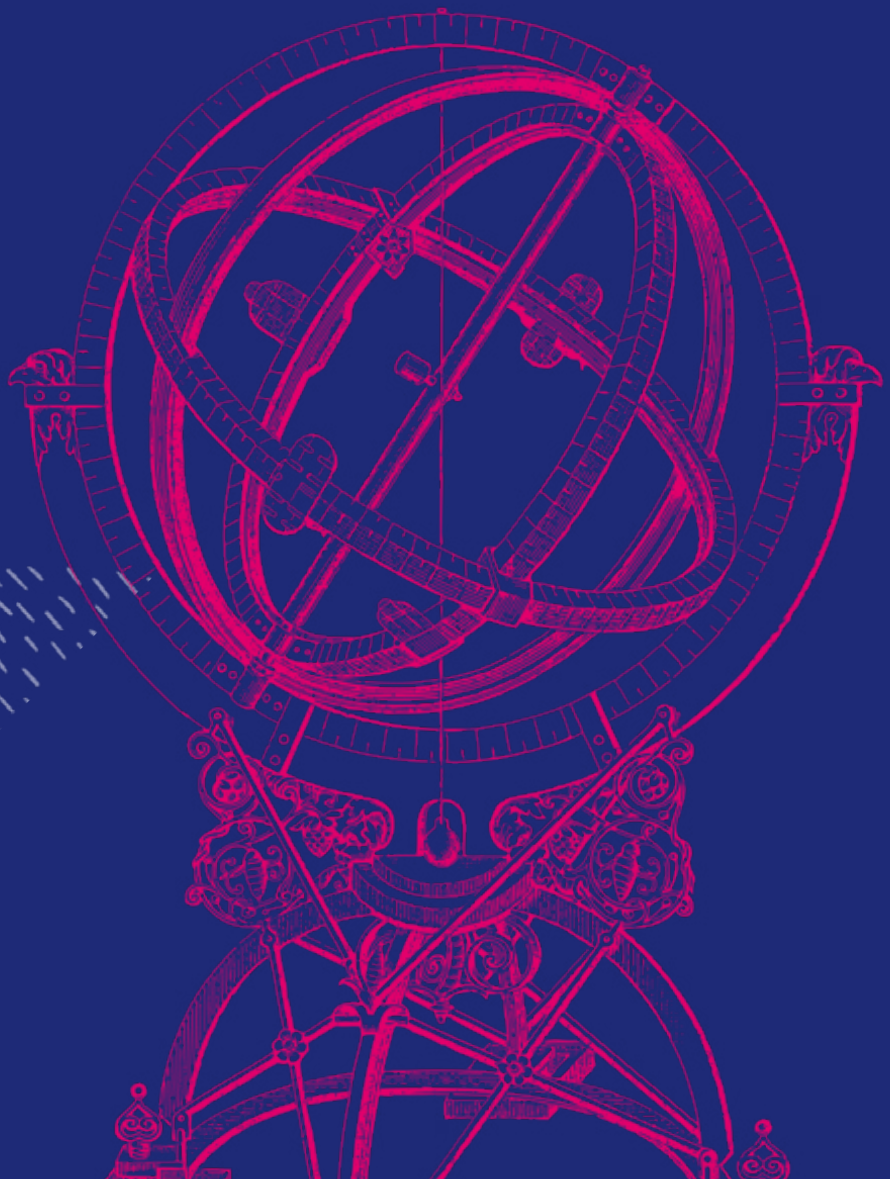
***1** Seht euch die Fotos an. Beschreibt, was auf der Luftaufnahme dargestellt wird. Entdeckt ihr die Menschen auf dem Foto zum ALICE-Experiment?*

***2** Lest den Text über das CERN. Vergleicht die Arbeit mit derjenigen von Volta und von Guericke. Gibt es Gemeinsamkeiten?*

***3** Wo würdet ihr lieber forschen: am CERN oder im 17. Jahrhundert? Diskutiert Vor- und Nachteile des Lebens von Forschenden damals und heute. Tipp: Seht euch die Interviews in der Mediathek von weltmaschine.de an!*

MODUL 2

ENTDECKEN – VÖLLIG NEU ODER SCHON BEKANNT?



KLASSENSTUFEN 5–7

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Biologie, Geschichte, Physik, Chemie

„Max-Planck-Forscher finden 18 neue Planeten in der Milchstraße“ / „Von faszinierend bis kurios: 12 Entdeckungen in der Tierwelt im Jahr 2021“ – diese und ähnliche Schlagzeilen begegnen uns nahezu tagtäglich. Entdeckungen bestimmen unseren Alltag, sei es durch die neuesten Forschungsergebnisse in der Wissenschaft oder durch unser eigenes Entdecken im Laufe unseres Lebens.

Eine Entdeckung ist nur sehr selten das Ergebnis einer gezielten Suche nach etwas ganz Bestimmtem. Sie ist auch selten eine einmalig durchgeführte Aktion, sondern die Folge vieler Untersuchungen und Beobachtungen, also das Ergebnis eines langen Prozesses.

Eine Entdeckung muss auch als solche zunächst erkannt werden, d. h., die Forschenden müssen wissen, was sie vor sich haben, oder dies zumindest als „bemerkenswert“ einordnen können. Die Entdeckung von etwas „Neuem“ ist also zwangsläufig mit der Frage verbunden, was das „Alte“ oder das Bekannte ist, und erfordert die Akzeptanz der Öffentlichkeit, sei es zunächst in Form der „Scientific Community“ oder später der breiten Öffentlichkeit.

Anhand zweier historischer Beispiele werden unterschiedliche Formen des Entdeckens vorgestellt und erarbeitet. Dabei werden folgende Aspekte thematisiert:

> Ausgehend von dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler wird mit **Therese von Bayern** eine durchaus untypische Entdeckungsreisende präsentiert. Im Zusammenhang mit ihrer Entdeckung einer neuen Fischart macht die Frage nach der wissenschaftlichen Benennung darauf aufmerksam, dass auch andere Wissensformen existieren. Therese von Bayern bewegte sich als Forscherin in einem Kontext, in dem eine Tierart erst mit ihrer lateinischen Benennung als „entdeckt“ galt. Der lokalen Bevölkerung konnte sie vielleicht durchaus bereits bekannt sein. Damit bleibt die Frage am Ende: Wer hat’s eigentlich entdeckt?

> Im zweiten historischen Beispiel geht es um **Robert Koch** und seine Nutzung der Mikrofotografie zur Untersuchung von Krankheitserregern. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren diese Vorgehensweise auch durch selbst durchgeführte Experimente sowie durch die Übertragung auf ihre eigene Lebenswelt. Nicht zuletzt wird die gesellschaftliche Bedeutung wissenschaftlicher Entdeckungen an diesem historischen Beispiel thematisiert und diskutiert.

Didaktisch-methodische Hinweise

Mit der ersten Teileinheit auf den **Arbeitsblättern 1–3** gelingt eine Annäherung an den Begriff des „Entdeckens“ anhand eines konkreten historischen Beispiels einer Entdeckungsreisenden: Therese von Bayern.

Der Bildvergleich zu den Entdecker-Stereotypen als Einstieg auf dem **Arbeitsblatt 1** holt die Schülerinnen und Schüler bei ihrem Vorwissen ab und soll sie motivieren, sich mit Entdeckungsreisenden zu beschäftigen. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit folgenden grundlegenden Fragestellungen auseinander: Wer sind eigentlich Entdeckerinnen bzw. Entdecker? Was macht sie aus? Mit Therese von Bayern wird im Bildvergleich ein eher nicht stereotypes dem eher stereotypen Beispiel von Christoph Kolumbus in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler gegenübergestellt, das gleichzeitig zum Thema „Frauen in der Wissenschaft“ hinführt, allerdings fließend und ohne mahnenden Zeigefinger. Damit gelingt ein Bruch mit typischen Erwartungen, der in einer abschließenden Aufgabe auf dem Arbeitsblatt von den Schülerinnen und Schülern reflektiert wird.

Falls Sie Lust haben, Forschende einmal selbst zum Thema „Frauen in der Wissenschaft“ zu Wort kommen zu lassen, lohnt sich vielleicht ein Blick auf die Website forschungsboerse.de.

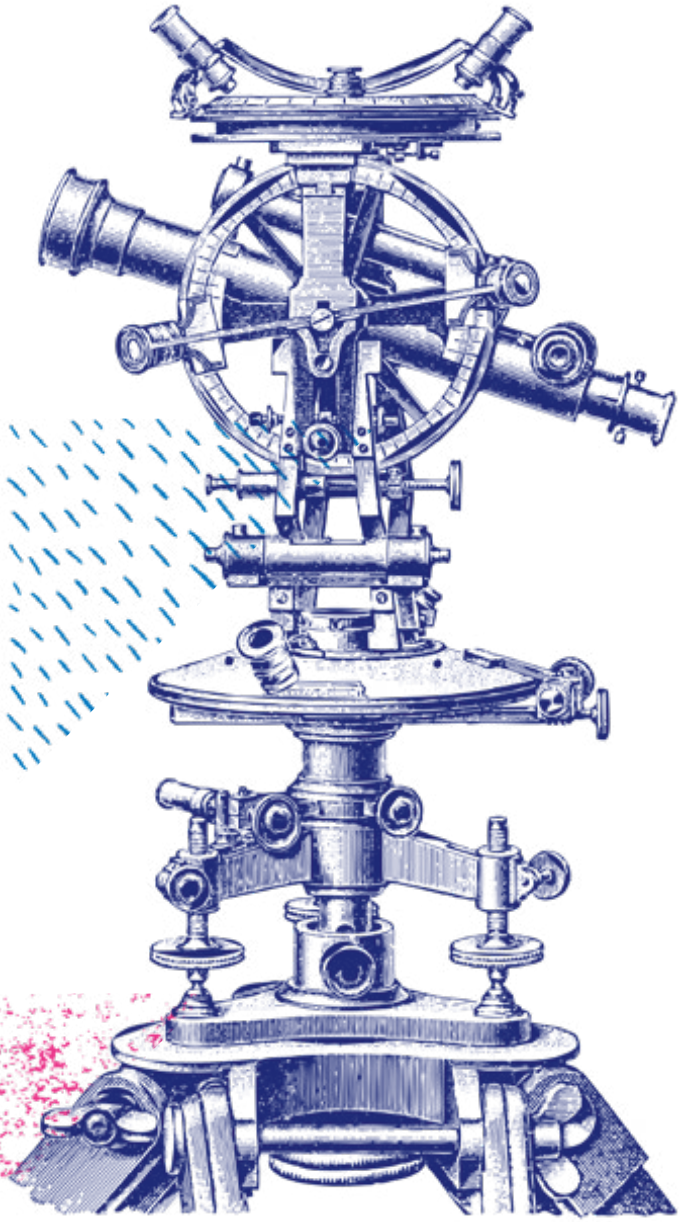
Auf dem **Arbeitsblatt 2** setzen sich die Schülerinnen und Schüler zunächst mit der Biografie von Therese von Bayern als adeliger Europäerin auseinander, die sich durch ihre große Wissbegier sowie ihre Reiseleidenschaft auszeichnete. Da Frauen zu dieser Zeit an den Universitäten noch nicht zugelassen waren, war Therese von Bayern gezwungen, sich ihr Wissen durch Selbststudium anzueignen. Die damit verbundene Strebsamkeit und ihr Mut in den zahlreich unternommenen Expeditionen lassen sie durchaus als furchtlos erscheinen.

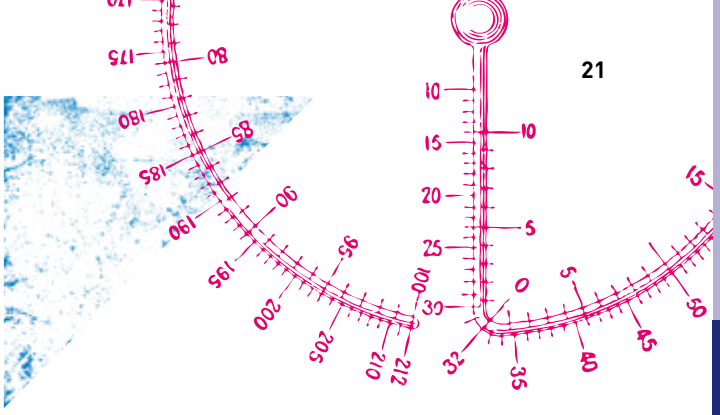
Der Quellentext auf diesem Arbeitsblatt beinhaltet ein Zitat von Therese von Bayern, das eine ihrer Entdeckungen beschreibt. Es veranschaulicht ihre Vorgehensweise und zeigt auf, dass eine Entdeckung nicht immer so spektakulär wie die eines ganzen Kontinents oder eines Planeten sein muss. Therese von Bayern wollte für die (europäische) Wissenschaft bisher unbekannte Arten finden. Hierzu fischte sie selbst und besuchte auch verschiedene Fischmärkte, wo sie Fische kaufte, die der ortsansässigen Bevölkerung zwar bekannt waren, europäischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aber nicht. Entdeckungen sind also nicht immer völlig „neu" – sie sind für eine bestimmte Community (hier: die eurozentristische Wissenschaft) neu, die dann die Autorität für sich beansprucht, sie als neu zu bezeichnen. In der Benennung der „neuen" Fischart wird deutlich, dass hier die Namensgebung ganz eng mit der Erklärung einer „neuen" Entdeckung verknüpft ist. Der abschließend von den Schülerinnen und Schülern zu verfassende Dialog zwischen Therese von Bayern und einer Marktfrau auf dem Fischmarkt soll dies in besonderer Weise verdeutlichen. Eingebettet in das Fallbeispiel wird also angeregt, den Begriff „Entdeckung" zu definieren bzw. zu reflektieren.

Das in dieser Teileinheit abschließende **Arbeitsblatt 3** nimmt die Aufstellung einer Büste von Therese von Bayern in der Münchener Ruhmeshalle zum Anlass, das Thema Erinnerungskultur aufzugreifen. Aufgabenstellung 3 reflektiert die Rolle der ortsansässigen Bevölkerung, die oft übersehen wird. Es stellt sich die Frage, ob Ehrungen, die mit Entdeckungen einhergehen, manchmal nicht aus allen Perspektiven heraus gerechtfertigt sind. Der Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler gelingt durch Überlegungen, an welche Person sie gerne erinnern wollen würden und in welcher Form dies geschehen könnte.

Als Weiterführung bietet sich eine Diskussion mit den Schülerinnen und Schülern zu der Frage an, ob es heute noch etwas zu entdecken gibt. Am konkreten Beispiel von der „Entdeckung" von Therese von Bayern könnten Schülerinnen und Schüler berichten, ob sie auch schon etwas „entdeckt" haben, was anderen bereits bekannt war.

Die zweite Teileinheit auf den **Arbeitsblättern 4–6** erweitert das Verständnis der Schülerinnen und Schüler mit Blick darauf, was das „Entdecken" eigentlich ausmacht. Das von Robert Koch entwickelte Verfahren zur Identifikation von Krankheitserregern hatte unmittelbare Auswirkungen auf die Gesellschaft und ihre Möglichkeiten in der Bekämpfung von Krankheiten. Dabei nutzte er die Technik der Mikrofotografie, um die Bakterien in seinen Proben genauer untersuchen zu können. Es gelang ihm zu beweisen, dass einige Krankheiten (z. B. Cholera und Tuberkulose) durch bestimmte Bakterien verursacht werden.





Arbeitsblatt 4 präsentiert einen stummen Bildimpuls, der von den Schülerinnen und Schülern spontan kommentiert werden soll. Die Mikrofotografie Kochs zeigt eigentlich Bakterien auf der Oberfläche abgestandenen Regenwassers. Wichtig im Hinblick auf die Aufgabenstellung 1, die ggf. unter Verwendung einer Textlupe bearbeitet werden kann, ist, dass die Schülerinnen und Schüler möglichst objektiv beschreiben. An dieser Stelle kann die Problematik des logischen, sichtbaren Erkennens/Entdeckens thematisiert werden. Die Schülerinnen und Schüler könnten folgende Antworten geben: dunklere, hellere Punkte, Formen, Anhäufungen, Klekse, wenig bunt, alles schwarz-weiß/bräunlich.

Der kurze Informationstext gibt wichtige Hintergrundinformationen, wobei zentrale Begriffe (optisch, Infektion, Bakterium, Hygiene, Tuberkulose, Cholera) ggf. in der Klasse geklärt werden müssen. In der Gegenüberstellung von Foto und Zeichnung sollen die neuen Möglichkeiten durch die Mikrofotografie herausgestellt werden. Dabei können als mögliche Vorteile der Fotografie genannt werden: Die Bakterien bewegen sich nicht und man kann sie gut beobachten. Sie werden vergrößert dargestellt. Da das Foto echt ist, hat man einen Beweis. Dem gegenüber stehen mögliche Nachteile der Fotografie: Alles ist schwarz-weiß dargestellt. Man erkennt das gesuchte Bakterium nur schlecht. Das Foto ist unscharf. Bei der Zeichnung entscheidet der Zeichnende, welche Details wichtig sind und welche nicht. Er kann also entsprechend betonen, was aber auch gleichzeitig durch die subjektive Beeinflussung als Nachteil ausgelegt werden kann. Ebenso nachteilig ist, dass der Zeichnende ggf. Farben nutzt, die eigentlich gar nicht vorhanden sind, oder sich in seiner Darstellung irrt.

Die abschließende praktische Aufgabe auf diesem Arbeitsblatt macht deutlich, dass auch eine Fotografie nie „alles“ zeigen kann. Die Fotografin bzw. der Fotograf steuert den Blick der betrachtenden Person.

Vor der Bearbeitung von **Arbeitsblatt 5** bietet es sich an, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, beispielsweise aus dem Biologieunterricht, zum Thema „Bakterien(forschung)“ abzufragen. Es ist auch denkbar, eine Petrischale als stummen Impuls zu zeigen. Das Foto zeigt Robert Koch in seinem Labor in Südafrika im Jahr 1896. Durch die Beschreibung der auf dem Bild zu sehenden Materialien und Gegenstände wird der Gegenwartsbezug deutlich, nicht zuletzt dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler diese selbst aus dem Biologieunterricht kennen.

Im Zusammenhang mit dem Informationstext werden zentrale Begriffe (extrahieren, Gewebe, Organismus, Nährboden, Reinkultur) zunächst gemeinsam geklärt. Die gesellschaftliche Bedeutung von Robert Kochs Entdeckung kann im Zusammenhang mit der Verleihung des Nobelpreises im Jahr 1905 angesprochen werden.

Die abschließende Reflexion des Begriffes „Entdeckung“ im Zusammenhang mit Robert Kochs Forschungen erweitert das Verständnis des Begriffes. Entdecken heißt hier, dass Kleines auf verschiedene Weise sichtbar gemacht wird. Es wird hier etwas entdeckt, indem es durch „echte“ Fotos sichtbar gemacht wird, und gewinnt dadurch an Glaubwürdigkeit. Dabei wird auch deutlich, dass nicht alle Informationen in einem Foto oder Bild stecken und es für die Herstellung eines Zusammenhangs von Bakterien und Krankheit noch zusätzliche Untersuchungen braucht.

Auf dem abschließenden **Arbeitsblatt 6** kommt schließlich Robert Koch selbst zu Wort. Im Zusammenhang mit den Zitaten kann der Begriff „Textquelle“ geklärt werden. Die Schülerinnen und Schüler unterstreichen die wichtigsten Aussagen Kochs und geben sie anschließend in eigenen Worten wieder. Dies kann in Form einer kurzen schriftlichen Zusammenfassung erfolgen oder aber alternativ in Form einer selbst verfassten Zeitungsmeldung.

Im Zusammenhang mit den Aufgabenstellungen 2 und 5 wird die Frage nach der Manipulation von Medien bzw. Beweisen aufgeworfen. Hier kann auch thematisiert werden, welche Möglichkeiten damals in der Fotografie bestanden und welche Möglichkeiten heute gegeben sind. Der Bezug zu Social-Media-Plattformen sowie der aktuellen Medienlandschaft, in denen sich die Schülerinnen und Schüler täglich bewegen, wird durch die Aufgabenstellungen 3 und 5 hergestellt.

Ganz wesentlich für das Entdecken ist die Glaubwürdigkeit und die damit verbundene Frage, welche Öffentlichkeit was glauben soll. Robert Koch macht deutlich, dass ihm die Forschungsgemeinschaft sehr wichtig ist. Nur dann werden die Forschungsergebnisse in die breite Öffentlichkeit getragen, die daraus ihren Nutzen ziehen kann. Auch hier können sich die Schülerinnen und Schüler direkt einbringen: Welche Öffentlichkeit sollte heute und wie überzeugt werden?

ARBEITSBLATT 1

45 min

MODUL: ENTDECKUNG

Entdeckungsreisenden auf der Spur

Schon sehr früh sind Menschen zu Entdeckungsreisen aufgebrochen. Aber wer sind eigentlich diese Entdeckerinnen und Entdecker? Was macht sie aus? Eine, die sich auf den Weg machte, neuen Dingen zu begegnen, war Therese von Bayern.



Christoph Kolumbus trifft in Amerika ein



Therese von Bayern, Prinzessin und Naturforscherin, um 1910

Hast du schon einmal eine interessante Entdeckung gemacht? Überlege, in welcher Situation das war. Wie hast du dich dabei gefühlt?

AUFGABEN

1 ***Was weißt du bereits über Entdeckungsreisende? Mache dir Notizen zu folgenden Fragestellungen:***

Welche Entdeckungsreisen kennst du?

Wie sahen die Entdeckerinnen und Entdecker aus?

Welche Eigenschaften sollten sie deiner Meinung nach haben?

2 ***Sieh dir die beiden Abbildungen von Entdeckungsreisenden an und beschreibe sie. Beachte die unterschiedlichen Formate Fotografie und Gemälde. Welchen Einfluss hat das auf die Darstellung der Personen? Entsprechen die Personen deinen Erwartungen? Begründe deine Meinung.***

3 ***Das Foto von Therese von Bayern ist bewusst gestellt und inszeniert. Wie passt Therese zu deinen Vorstellungen von Entdeckungsreisenden? Erläutere, welche Eigenschaft einer Entdeckerin hier besonders hervorgehoben wird.***

ARBEITSBLATT 2

MODUL: ENTDECKUNG

Therese von Bayern: „Ich habe mich vor nichts im Leben gefürchtet."

Forschungsreisende entdeckten Unterschiedliches auf ihren Reisen. Aber was war an den Entdeckungen eigentlich neu?

Wer war Therese von Bayern?

Prinzessin **Therese von Bayern (1850–1925)** war die Tochter des bayerischen Prinzregenten Luitpold von Bayern und eine begeisterte Forscherin. Zusammen mit ihren Brüdern erhielt sie Unterricht zuhause und war schon früh sehr wissbegierig. Da Frauen erst ab 1903 an bayerischen Universitäten zugelassen waren, brachte sich Therese von Bayern alles aus Büchern selbst bei und entwickelte schnell großes Interesse, u. a. an Pflanzen, Tieren, Geografie und Geologie. Zwölf Sprachen erlernte sie im Laufe ihres Lebens. Ihre große Leidenschaft galt dem Reisen. Ihre Expeditionen führten sie u. a. nach Asien und Nord- und Südamerika, worüber sie ausführliche Reiseberichte schrieb. Mutig stieg sie auf Berge, paddelte im Einbaum über Flüsse oder übernachtete eingerollt im Teppich bei Nomaden in der Mongolei. Von ihren Reisen brachte sie unzählige gesammelte Objekte mit, z. B. Pflanzen, Insekten, Vögel, Fische und vieles mehr. Für ihre wissenschaftlichen Leistungen wurde sie u. a. zum Ehrenmitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ernannt, was für Frauen dieser Zeit eine große Ausnahme war.



Tieraufnahme von Therese auf ihrer Reise nach China. Ihre Notizen dazu: „Schädel eines geweihlosen Hirsches vom Yangzekiang [weiblich]. […] Dieser Hirsch trägt als Waffen im Oberkiefer die langen Eckzähne, das Weibchen hat keine solche Eckzähne. Größe eines starken Rehes."

Entdeckungen auf dem Fischmarkt

„Aus zoologischen Gründen besuchten wir […] auch in Arequipa[1] […] den Markt. Es waren dort nur zweierlei Arten Fische zum Verkauf gebracht worden. […] Doch ich wollte auch die Fischfauna des in tiefer Schlucht bei Arequipa vorbeiströmenden Rio Chili[2] kennen lernen. […] Da mir selbst die Zeit zum Fischen mangelte, rüstete ich einen Choloknaben[3] mit einer rasch hergestellten, primitiven Fischreuse[4] aus […] und machte den gelehrigen Jungen mit der Handhabung derselben bekannt. Gegen Abend brachte mir der Knabe einige Anurenlarven und fünf munter zappelnde Exemplare einer für die Hochlanden charakteristischen Gattung kleiner Welse. Diese Fische stellten sich später als eine für die Wissenschaft neue Art heraus, welche der einst in diesen Hochlanden herrschenden Rasse[5] zu Ehren mit dem Namen Pygidium quechuorum belegt wurde."

Aus: Therese Prinzessin von Bayern: Reisestudien aus dem westlichen Südamerika. Band II. Berlin 1908. S. 114.

[1] Arequipa = Name einer Stadt in Peru.
[2] Rio Chili = Flussabschnitt im Südwesten von Peru.
[3] Cholo = Einheimischer.
[4] Primitive Fischreuse = einfaches Gerät zum Fangen von Fischen.
[5] Rasse = hier sind die Angehörigen des Volks der Quechua gemeint.

AUFGABEN

1 ***Lest die beiden Texte und klärt unbekannte Begriffe. Warum könnte man Therese von Bayern als „furchtlos" bezeichnen?***

2 ***Beantwortet gemeinsam folgende Fragen: Was möchte Therese von Bayern auf dem Fischmarkt entdecken? Warum bezeichnet sie die Fische, die der Junge gefangen hat, als „neue Art"?***

3 ***Stellt euch vor, Therese von Bayern und eine peruanische Frau auf dem Fischmarkt kommen ins Gespräch: Worüber sprechen sie? Schreibt einen Dialog zwischen den zwei Frauen auf.***

ARBEITSBLATT 3

45 min

MODUL: ENTDECKUNG

Eine Büste für die Entdeckerin

Denkmäler und Büsten sollen uns an bedeutende Personen erinnern. 2009 wurde in der Ruhmeshalle in München eine Büste von Therese von Bayern aufgestellt. Bereits im Jahr 1997 wurde an der Münchener Universität die Prinzessin Therese von Bayern-Stiftung gegründet, die sich für die Förderung von Frauen in der Wissenschaft engagiert.



Das Porträt von Therese von Bayern wurde von dem Bildhauer Toni Preis aus München geschaffen

> ***„Freiheit war es, wonach ich leidenschaftlich lechzte."***

AUFGABEN

1. ***Überlege, welche Gründe es dafür geben könnte, dass wir uns an bestimmte Menschen erinnern sollen.***

2. ***Stelle Vermutungen an, warum für Therese von Bayern eine Büste in der Ruhmeshalle in München aufgestellt wurde. Was ist an ihr ungewöhnlich?***

3. ***Stelle dir vor, du bist der Junge aus Arequipa, der für Therese von Bayern die Fische gefangen hat. Verstehst du, warum für sie eine Büste in der Ruhmeshalle aufgestellt wurde? Schreibe einen kurzen Kommentar des Jungen dazu auf.***

4. ***Auf deinem Schulhof soll eine Statue oder Büste von einer Person aufgestellt werden. Wen würdest du wählen? Schreibe eine kurze Begründung auf.***

5. ***Benenne andere Möglichkeiten außer Steinfiguren, um an bestimmte Personen zu erinnern.***

ARBEITSBLATT 4

MODUL: ENTDECKUNG

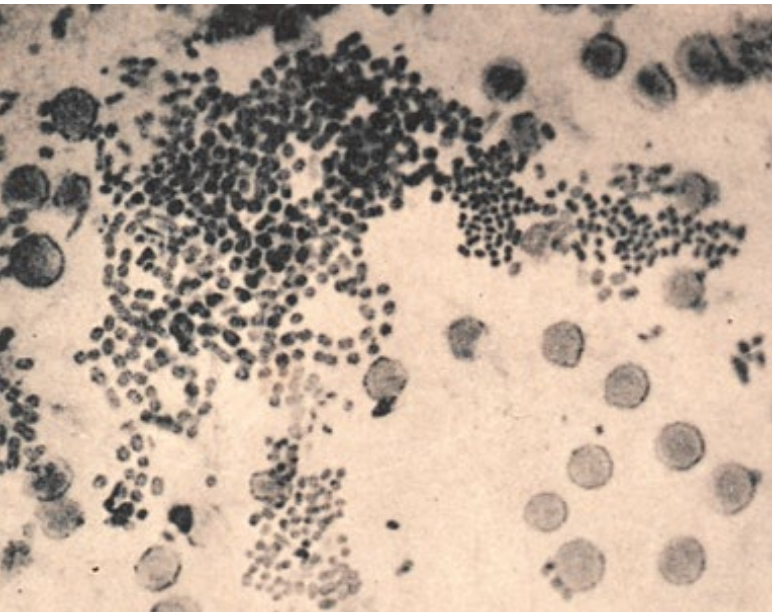
So ein Bild, das sagt schon was, oder?

Im Laufe der Geschichte haben wissenschaftliche Entdeckungen das gesellschaftliche Leben immer wieder nachhaltig beeinflusst, z. B. ermöglichte die Entdeckung bestimmter Bakterien die Bekämpfung tödlicher Krankheiten. Einer, der bei der Entdeckung dieses Zusammenhangs wichtig war, ist Robert Koch.

Robert Koch und die Bakterien

Schon vor **Robert Koch (1843–1910)** hatte man Bakterien durch Lupen oder Mikroskope gesehen. Der Mediziner konnte aber erstmals beweisen, dass einige Krankheiten tatsächlich durch Bakterien verursacht werden. Koch ordnete sogar bestimmte Erreger bestimmten Krankheiten zu. Das war neu, und es war sehr wichtig für spätere Impfstoffe. Infektionskrankheiten, z. B. Tuberkulose oder Cholera, gehörten im 19. Jahrhundert zu den häufigsten Todesursachen.

Robert Koch gelang es mit Hilfe genauer Experimente, Bakterien zu isolieren. Er nutzte außerdem die damals modernsten Mikroskope, Färbeverfahren und Fotografietechniken.



Fotografie von Bakterien, durch ein Mikroskop betrachtet

AUFGABEN

***1** Schau dir die Abbildung an. Was erkennst du darauf? Beschreibe nur, was du wirklich siehst. Vergleiche anschließend deine Ergebnisse mit denen deiner Lernpartnerin / deines Lernpartners.*

***2** Lest den Informationstext zu Robert Koch und seinen Forschungen über Bakterien durch. Klärt unbekannte Begriffe. Schaut euch anschließend die Abbildung noch einmal an und beantwortet folgende Fragen:*

Was sind die Vorteile, was die Nachteile einer solchen Fotografie gegenüber einer Zeichnung?

Welche Informationen über Bakterien und Krankheiten stecken in der Abbildung und welche nicht?

***3** Fotografiere einen Alltagsgegenstand und lass deine Lernpartnerin / deinen Lernpartner erraten, um welchen Gegenstand es sich handelt und wie er funktioniert. Überlegt anschließend gemeinsam: Wann „erzählt" die Fotografie genug? Welche Zusatzinformationen sind unter Umständen erforderlich?*



ARBEITSBLATT 5

45 min

MODUL: ENTDECKUNG

Die Methoden eines Entdeckers

Um den Erregern auf die Spur zu kommen, entwickelte Robert Koch eigene wissenschaftliche Verfahren. Wie sahen diese aus?

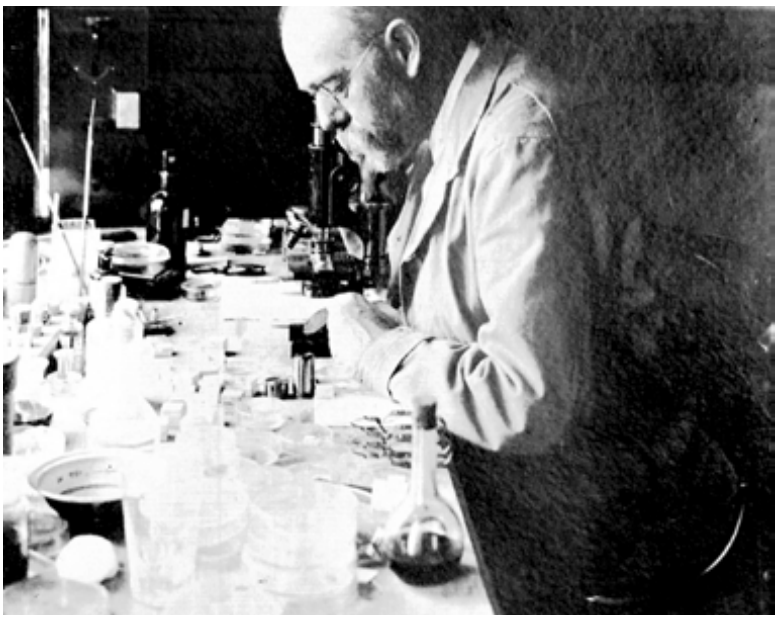
Der Tuberkulose-Erreger wird identifiziert!

Um den Erreger einer Krankheit eindeutig zu identifizieren, entwickelte Robert Koch ein klares Verfahren. Zuerst musste geklärt werden, dass eine bestimmte Sorte Bakterien regelmäßig in erkrankten Organismen (Tier, Mensch) auftritt, am besten in besonders befallenem Gewebe, z. B. in der Lunge bei Tuberkulose.

Durch jahrelange Experimente gelang es Robert Koch, diese Bakterien aus dem Gewebe zu isolieren und zu vermehren. Das geschah unter strengen Hygienemaßnahmen, um die Kulturen nicht mit anderen Bakterien zu verunreinigen. Als Erstes gelang dies Koch mit dem Erreger des Milzbrandes, später auch mit dem der Tuberkulose und der Cholera. Er brauchte dafür die besten Mikroskope und Färbetechniken, sonst waren die Bakterien nicht zu sehen. Dabei fand Koch heraus, dass sich bestimmte Erreger mit einigen Farbstoffen charakteristisch einfärben ließen. So konnte er sie eindeutig erkennen.

Schließlich verimpfte Koch die Bakterien aus den Reinkulturen an gesunde Tiere, um zu zeigen, dass sie die Krankheit tatsächlich hervorrufen. Erst damit war der Nachweis vollständig.

Für die Entdeckung der Tuberkulose-Bakterien erhielt Koch 1905 den Nobelpreis.



Robert Koch in seinem Labor in Südafrika 1896

AUFGABEN

1 ***Sieh dir die Fotografie an und lies den Informationstext. Kläre unbekannte Begriffe.***

2 ***Beschreibe die Fotografie mit Hilfe folgender Fragen:***

Was erkennst du auf dem Foto? Was macht Robert Koch hier?

Welche Materialien und Geräte sind auf dem Tisch zu erkennen? Sind dir solche Materialien aus dem Biologieunterricht bekannt?

Welche Rolle spielten diese Utensilien bei der Arbeit von Robert Koch mit Bakterien?

3 ***Viele zeitgenössische Zeitungen schrieben von den „bahnbrechenden Entdeckungen" Kochs. Aber was heißt in diesem Fall eigentlich „entdecken"? Diskutiert diese Frage mit der Klasse.***

ARBEITSBLATT 6

45 min MODUL: ENTDECKUNG

Entdeckungsreisenden auf der Spur

Robert Koch nutzte modernste Mikroskope, um Bakterien zu erkennen und zu vergrößern. Das mikroskopische Bild wurde mit Hilfe aufwendiger Technik fotografiert. Diese sogenannte Mikrofotografie eröffnete ganz neue Perspektiven.

Robert Koch über seine Arbeit

„Manche falsche Behauptung über Bakterien wäre nicht in die Öffentlichkeit gelangt, wenn ein jeder das, was er gesehen hat, in beweisenden Präparaten anderen Forschern vorgelegt hätte."

„Manche Streitfragen werden vielleicht mit Hilfe der Fotografie zu lösen sein."

„Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf aufmerksam machen, dass die Fotografie das mikroskopische Bild besser oder vielmehr sicherer wiedergibt, als es die Netzhaut des Auges tut."

„Selbstverständlich ist durchaus keine Retusche an den Fotografien vorgenommen worden."

„Werden die Bakterien zur genaueren Untersuchung und zum Fotografieren zu blass, ist es notwendig, sie durch Farbstoffe deutlicher zu machen."

„Das Präparat wird in konservierende Flüssigkeiten eingeschlossen und schließlich zur Herstellung von naturgetreuen Abbildungen fotografiert."

Aus: Robert Koch: Verfahren zur Untersuchung, zum Konservieren und Photographieren der Bakterien, Wollstein 1877, URL: https://edoc.rki.de/handle/176904/5140 [aufgerufen am 18.11.2021]; Text bearbeitet von Alexandra Hartmann



Robert Kochs Arbeitszimmer

Manche Leute glauben, dass Menschen einen tief verankerten Wunsch nach neuen Entdeckungen haben. Wie siehst du das?

AUFGABEN

1 ***Was ist Robert Koch besonders wichtig? Unterstreiche wichtige Wörter/Aussagen in den Quellenausschnitten und erkläre sie in eigenen Worten.***

2 ***Koch betont, dass er keine Retuschen, also keine Veränderungen an seinen Bildern, vorgenommen hat. Erkläre in eigenen Worten, was im Zusammenhang mit Wissenschaft damit gemeint ist.***

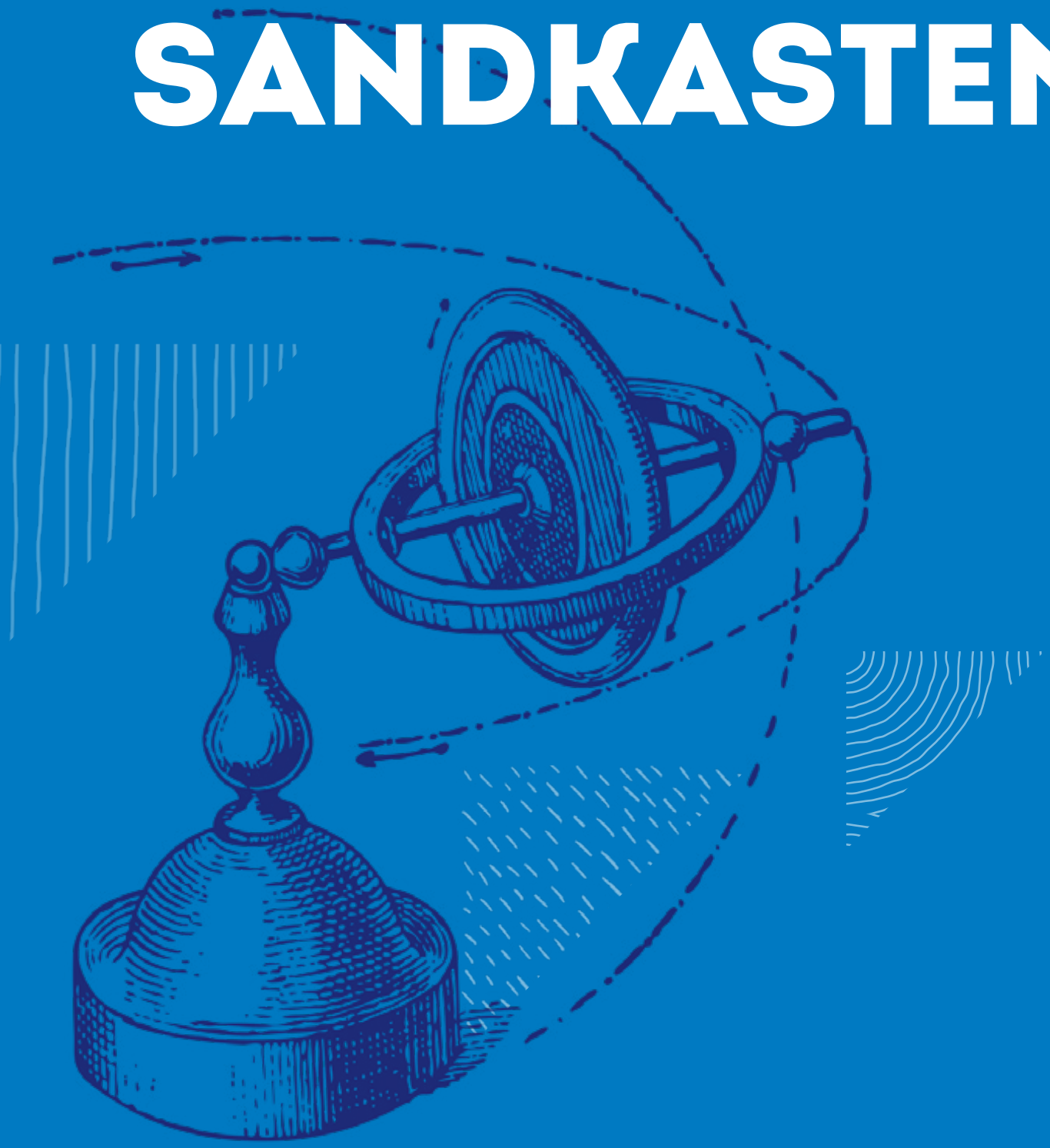
3 ***Was hältst du von der nachträglichen Bearbeitung von Fotos, z. B. auf Social-Media-Kanälen? Begründe kurz deine Meinung.***

4 ***Robert Koch spricht an einer Stelle von der „Öffentlichkeit". Erläutere, wen er damit meint und wen er wohl mit seinen Arbeiten erreichen wollte.***

5 ***Stelle dir vor, Koch hätte heute ein Bakterium als Krankheitserreger identifiziert. Schreibe und gestalte eine eigene Social-Media-Meldung dazu. Wo und wie würdest du die Meldung posten? Wo erfährst du heute wissenschaftliche Neuigkeiten zu Krankheiten?***

MODUL 3

MODELLE – DIE WELT IM SANDKASTEN



KLASSENSTUFEN 8–10

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Biologie, Gemeinschaftskunde, Geschichte, Sozialkunde, Wirtschaft

In jeder schulischen Biologie-Sammlung dürfte es mehrere Modelle geben, beispielsweise vom menschlichen Skelett oder vom Auge. Sie dienen dazu, wichtige Organe des Menschen zu veranschaulichen. Solche Modelle bilden die Realität in veränderter Form ab: Abmessungen werden vergrößert oder verkleinert, sodass das Objekt in seinen wesentlichen Eigenschaften für Menschen gut erfassbar ist.

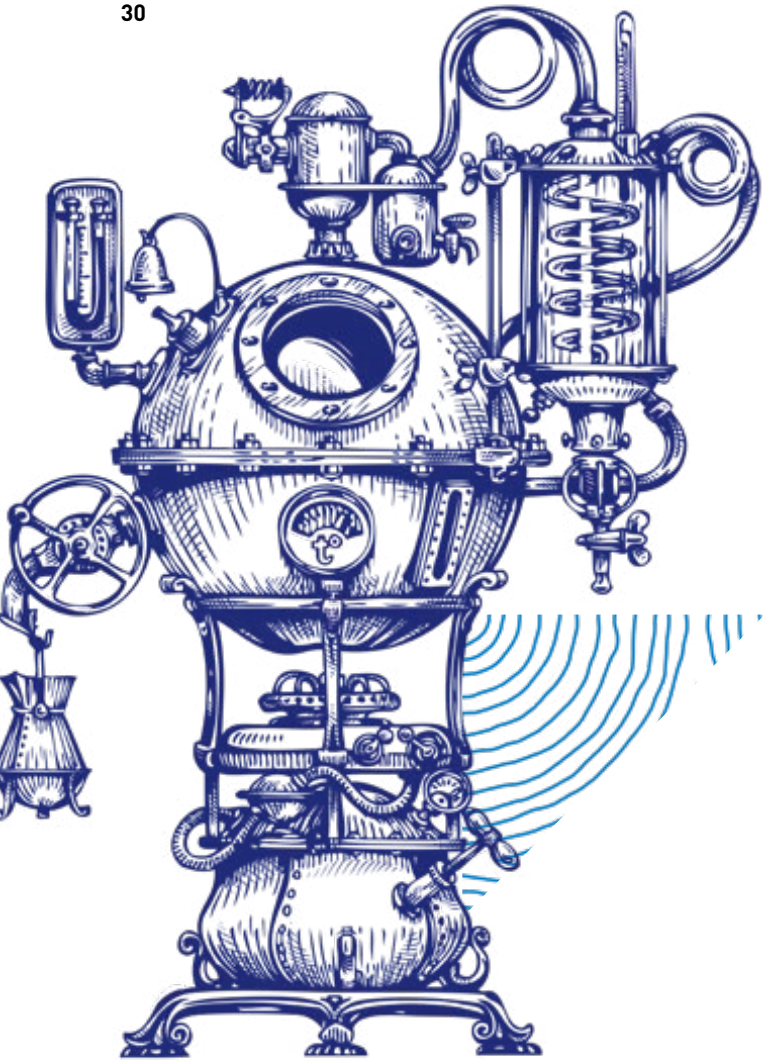
Modelle repräsentieren Gegenstände, Prozesse oder Zusammenhänge, die im Original nicht leicht zu erfassen sind. Das gilt nicht nur bei der Wissensvermittlung, sondern auch in der Forschung. Modellen liegt ein Paradox zugrunde: Oft erlaubt erst die bewusste Vereinfachung und Reduktion, neues Wissen zu gewinnen. An Modellen lassen sich mögliche Entwicklungen oder alternative Konstellationen durchspielen. Sie dienen als Hilfsmittel, um abstrakte und komplexe Vorgänge besser zu verstehen.

Neben **physischen Modellen**, etwa von Auge und Skelett, gibt es **abstrakte Modelle**, z. B. Analogie-Modelle (z. B. wenn Wasserwellen für die Darstellung von Lichtwellen verwendet werden). Wie bei physischen Modellen wird dabei die Wirklichkeit in vereinfachter Art und Weise beschrieben, allerdings nicht als dreidimensionales Objekt, sondern in Form mathematischer Berechnungen. Von Theorien unterscheiden sich solche Modelle durch die bewusste Integration empirischer Parameter. Indem man einzelne Faktoren verändert und ihren Einfluss über die Zeit verfolgt, können Erkenntnisse über zukünftige Entwicklungen gewonnen werden. Solche **Simulationen** haben eine enorme Bedeutung: Rechenmodelle dieser Art erlauben es beispielsweise, die Ausbreitung ansteckender Krankheiten sowie Ausmaß und Folgen der globalen Klimaerwärmung zu erforschen.

In diesem Modul lernen die Schülerinnen und Schüler die beiden erwähnten Grundtypen von Modellen kennen. Neben der **Doppelhelix** als physischem Modell wurde dafür ein abstraktes Wirtschaftsmodell aus dem frühen 19. Jahrhundert ausgewählt, das bis heute wirtschaftspolitische Diskurse beeinflusst: das **Ricardo-Modell des komparativen Kostenvorteils**. Dieses Modell legt nahe, dass der Austausch von Waren auch dann sinnvoll ist, wenn eigentlich zunächst scheinbar Kostennachteile da sind. Dabei zeigt sich zudem, dass Modelle fortlaufend an veränderte Bedingungen angepasst werden müssen.

Didaktisch-methodische Hinweise

Ausgangspunkt ist das alltägliche Verständnis des Wortes „Modell“ **(Arbeitsblatt 1)**. Meist sind damit verkleinerte Nachbildungen technischer Geräte oder ganzer Szenarien gemeint. Modelle gibt es überall: in der Spielzeugkiste, in Einrichtungen wie dem Hamburger „Miniaturwunderland“, in Museen, Architekturbüros, Arztpraxen oder Fahrschulen. Oft geht es dabei um Freizeitaktivitäten und das Vergnügen daran, sich in eine imaginäre verkleinerte Welt zu versetzen. Genauso wichtig sind Modelle für die Veranschaulichung komplexer Strukturen oder als Ausgangspunkt kreativer Entwicklungen. Modelle vereinfachen die Realität, sie sind so gestaltet, dass bestimmte Eigenschaften der Realwelt nachvollzogen werden können. Modelle können auch zur Simulation verwendet werden, um zukünftige Entwicklungen abzuschätzen. Als Überleitung zur Beschäftigung mit wissenschaftlichen Modellen dient die Abbildung der Doppelhelixstruktur. Die Schülerinnen und Schüler aktivieren dazu ihre Vorkenntnisse, ohne dass hier bereits im Detail auf die Bedeutung der DNA eingegangen werden muss.



Das geschieht mit den **Arbeitsblättern 2 und 3**. Zunächst geht es um die wichtigsten Akteurinnen und Akteure bei der Entwicklung dieses Modells **(Arbeitsblatt 2)**. Im Text wird beschrieben, wie Francis Crick und James Watson Erkenntnisse aus verschiedenen Quellen zusammenführten und so ein Modell der Molekülstruktur entwickeln konnten. Zusammen mit Maurice Wilkins erhielten sie dafür 1962 den Nobelpreis. Der letzte Absatz thematisiert die Rolle von Rosalind Franklin, die zu dieser Entwicklung zwar wichtige Erkenntnisse beisteuerte, aber später dafür kaum gewürdigt wurde.

Der Link in **Aufgabe 3** führt auf eine Seite der Max-Planck-Gesellschaft. Eingebettet in ein Interview über die Rolle von Frauen in der Forschung wird Rosalind Franklins Schlüsselrolle bei der Entwicklung des Doppelhelixmodells dargestellt.

Der Brieftext auf **Arbeitsblatt 3** geht vor allem auf die Replikation von Erbinformation ein. Das Modell der Doppelhelix steht dabei am Anfang von Francis Cricks Erläuterungen. Erst die Veranschaulichung im Modell ermöglichte es ihm, die Abläufe bei der genetischen Replikation zu verstehen. Der private Charakter des Briefes und einzelne Formulierungen zeigen, wie sehr der Forscher von seiner Arbeit begeistert ist („Unsere Struktur ist wunderschön").

Bei den in Aufgabe 3 des Arbeitsblattes genannten Beispielen spielen genetische Informationen eine wichtige Rolle:

- *Insulinproduktion:* In den 1980er-Jahren konnte erstmals das menschliche Insulin-Gen in Bakterien eingeschleust werden, die danach das Protein Insulin produzierten. Seitdem wird Insulin für Diabetikerinnen und Diabetiker nicht mehr aus Schweinen gewonnen, sondern mit Hilfe von Bakterien in großen Mengen industriell hergestellt.
- *Mammoth Resurrection Project:* Genetische Informationen des ausgestorbenen Mammuts sollen mit denen von Elefanten kombiniert werden, um eine ausgestorbene Art wiederzubeleben. Diese kälteresistenten Mammut-Elefanten könnten dazu beitragen, das Abtauen des Permafrosts in Sibirien und den damit einhergehenden gigantischen CO_2-Ausstoß zu bremsen.
- *Pilzresistente Bananen:* Bananenpflanzen müssen vegetativ vermehrt werden – das bedeutet, fast alle in der Landwirtschaft verwendeten Bananenpflanzen der Welt sind genetisch identisch. Sie waren lange gegen eine bestimmte Pilzkrankheit, die „Panama-Krankheit", resistent – jetzt nicht mehr. Gezielte Veränderungen im Erbgut der Banane könnten helfen, die Resistenz wiederzuerlangen.

Auf dem folgenden **Arbeitsblatt 4** geht es um ein abstraktes Modell aus dem Bereich der Wirtschaftspolitik. Im ersten Szenario ist der Vorteil, den der Warenhandel bietet, leicht nachzuvollziehen. Beide Seiten können einen Warentyp günstiger produzieren, konzentrieren sich auf diesen Warentyp und treiben zum Ausgleich entsprechend Handel. Im zweiten Szenario ist es komplizierter: Bei beiden Warentypen produziert Portugal günstiger. Das Ricardo-Modell des komparativen Kostenvorteils zeigt, dass Handel dennoch sinnvoll ist, weil hier die relativen Kostenvorteile genutzt werden können. Aus der Sicht von England könnte man es so formulieren: Das Land produziert die Waren, bei denen der Nachteil gegenüber Portugal am geringsten ist.

Die Diskussion über Faktoren, die im Ricardo-Modell nicht berücksichtigt werden, leitet über zu **Arbeitsblatt 5**, das dem schlichten Modell des 19. Jahrhunderts die heutige globalisierte Wirtschaftswelt gegenüberstellt.

Lösungshinweise zu Arbeitsblatt 4

Aufgabe 1: In Portugal ist es einfacher, Wein herzustellen. Das könnte z. B. am Klima liegen. Die 160 Arbeitskräfte aus der Tuchproduktion wechseln dorthin, sodass insgesamt 3.000 Fässer Wein hergestellt werden. In England gibt es einen Vorteil bei der Tuchproduktion. Der Wechsel ergibt 2.200 Rollen Tuch. Wenn jeweils 1.000 Einheiten getauscht werden, bleiben für die Herstellungsländer Überschüsse, die sie ohne den Warenaustausch nicht hätten erzielen können (Portugal hätte zusätzlich 1.000 Fässer Wein, England 200 Rollen Tuch).

Aufgabe 2: Es gibt einen wirtschaftlichen Vorteil, die Länder sind allerdings auch aufeinander angewiesen.

Aufgabe 3: Der Vergleich zeigt: Wird kein Handel getrieben, fallen die Ergebnisse schlechter aus. Ohne Handel: Portugal produziert 1.000 Rollen Tuch + 1.000 Fässer Wein; England ebenfalls 1.000 Rollen Tuch + 1.000 Fässer Wein; mit Handel: Portugal produziert mit seinen 170 Arbeitskräften 1.125 Fässer Wein + 1.000 Fässer für den Export, England mit 220 Arbeitskräften 1.200 Rollen Tuch + 1.000 Rollen für Export. Man könnte auch zu der Auffassung kommen, dass es am besten wäre, wenn Portugal alles produziert und England gar nichts, weil die Herstellung der gleichen Menge an Produkten in Portugal weniger Arbeitskräfte braucht. Tatsächlich ist es natürlich sinnvoll und notwendig, dass auch die Arbeitskräfte in England beschäftigt sind.

Aufgabe 4: Im Gegensatz zum absoluten Kostenvorteil geht es hier darum, dass sich auch die Nutzung relativer Vorteile („komparativer Kostenvorteil") für beide Länder günstig auswirkt.

Aufgabe 5: Nicht berücksichtigt werden u. a. Transportkosten, Gewinne von Zwischenhändlern und die Bündelung von Risiken (Naturkatastrophen, Unruhen oder Kriege in einem Land). Außerdem können Konflikte über Handelspreise oder andere politische Auseinandersetzungen zu Zöllen oder Lieferausfällen führen.

Lösungshinweise zu Arbeitsblatt 5

Aufgabe 1: Die Grafik zeigt, wie sich der Verkaufspreis des T-Shirts auf die Akteure verteilt, die am gesamten Prozess mitwirken – von der Materialbeschaffung über Herstellung, Handel, Vermarktung bis zum Textilgeschäft. Auffällig ist der sehr hohe Kostenanteil für den Einzelhandel. Auf die Länder bezogen heißt das: Zwar kann Bangladesch im Sinne des Wirtschaftsmodells von seinen günstigen Herstellungskosten profitieren, aber die Wertschöpfung dort bleibt insgesamt niedrig, weil nur ein Bruchteil der Verkaufserlöse im Herstellungsland ankommt, während ein wesentlich größerer Teil im Importland verbleibt. Man könnte versuchen, das Ricardo-Modell zu erweitern und auch den Handel in die Rechnung einzubeziehen (z. B. Kostenvorteile durch Direktvermarktung).

Aufgabe 2 und 3: Die Auswertung sollte zeigen, dass zur Beurteilung von Handelstätigkeiten nicht nur die wirtschaftlichen Vorteile, sondern auch Umweltaspekte und ethische Fragen wichtig sind. Der Idee eines vollkommen freien Handels steht die Idee ethischer und umweltpolitischer Ziele gegenüber, die in allen Teilen der Welt gelten sollten. Mögliche Maßnahme: Handelnde, die in Europa ihre Waren verkaufen wollen, müssen darauf achten, dass bei der Herstellung Standards eingehalten werden (Lieferkettengesetz). Zölle eignen sich nicht so gut, da sie den Handel nur bremsen, aber keine Veränderung bewirken.

Aufgabe 4: Eine Landkarte kann Orientierung verschaffen, weil sie eine nicht übersehbare Landschaft stark verkleinert. Bei einem Maßstab 1 : 1 würde dieser Vorteil verlorengehen, die Karte wäre so groß wie die Landschaft selbst. In diesem Sinn sind komplexe Prozesse wie der internationale Handel in einem vereinfachenden Modell leichter zu verstehen. Andererseits besteht das Risiko, dass bei zu starker Reduktion wichtige Faktoren übersehen werden, z. B. die Gefahr politischer Konflikte, Abhängigkeiten, ethische Fragen. Es muss daher immer mitgedacht werden, welche Vereinfachungen ein Modell hat und wo dementsprechend die Grenzen der Erklärung liegen.

ARBEITSBLATT 1

45 min

MODUL: MODELLE

Wozu braucht man Modelle?

Hast du mal mit einer Modelleisenbahn gespielt oder ein Schiffsmodell gebastelt? Dann kannst du dir vorstellen, warum sich Menschen für Modelle interessieren. Aber wozu dienen Modelle in der Wissenschaft?



AUFGABEN

1 ***Sieh dir gemeinsam mit einem Lernpartner / einer Lernpartnerin das Bild des Modellflugzeugs an. Beantwortet die Fragen.***

2 ***Manche Menschen sind fasziniert von Modellwelten. Ihr auch? Sprecht über mögliche Gründe dafür.***

3 ***Seht euch das untere Bild mit dem DNA-Modell an. Wozu könnte so ein Modell gut sein? Notiert in Stichworten, was ihr über die Themen DNA, Zellteilung und Chromosomen wisst.***



Doppelhelixmodell der Desoxyribonukleinsäure (abgekürzt DNS oder DNA). Sie trägt die Erbinformation bei allen Lebewesen.

ARBEITSBLATT 2

60 min MODUL: MODELLE

Die Entwicklung des DNA-Modells I

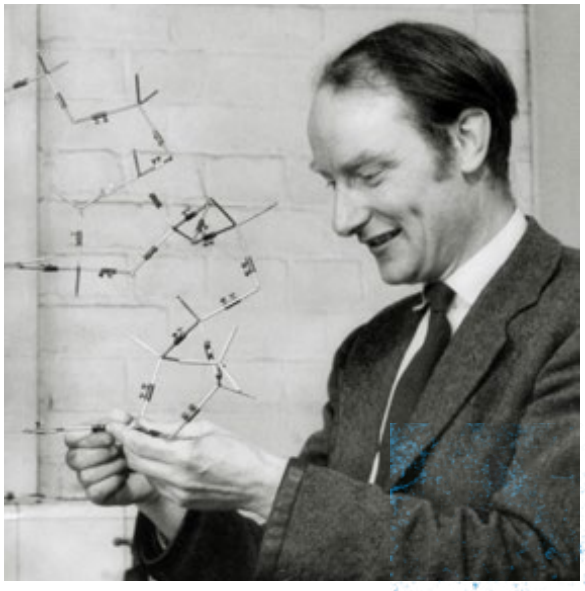
Wer sich heute mit biologischer Vererbung beschäftigt, kennt die Doppelhelixstruktur der DNA, wahrscheinlich gibt es in eurer Schule auch ein 3-D-Modell davon. Bei dieser wichtigen Entdeckung ging es allerdings nicht ganz fair zu.

Mitte des 20. Jahrhunderts war klar geworden, dass Vererbung und ein Molekül namens Desoxyribonukleinsäure (DNS oder DNA) irgendwie zusammenhängen mussten. Es war aber unbekannt, wie dieses Molekül aussah – Moleküle unter dem Mikroskop direkt zu beobachten, ist nicht möglich, da sie zu klein sind.

Mit Hilfe chemischer Analysen hatte man zwar herausfinden können, aus welchen Bestandteilen das DNA-Molekül zusammengesetzt war, man wusste aber nicht, wie die einzelnen Atome angeordnet sind. 1953 trugen die Wissenschaftler James Watson und Francis Crick alle Informationen, die zu diesem Zeitpunkt über DNA verfügbar waren, zusammen. Mit diesem Wissen konnten sie aus Metallplättchen und Draht ein Modell der DNA basteln.

Dabei spielten die Forschungsergebnisse von **Rosalind Franklin (1920–1958)** eine große Rolle: Franklins Spezialgebiet war die Analyse von Molekülstrukturen mit Hilfe von Röntgenstrahlen und sie entdeckte zeitgleich mit Watson und Crick die Doppelhelixstruktur der DNA. Watson und Crick verwendeten ohne Wissen oder Zustimmung von Franklin ihre Forschungsergebnisse und wurden (zusammen mit Maurice Wilkins) mit dem Nobelpreis geehrt, während Franklins Bedeutung für die Erforschung der DNA zeit ihres Lebens nicht gewürdigt wurde. Den größten Teil ihrer hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen erbrachte sie nicht in der DNA-Forschung, sondern mit ihrer Arbeit an Kohle und Viren.

Früher galten Naturwissenschaften und Technik als Domäne von Männern. Wie nehmt ihr die heutige Situation wahr? Gehen Frauen und Mädchen beim Lernen und Forschen genauso vor wie Männer und Jungen?



Francis Crick mit dem DNA-Modell

AUFGABEN

1 ***Betrachte das Foto und beschreibe, was Francis Crick gerade tut und wieso. Tausche dich mit einem Lernpartner / einer Lernpartnerin darüber aus.***

2 ***Lest den Text und fasst den Inhalt in drei Sätzen zusammen. Beantwortet folgende Fragen: Worin bestand die besondere Leistung, im Jahr 1953 eine so komplizierte Molekülstruktur zu modellieren? Im Textvorspann wird gesagt, dass es bei der Modellierung der Doppelhelix nicht ganz fair zuging. Warum?***

3 ***Besucht folgende Internetseite: mpg.de/11968981/rosalind-franklin. Lest den Text über Rosalind Franklin und beschreibt, wie ihre Rolle bei der Entwicklung des Doppelhelixmodells dargestellt wird.***

ARBEITSBLATT 3

60 min

MODUL: MODELLE

Die Entwicklung des DNA-Modells II

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten oft jahrelang an einem Thema. Wenn sie dann etwas Wichtiges entdecken, ist das auch ein ganz persönlicher Triumph. Wie bei Francis Crick, der seinem 13-jährigen Sohn einen Brief über die Modellierung der DNA schrieb.

19 Portugal Place
Cambridge
19. März 53

Mein lieber Michael,

Jim Watson und ich haben wahrscheinlich eine äußerst wichtige Entdeckung gemacht. Wir haben ein Modell der Struktur der Des-oxy-ribo-nuklein-säure (sorgfältig lesen!) gebaut, die abgekürzt DNS heißt. Unsere Struktur ist wunderschön. DNS kann man sich als eine sehr lange Kette vorstellen, aus der flache Teile herausragen. Die flachen Teile heißen „Basen". Die Formel sieht etwa so aus:

...
I
Zucker – Base
I
Phosphor
I
Zucker – Base
I
Phosphor
I
usw.

Es gibt zwei dieser Ketten, die sich umeinander winden [...]. Spannend ist, dass zwar vier verschiedene Basen vorkommen, wir aber herausgefunden haben, dass diese Basen sich nur in bestimmten Kombinationen zusammensetzen können. [...] Die Paare bestehen aus einer Base von einem Strang und einer Base vom anderen Strang – es sind nur diese Kombinationen möglich:

A mit T
und G mit C

[...] Es ist wie ein Code. Wenn du eine Reihe Buchstaben kennst, kannst du die andere Reihe davon ableiten. [...] Durch die Reihenfolge der Basen (der Buchstaben) unterscheidet sich ein Gen vom anderen (wie sich eine Buchseite von der anderen unterscheidet).

Jetzt kannst du verstehen, wie die Natur Gene kopiert: Zwei verbundene Ketten winden sich zu zwei einzelnen Ketten auseinander und dann löst jede der Ketten die Bildung einer neuen Kette aus [...]. Am Ende haben wir zwei Exemplare, wo vorher nur eines war.

In anderen Worten: Wir glauben den grundlegenden Kopiermechanismus gefunden zu haben, durch den aus Leben Leben entsteht. [...] Du verstehst sicher, dass wir sehr aufgeregt sind. [...] Wenn du nach Hause kommst, zeigen wir dir das Modell.

Alles Liebe
Papi

AUFGABEN

1 ***Lies den Brief von Francis Crick und besprich mit deinem Lernpartner / deiner Lernpartnerin, wieso er so aufgeregt ist. Markiert Textstellen, die die Entdeckung der beiden Forscher beschreiben. Welche Rolle spielt dabei das Modell?***

2 ***Die DNA wird manchmal als „Bauplan des Lebens" bezeichnet. Erklärt in eigenen Worten, was damit gemeint ist.***

3 ***Ein Großteil der heutigen biologischen Forschung wäre ohne das Wissen um den „genetischen Code" undenkbar. Recherchiert zu einem der folgenden Themen, worum es dabei geht und wie es mit dem genetischen Code zusammenhängt:***
– Insulinproduktion
– „Mammoth Resurrection Project"
– pilzresistente Bananen

Quellennachweis: Francis Crick an seinen 13-jährigen Sohn. Aus: Watson, James D.: Double Helix. [1968] A. Gann, J. Witkowski (Hrsg.), komment. und illustr. Ausg., New York 2012. (Übersetzung: Cécile Hauser)

ARBEITSBLATT 4 SEITE 1/2

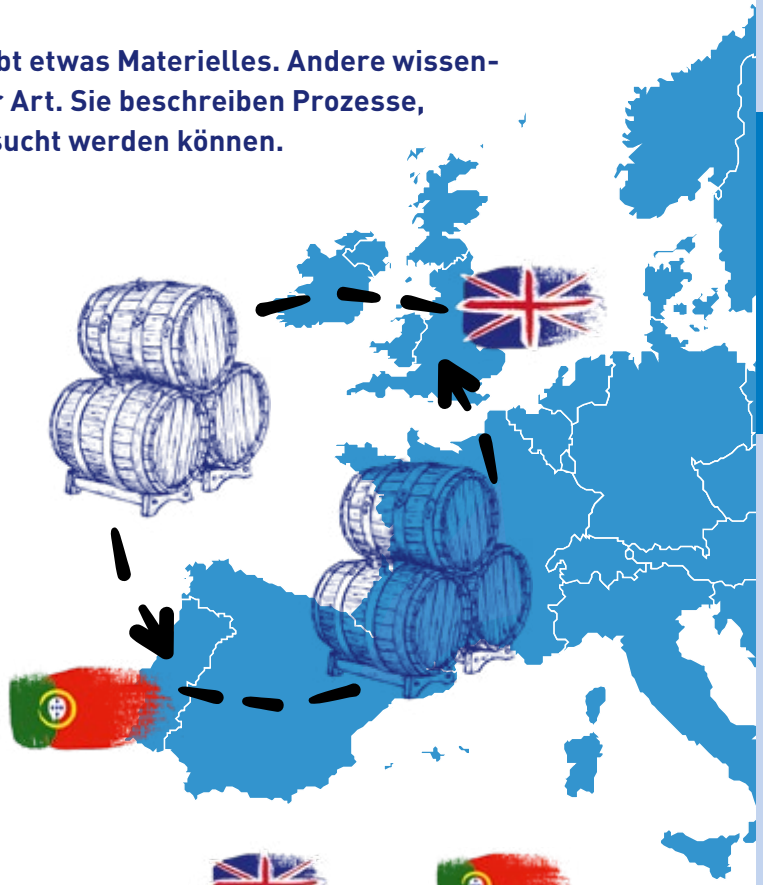
90 min

Wein gegen Tuch: ein Modell für den Außenhandel

Das Doppelhelixmodell der DNA beschreibt etwas Materielles. Andere wissenschaftliche Modelle sind nur gedanklicher Art. Sie beschreiben Prozesse, deren Folgen mit Hilfe der Modelle untersucht werden können.

Situation 1: absoluter Kostenvorteil nach Adam Smith

Angenommen, in England und Portugal werden Wein und Tuch hergestellt, allerdings benötigt man in den beiden Ländern eine unterschiedlich große Zahl von Arbeitskräften zur Herstellung dieser Produkte. Wer weniger Arbeiterinnen und Arbeiter einsetzen muss, hat einen Kostenvorteil und kann die Produkte günstiger anbieten.



Der Ökonom **Adam Smith (1723–1790)** entwickelte sein Modell des absoluten Kostenvorteils Mitte des 18. Jahrhunderts. Es beschrieb, dass es für alle Länder gut ist, wenn sie sich auf die Herstellung jener Produkte spezialisieren, die sie tatsächlich günstiger herstellen können als andere Länder.

	England	Portugal
1.000 Rollen Tuch	100 Arbeitskräfte	160 Arbeitskräfte
1.000 Fässer Wein	120 Arbeitskräfte	80 Arbeitskräfte

AUFGABEN

1 ***Arbeitet in Gruppen. Seht euch Situation 1 an und überlegt, welchen Vorteil es bringen würde, wenn die beiden Länder sich auf ein Produkt spezialisiert und sie wechselseitig tauscht. Welches Produkt wäre das jeweils? Rechnet aus, wie viele Produkte sie herstellen können, wenn die Gesamtzahl der Arbeitskräfte in beiden Ländern gleich bleibt.***

2 ***Überlegt, welche Folgen Adam Smiths Vorschlag, Waren auszutauschen, für beide Länder hat.***

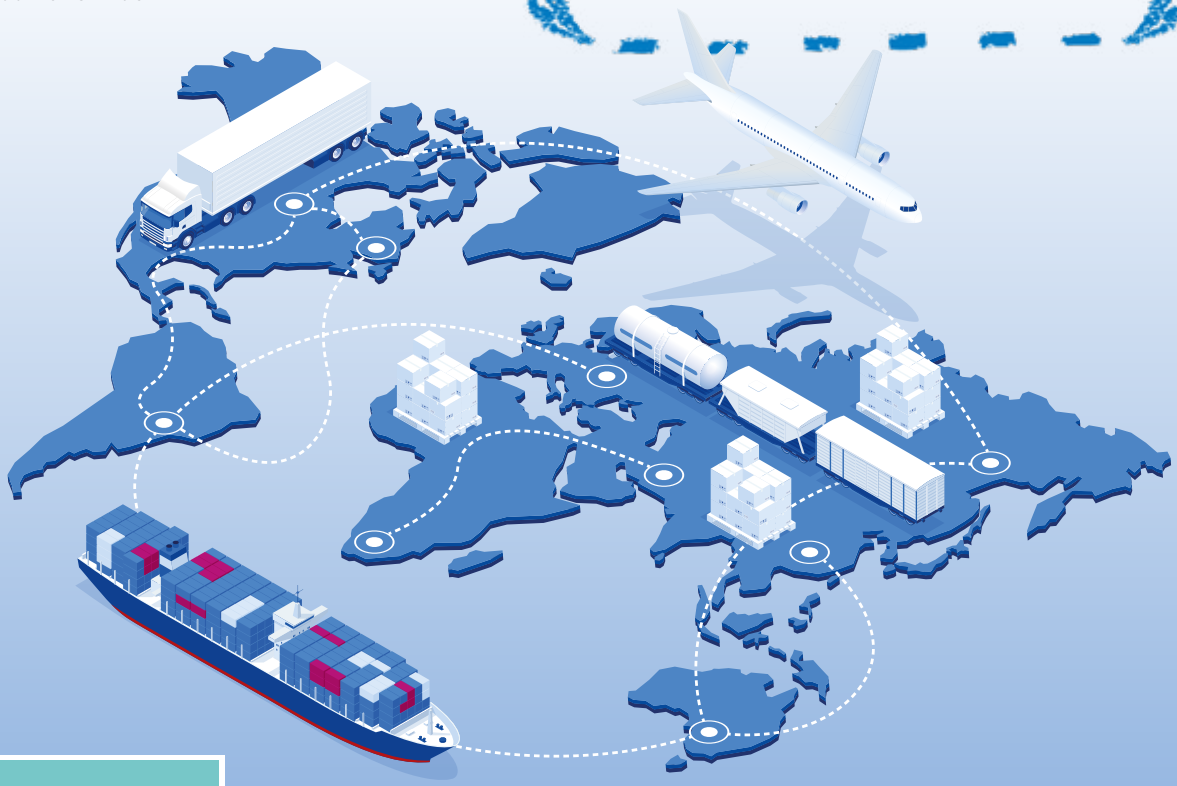
Dieses Arbeitsblatt setzt sich auf der nächsten Seite fort

ARBEITSBLATT 4 SEITE 2/2

Situation 2: komparativer Kostenvorteil nach David Ricardo

Angenommen, die Situation aus dem ersten Beispiel hat sich in einem Punkt verändert: Portugal braucht nur noch 90 Arbeitskräfte (nicht 160) für 1.000 Rollen Tuch.

Auch der Ökonom **David Ricardo (1772–1823)** beschäftigte sich intensiv mit Fragen des Handels. Er knüpfte mit seinem Außenhandelsmodell an Adam Smith an und ging der Frage nach, ob sich Außenhandel auch dann lohnt, wenn die Situation nicht so eindeutig ist wie von Smith beschrieben. Sein Modell des komparativen Kostenvorteils bildet auch heute noch ein wichtiges Argument für die Liberalisierung des Welthandels.



AUFGABEN

3 ***Seht euch Situation 2 an und erstellt eine Tabelle mit den veränderten Daten. Beschreibt, wie sich die Änderung auswirkt. Diskutiert, ob es für die Länder jetzt noch sinnvoll ist, Handel zu treiben, und verfasst eine Empfehlung. Tipp: Ihr solltet berechnen, was die Länder mit den zur Verfügung stehenden Arbeitskräften produzieren können, wenn sie Handel treiben bzw. keinen Handel treiben.***

4 ***Recherchiert, was mit dem Begriff „komparativer Kostenvorteil" gemeint ist.***

5 ***Modelle vereinfachen die Wirklichkeit, damit man bestimmte Aspekte der Welt besser verstehen kann. Notiert, welche Faktoren in diesem Beispiel eine Rolle spielen könnten, aber vom Modell nicht erfasst werden.***

6 ***Stellt eure Ergebnisse der Klasse vor.***

ARBEITSBLATT 5

90 min MODUL: MODELLE

Globalisierung: Ist das Ricardo-Modell noch sinnvoll?

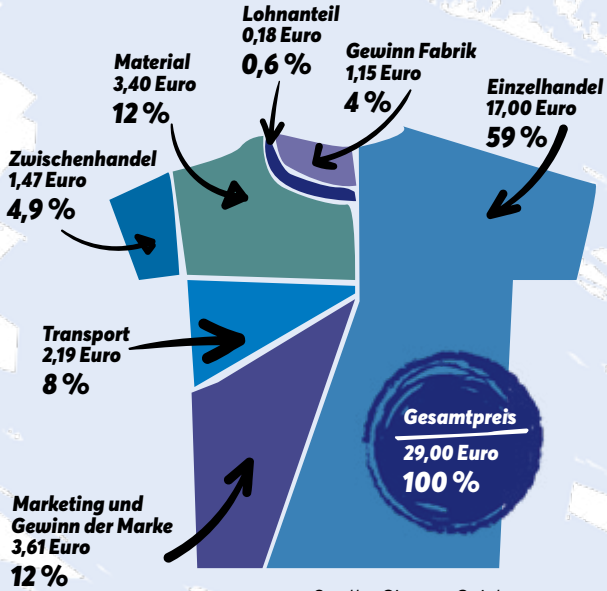
Das Ricardo-Modell wird bis heute genutzt, um für einen weltweiten freien Handel zu werben. Ist das Modell überhaupt noch aktuell? Ein T-Shirt dient als Grundlage, um das zu besprechen.

Hast du dich beim Kauf eines T-Shirts schon einmal über dessen Herkunft informiert? Und darüber, wer es unter welchen Bedingungen hergestellt hat? Wie wichtig findest du es, dass Menschen sich darüber Gedanken machen?

Ein T-Shirt aus Bangladesch

Die meisten Kleidungsstücke, die wir tragen, werden nicht in Deutschland hergestellt, sondern im Ausland, oftmals in Asien. Ein Land, in dem dieser Wirtschaftszweig eine besonders große Bedeutung hat, ist Bangladesch, wo die Textilbranche für 80 Prozent der Exporte verantwortlich ist. Die Produktion ist in Bangladesch wesentlich billiger als in Europa. Die Grafik zeigt, wie sich die Kostenanteile eines T-Shirts zusammensetzen, das ihr in einem Laden in Deutschland erwerben könnt.

Was kostet mein T-Shirt?



Quelle: Simone Seisl

AUFGABEN

1 ***Arbeitet wieder in Gruppen. Wertet Text und Grafik aus: Was bedeuten die Zahlen? Welche Besonderheiten fallen euch auf? Notiert Vor- und Nachteile für das Herstellerland (z. B. Bangladesch) und das Importland (z. B. Deutschland). Haben die Modelle von Smith und Ricardo für den Handel mit Textilien noch Aussagekraft?***

2 ***Der Handel mit Textilien und ihre Nutzung werden heute aus verschiedenen Gründen kritisch gesehen. Dabei geht es um folgende Themen:***
a) Materialien (z. B. Baumwolle, synthetische Fasern)
b) Herstellungsprozess (Spinnen, Nähen, Färben)
c) weltumspannende Transportwege
d) Marketing und Verkauf (z. B. in Discountern)
e) Zweitverwertung durch Kleidersammlungen
Wählt zwei der vier Punkte aus und recherchiert arbeitsteilig, warum diese Punkte kritisch diskutiert werden. Bereitet dazu kurze Statements für eure Lerngruppe vor.

3 ***Macht euch Notizen zu folgender Aussage: Freier Welthandel heißt, dass wir uns nicht in die Produktionsbedingungen im Ausland einmischen dürfen. Diskutiert anschließend eure Einschätzungen und formuliert eine Gegenposition. Welche politischen Möglichkeiten kennt ihr, die den freien Handel regulieren können?***

4 ***Ein Modell, das die Realität in jeder Hinsicht vollständig beschreibt, ist so sinnvoll wie eine Landkarte im Maßstab 1 : 1. Diskutiert diese Aussage und prüft sie anhand der Beispiele DNA-Modell und Außenhandelsmodell.***

MODUL 4

WIESO, WESHALB, WARUM? ERKLÄRUNGEN GESUCHT!



KLASSENSTUFEN 8–10

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Geografie, Geschichte, Physik

Kannst du mir das erklären? Warum ist das so und nicht anders? Für alles um uns herum suchen wir Erklärungen. Erklärungen benennen die Ursachen von Ereignissen, Phänomenen und Sachverhalten sowie die Gründe für menschliches Handeln. Warum regnet es in Bayern, aber nicht in Sachsen? Warum fließt der Fluss durch eine Schlucht? Warum ist gerade in armen Ländern das Risiko für Infektionskrankheiten sehr hoch? Auf solche Fragen antworten wir mit einer Erklärung.

Die Suche nach kausalen Zusammenhängen, also Ursache-Wirkungs-Beziehungen, ist eine der Hauptaufgaben wissenschaftlicher Forschung. Kausale Erklärungen reichen über den Einzelfall hinaus. Zuweilen führen sie gar zur Formulierung von umfassenden Theorien oder Naturgesetzen, auf deren Grundlage man dann auch Prognosen für die Zukunft ableiten kann – etwa zum Niederschlag. In vielen Disziplinen geht es allerdings auch um Zusammenhänge, die mit Naturgesetzen nicht zu erfassen sind. Dazu gehören etwa historische Entwicklungen oder auch subjektive Entscheidungen. Zudem gibt es in der Regel nicht nur eine einzige, sondern mehrere mögliche Erklärungen für ein Ereignis, einen Sachverhalt oder eine Entwicklung. Und manchmal ist auch mehr als eine Erklärung zutreffend.

In diesem Modul setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit diesen Fragen rund um Erklärungen auseinander. Dabei können geeignete Querverbindungen zu anderen Modulen gezogen werden, z. B. zu „Theorien“ oder zur „Beobachtung“.

> Die Hinführung zum Thema erfolgt, indem die Schülerinnen und Schüler einfache Sachverhalte feststellen und dafür Erklärungen suchen. Dann richtet sich der Blick auf den Klimawandel. Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass das wissenschaftliche Interesse an diesem Thema nicht neu ist. Schon vor 100 Jahren suchte man nach Erklärungen für die Veränderung der Temperatur auf der Erde – allerdings ging es damals um die Eiszeit, nicht um den Treibhauseffekt. Eine Grafik zeigt wissenschaftlich fundierte Szenarien für die Entwicklung des Klimas bis zum Jahr 2100: An diesem Beispiel wird thematisiert, dass Erklärungen auch als Grundlage für Prognosen dienen können.

> Im folgenden Beispiel geht es um die Problematik, dass wissenschaftliche Erklärungen auch auf Akzeptanz außerhalb der Scientific Community angewiesen sind. Viele verschiedene Interessen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft treffen dann aufeinander und müssen ausgelotet werden. Wie sehr eine scheinbar ausgewogene Darstellung falsche Eindrücke erzeugen kann, zeigt das Konzept der „False Balance“ am Beispiel der Debatte um den Klimawandel.

> Zum Abschluss dieser Einheit begeben sich die Schülerinnen und Schüler selbst auf die Suche nach Erklärungen. Sie formulieren Fragen zu einem selbstgewählten Beispiel an ihrem Wohnort und prüfen verschiedene Quellen, um auf dieser Grundlage mögliche Erklärungen zu finden. Am Beispiel der mythenumwobenen Steinformation Stonehenge erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass es nicht zwangsläufig nur eine Erklärung für Phänomene gibt.

Dieses Modul bietet auch über die folgenden Arbeitsblätter hinaus allerlei Gesprächsstoff. Laden Sie hierfür doch eine wissenschaftliche Expertin oder einen wissenschaftlichen Experten der Forschungsbörse für einen begleitenden Austausch in Ihren Unterricht ein. Auf forschungsboerse.de finden Sie passende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.



Didaktisch-methodische Hinweise

Mit **Arbeitsblatt 1** nähern sich die Schülerinnen und Schüler dem Thema „Erklärung" mit Hilfe zweier einfacher Experimente. Im eigenen Handeln werden Verständnislücken erkannt und es wird nach möglichen Erklärungen gesucht. Aufgabe 3 veranschaulicht, dass der Austausch in der Klasse dabei ein sinnvolles Instrument sein kann. Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Schwierigkeit im Prozess und reflektieren Möglichkeiten und Grenzen der Erklärungsfindung.

Mit dem Klimawandel rückt ein aktuelles Thema ins Zentrum. Das Beispiel von Svante Arrhenius (1859–1927), schwedischer Physiker und Chemiker, auf **Arbeitsblatt 2** zeigt, dass die Suche nach Erklärungen für den Klimawandel nicht neu ist. Arrhenius beschäftigte sich schon vor 100 Jahren mit den Ursachen für Temperaturveränderungen auf der Erde. Er suchte nach einer Erklärung für die großen Temperatursprünge zwischen Warm- und Eiszeiten und vermutete, die wechselnde Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre sei der entscheidende Faktor. Die Diskussion zwischen Arrhenius und seinen Kolleginnen und Kollegen zeigt, wie verschiedene Erklärungen konkurrieren können, bis sich eine von ihnen als besonders überzeugend erweist. Darüber hinaus wird an der Geschichte der Klimawissenschaften deutlich, dass Erklärungen auch deswegen relevant sein können, weil sie Aussagen über die Zukunft erlauben – und mögliche Ansatzpunkte für Interventionen geben, wenn man den Verlauf der Entwicklung beeinflussen möchte. Darin unterscheiden sich die Klimawissenschaften grundlegend von anderen Disziplinen, z. B. den Geschichtswissenschaften.

Alternativ kann Aufgabe 4 auch in aktiver Form durchgeführt werden: Zwei Teams (Team „Klima Arrhenius" und Team „Klima 2022") arbeiten heraus, warum Daten, Techniken oder Kriterien auch immer wieder aktualisiert werden müssen, um Erklärungen wissenschaftlich zu untermauern. Hierbei können folgende Fragen beleuchtet werden: Was brauche ich ggf. noch für meine Erklärungen? Wie vergleiche ich vergangene und aktuelle Prognosen und was bringt das?

Mit der Frage, wie sich das Klima in den nächsten Jahren entwickelt, beschäftigt sich das **Arbeitsblatt 3**. Die Grafik veranschaulicht verschiedene mögliche Szenarien bis zum Jahr 2100. Es zeigt sich, dass für die Vorhersage des Klimas auch solche Entwicklungen relevant sind, die mit Naturgesetzen nicht zu erfassen sind, wie z. B. politische Entscheidungen oder Bevölkerungswachstum. Die Formulierung von Prognosen erfordert in diesem Fall also eine umfassende Betrachtung, die auch gesellschaftliche Veränderungen einbezieht. Die Ergebnisse der Aufgaben 2 und 3 können gut visualisiert (z. B. in Form einer Mind-Map oder eines Plakats) und durch weiteres Material ergänzt werden. Als Recherchequelle bietet sich etwa die Homepage des Umweltbundesamtes an **(umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimamodelle-szenarien#was-sind-klimamodelle)**. Dort findet sich weiteres Informationsmaterial zum Thema Klimamodelle und Szenarien.

Um das Thema der Wissenschaftskommunikation geht es auf **Arbeitsblatt 4**. Am Beispiel der Leugnung des menschengemachten Klimawandels wird deutlich, dass es nicht nur innerwissenschaftliche Debatten gibt, sondern auch Diskussionen um wissenschaftliche Erklärungen innerhalb von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Erklärung des Klimawandels mit dem Verbrennen fossiler Energieträger durch den Menschen ist ein gutes Beispiel für eine sorgfältig geprüfte Erklärung, die nicht überall auf Akzeptanz stößt. Die Gründe für diese Ablehnung sind vielfältig, manchmal sind die damit verbundenen Konsequenzen schwer zu akzeptieren oder manchmal wollen Menschen diese Erklärung einfach nicht glauben. Wie und warum sich Erklärungen in der Wissenschaft durchsetzen, ist eine komplexe Frage, mit der sich Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte beschäftigen. Dass hierbei die Darstellung in den Medien eine zentrale Rolle spielt, erfahren die Schülerinnen und Schüler am konkreten Beispiel der Diskussion um die Klimakrise. Sie überlegen daraufhin gemeinsam (Aufgabe 2), welchen Herausforderungen sich Journalistinnen und Journalisten in der Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragen stellen müssen.

Hierbei könnte vonseiten der Schülerinnen und Schüler beispielsweise eine gewisse Fachkompetenz genannt werden, die die Journalistinnen oder Journalisten dazu befähigt, wissenschaftliche Evidenz und die Art und Weise der Präsentation einordnen zu können. Am Beispiel der Talkshow könnte die Wahl der Gäste als wichtiges Kriterium genannt werden: Sind diese in dem Fachgebiet wirklich Expertinnen und Experten?

Die Schülerinnen und Schüler lernen aber auch, dass innerwissenschaftliche (Detail-)Diskussionen, z. B. über die Bedeutung verschiedener weiterer Faktoren, ganz wesentlich zur Forschung gehören, auch wenn sich alle einig sind, dass die rapide Erderwärmung hauptsächlich zurückgeht auf den Ausstoß von Treibhausgasen. Auch die Prozesshaftigkeit des Findens wissenschaftlicher Erklärungen spielt eine wichtige Rolle. Dies kann an aktuellen Beispielen (z. B. Corona-Krise) vertieft werden.

Wenn etwa verschiedene, voneinander unabhängige Forschungsgruppen mit unterschiedlichen Methoden zu derselben Erklärung eines Phänomens kommen, ist dies ein starkes Argument für die Korrektheit der Erklärung. Dabei muss aber sichergestellt werden, dass methodisch sauber gearbeitet wurde. Das Peer-Review-Verfahren, das die Schülerinnen und Schüler in der letzten Aufgabe kennenlernen, ist ein wichtiger Schritt zur Qualitätssicherung. Anschließend werden Forschungsergebnisse in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert. Bereits davor und vor allem auch danach diskutieren Forschende die neuen Ergebnisse und auch die damit verbundenen Arbeitsschritte wie Experimentaufbau oder Dateninterpretation. Diese Debatten sind der noch wichtigere Schritt zur Sicherstellung guten wissenschaftlichen Arbeitens.



Mit den beiden abschließenden Arbeitsblättern dieser Einheit begeben sich die Schülerinnen und Schüler selbst auf die Suche nach Erklärungen. **Arbeitsblatt 5** regt zu einem Projekt an, das in einer Ausstellung mündet. Die Schülerinnen und Schüler recherchieren an ihrem Wohnort zu einem selbst gewählten Objekt, z. B. zu einem Bauwerk oder einem Straßennamen, und suchen nach Erklärungen bzw. Erklärungsansätzen für seine Existenz oder seinen Hintergrund. Sie entwickeln ein Verständnis dafür, wie man zu historischen Erklärungen kommt, indem sie lernen, verschiedene Quellen zu nutzen. Wichtige Aspekte von Quellenarbeit wie Perspektivität, Temporalität und Narrativität sollten dabei thematisiert werden.

Die Unterschiede zwischen historischer und naturwissenschaftlicher Erklärung werden auf dem **Arbeitsblatt 6** vertieft, indem sich die Schülerinnen und Schüler näher mit der mythenumwobenen Steinformation Stonehenge beschäftigen. Dabei lernen sie, Mythen von wissenschaftlichen Erklärungen abzugrenzen. Mit den Aufgaben 2 bis 4 gehen die Schülerinnen und Schüler der Frage nach, wie die schweren Steine an den Zielort transportiert wurden. Eine mögliche Weiterführung: Die wissenschaftlichen Erklärungsansätze können durch experimentelles Arbeiten geprüft werden, z. B., indem die Schülerinnen und Schüler versuchen, eine schwere Bücherbox mit einfachen Mitteln über einen Hindernisparcours mit Rampen zu bewegen. Sie erkennen, was genau am Steinkreis von Stonehenge einer Erklärung bedarf, und recherchieren aktuell diskutierte Erklärungen dieser Sachverhalte. Sie werden dazu aufgefordert, unterschiedliche Erklärungsansätze zur Entstehung von Stonehenge zu bewerten.

Aufgabe 6 schlägt den Bogen zur naturwissenschaftlichen Erklärung, die die Schülerinnen und Schüler auf den ersten Arbeitsblättern kennengelernt haben. In Abhängigkeit von der Recherchetiefe in den vorangehenden Aufgaben kann hier abschließend darauf eingegangen werden, dass naturwissenschaftliche und historische Untersuchungen sich auch ergänzen können, um zu einer vollständigen Erklärung zu kommen. Im Fall von Stonehenge gab die chemische Analyse der Steine wichtige Hinweise auf deren Herkunft.

ARBEITSBLATT 1

45 min

MODUL: ERKLÄRUNG

Ein kleines Experiment – habt ihr eine Erklärung?

Der Begriff „erklären“ ist euch bereits aus dem Unterricht bekannt. Wenn ihr etwas erklären sollt, dann macht ihr etwas deutlich. Ihr erläutert etwas so, dass andere die Zusammenhänge verstehen. Aber wie findet man eigentlich solche Erklärungen? Und wozu sind Erklärungen gut? Mit diesen Fragen beschäftigt ihr euch in diesem Modul.



Experiment 1

Ein nasser Schwamm – und schon sind die letzten Matheformeln von der Tafel verschwunden. Nur nasse Kleckse bleiben zurück, und selbst die verschwinden allmählich. Aber warum? Erkläre!

Experiment 2

Nimm ein Trinkglas und fülle es zu zwei Dritteln mit Wasser. Lege ein Stück Pappe (z. B. eine stabilere Postkarte oder einen Bierdeckel) auf die Öffnung. Drücke mit der flachen Hand auf die Pappe und drehe das Glas um. Halte es senkrecht nach unten. Nun lasse die Pappe los. Was passiert? Erkläre!

AUFGABEN

1 ***Sammelt zu zweit mögliche Erklärungen für die beiden Experimente. Tauscht euch anschließend mit einer anderen Gruppe aus und entscheidet euch für die Erklärung, die euch am plausibelsten erscheint.***

2 ***Gebt den Versuchen jeweils eine passende Überschrift, indem ihr Fragen zu den Erklärungen formuliert.***

3 ***Diskutiert in der Klasse, warum ihr für ein Experiment mehrere Erklärungen gefunden habt. Was sagt dies über die Möglichkeiten und Grenzen von Erklärungen aus?***

4 ***Nicht jede Antwort auf eine Frage ist gleich auch eine Erklärung. Welche Unterschiede könnt ihr dazwischen finden?***

5 ***Schaut euch noch einmal Experiment 1 und eure Erklärungen dazu an. Habt ihr eine Idee, warum beispielsweise Klimaforscherinnen und Klimaforscher die Erklärungen dieses Phänomens für Vorhersagen nutzen könnten?***

ARBEITSBLATT 2 SEITE 1/2

45 min

Svante Arrhenius und seine Erklärung für die Entstehung der Eiszeit

Heute ist die menschengemachte Erwärmung unseres Planeten ein großes Thema und ein riesiges Problem für die Gegenwart und die Zukunft. Doch neu ist das wissenschaftliche Interesse daran nicht: Schon vor 100 Jahren forschten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nach den Ursachen für Temperaturänderungen auf der Erde.

Eine Erklärung für die Entstehung der Eiszeit?

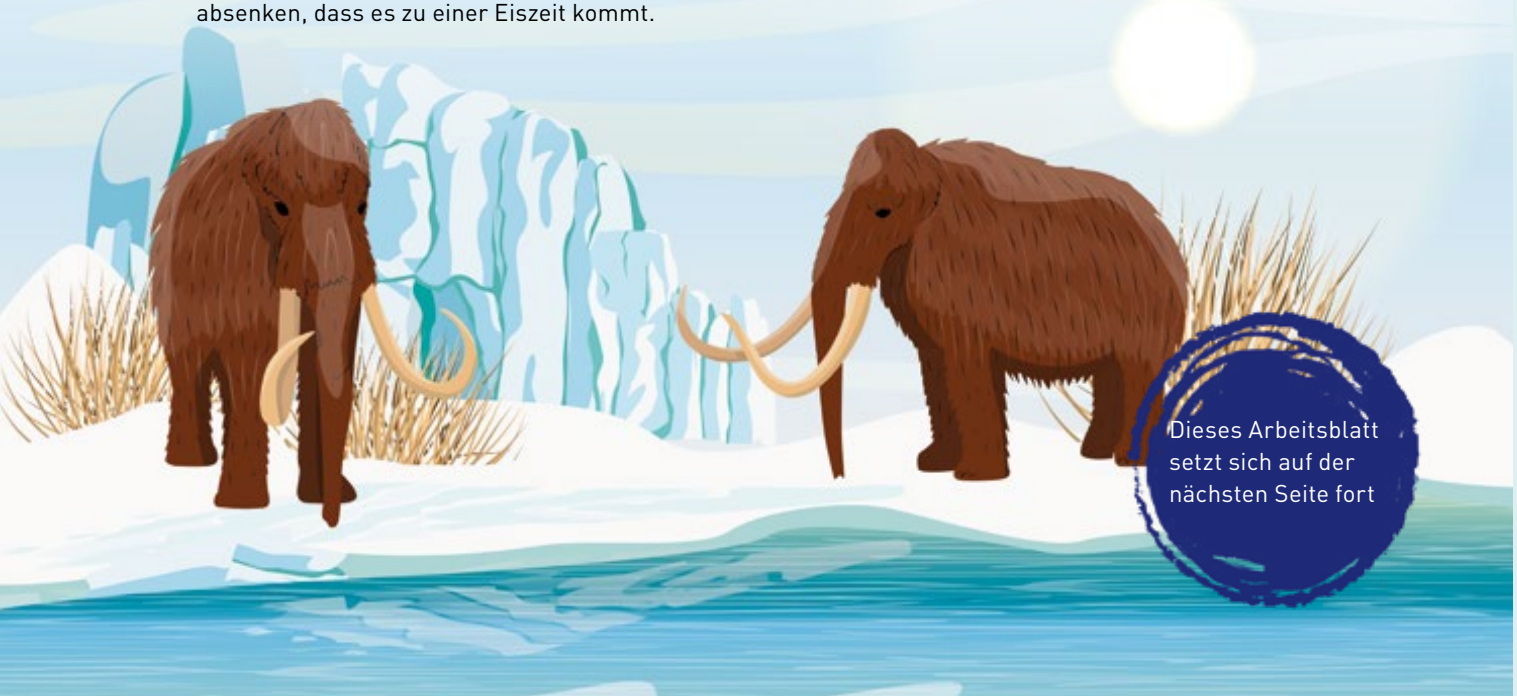
In der Physikalischen Gesellschaft in Stockholm gab es im Jahr 1895 eine lebhafte Diskussion. Die Forschenden waren sich darin einig, dass es eine Eiszeit gegeben hatte. Nun fürchteten sie, dass ein solches Ereignis wieder eintreten könnte. Sie suchten daher dringend nach einer Erklärung für Temperaturveränderungen auf der Erde. Besonders die Geschwindigkeit solcher Temperaturveränderungen war ein Rätsel. Der Physiker und Chemiker **Svante Arrhenius (1859–1927)** meldete sich zu Wort und stellte seine Idee vor. Er vermutete, dass das Kohlendioxid in der Luft die Temperatur auf der Erde beeinflusste. Arrhenius hatte dazu monatelang Berechnungen durchgeführt. Seinen Ergebnissen nach würde eine Verminderung der Kohlendioxid-Konzentration auf die Hälfte die Temperatur auf der Erde so stark absenken, dass es zu einer Eiszeit kommt.

Seine Kolleginnen und Kollegen waren skeptisch: Es könnte doch auch andere Erklärungen für eine Eiszeit geben, z. B. weniger Wolken. Ohnehin wusste man zu dieser Zeit noch nicht, wie hoch die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre während der Eiszeit gewesen war.

AUFGABEN

1 ***Formuliere mit eigenen Worten, wie Svante Arrhenius die Entstehung der Eiszeit erklärte.***

2 ***Erläutere, weshalb es den Forschenden wichtig war, eine Erklärung für die rapiden Temperaturveränderungen zu finden. Warum genügte es ihnen nicht, nur die Beobachtungen zu beschreiben?***



Dieses Arbeitsblatt setzt sich auf der nächsten Seite fort

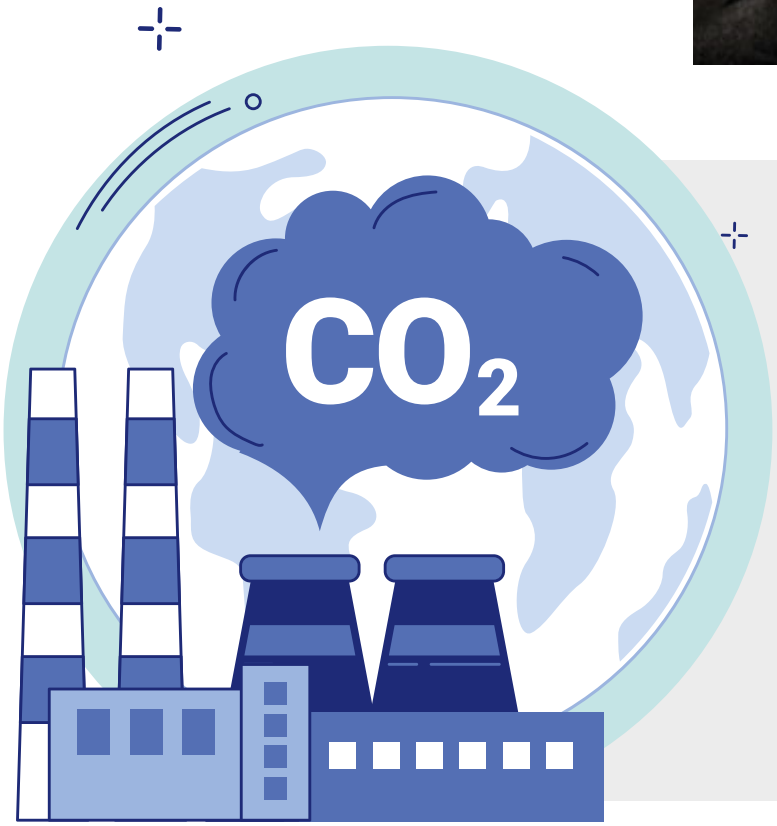
ARBEITSBLATT 2 SEITE 2/2

MODUL: ERKLÄRUNG

Arrhenius war unbesorgt: *„Es scheint, als ob wir eine solche Furcht [vor einer neuen Eiszeit] nicht zu hegen brauchten. Schon die für Industriezwecke nötige Kohlenverbrennung ist geeignet, den Kohlensäuregehalt der Luft merkbar zu vermehren. […] Man hört oft Klagen darüber, dass die in der Erde angehäuften Kohlenschätze von der heutigen Menschheit ohne Gedanken an die Zukunft verbraucht werden; […]. Doch kann es vielleicht zum Trost gereichen, dass es hier wie so oft keinen Schaden gibt, der nicht auch sein Gutes hat. Durch Einwirkung des erhöhten Kohlensäuregehaltes der Luft hoffen wir uns allmählich Zeiten mit gleichmäßigeren und besseren klimatischen Verhältnissen zu nähern, besonders in den kälteren Teilen der Erde; Zeiten, da die Erde um das Vielfache erhöhte Ernten zu tragen vermag zum Nutzen des rasch anwachsenden Menschengeschlechtes.“*

Quelle: Svante Arrhenius: Världarnasutveckling (1906), dt. Das Werden der Welten. Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig 1907, Seiten 56–57.





AUFGABEN

3 ***Erläutere den Zusammenhang zwischen Arrhenius' Erklärung für die vergangene Eiszeit und seinen Aussagen über die Zukunft.***

4 ***Arrhenius bewertet die Folgen der Temperaturerhöhung als positiv. Heute fürchten wir uns vor den Folgen der Klimaerwärmung. Was hat sich seitdem geändert? Überlegt euch eine Antwort und tauscht euch anschließend in der Klasse darüber aus.***

ARBEITSBLATT 3

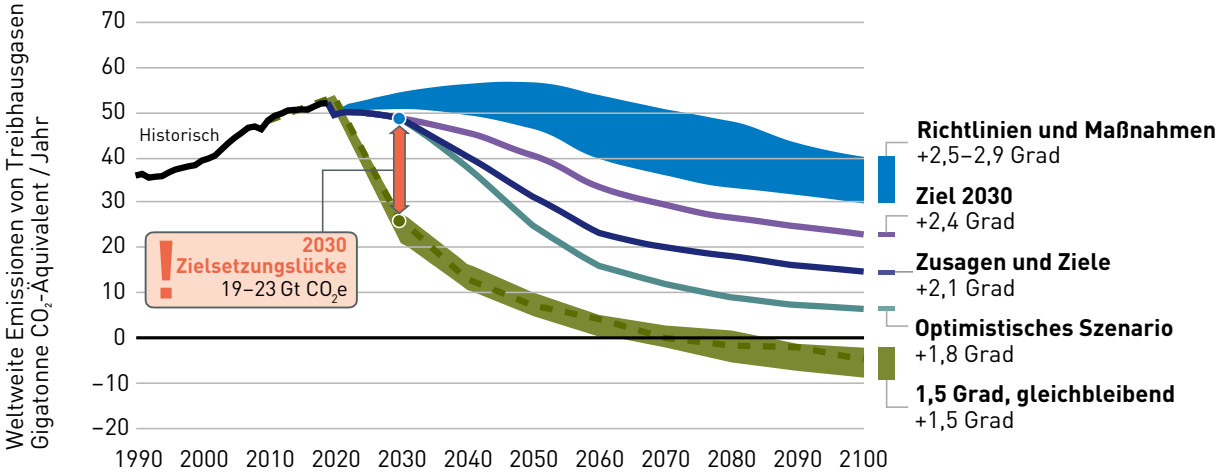
45 min MODUL: ERKLÄRUNG

Wie sieht das Klima im Jahr 2100 aus?

Heute weiß man sehr viel über die Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels. Wie entwickelt sich das Klima in den nächsten Jahren weiter? Für ihre Prognosen rechnen Klimawissenschaftlerinnen und Klimawissenschaftler mit verschiedenen Szenarien politischer Handlungsbereitschaft.

Wie entwickelt sich das Klima bis zum Jahr 2100?

Emissionen und erwartete Erwärmung, basierend auf Zusagen und laufenden Richtlinien



Quelle: Climate Action Tracker

AUFGABEN

Überlegt gemeinsam, was ihr zur Verbesserung des Klimas beitragen könnt. Durch welche Verhaltensmaßnahmen in eurem Alltag könnt ihr die zukünftige Entwicklung positiv beeinflussen?

1 Betrachtet die Grafik und klärt unbekannte Begriffe. Welche Szenarien der Temperaturentwicklung auf der Erde stellt sie dar? Formuliert gemeinsam fünf Aussagen, die den Inhalt der Grafik zusammenfassen.

2 Denkt an Arrhenius und wieso es für ihn wichtig war, Temperaturveränderungen auf der Erde erklären zu können. Benennt Gründe dafür, warum Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler heute Erklärungen für den Klimawandel finden wollen.

3 Arrhenius errechnete, dass eine Temperaturerhöhung von 5 bis 6 Grad erst in ca. 3.000 Jahren erfolgen würde. Recherchiert die Gründe dafür, dass diese Erhöhung heute in viel kürzerer Zeit erwartet wird. Formuliert anschließend Erklärungen für den Klimawandel und tauscht euch in der Klasse darüber aus.

4 Die Grafik beschreibt mehrere Szenarien zum Klimawandel bis zum Jahr 2100. Überlegt, warum verschiedene Entwicklungen dargestellt werden. Wer oder was hat Einfluss darauf, welches dieser Szenarien in Zukunft tatsächlich eintritt?

5 Die obenstehende Grafik stammt von der Website Climate Action Tracker, die Informationen über Klimaschutzmaßnahmen sammelt und veröffentlicht. Sie stützt sich in ihren Prognosen u. a. auf Daten des Instituts für Klimafolgenforschung in Potsdam. Recherchiere, um was für ein Institut es sich dabei handelt, was seine Ziele sind, wer dort forscht und aus welchen Disziplinen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kommen.

ARBEITSBLATT 4

45 min

MODUL: ERKLÄRUNG

Erklärung und Akzeptanz

In der wissenschaftlichen Diskussion werden stetig neue Ergebnisse berücksichtigt und Argumente ausgetauscht. Das ist besonders in den ersten Monaten der Corona-Pandemie deutlich geworden. Über viele Fragen existiert jedoch ein grundsätzlicher Konsens, z. B. über die Existenz eines menschengemachten Klimawandels. Hier sind sich die Forschenden seit Jahrzehnten einig: Um den Klimawandel aufzuhalten, muss der weltweite Treibhausgas-Ausstoß drastisch sinken. Trotz dieses Konsenses in der Wissenschaft waren und sind in der öffentlichen Debatte immer wieder Zweifel an einem menschengemachten Klimawandel zu hören. Woher kommen solche Debatten und welche Rolle spielt dabei die mediale Vermittlung von Informationen?

„False Balance" – Außenseiter im Rampenlicht

Angenommen, eine TV-Redaktion plant eine Talkshow zum Thema Klimawandel. Ziel ist es, eine spannende Diskussion mit gegensätzlichen Positionen zu präsentieren. Eine bekannte Klimaforscherin wird eingeladen. Aber wer könnte ihr Diskussionspartner oder ihre Diskussionspartnerin sein? Bei solchen Gelegenheiten kommen mitunter Personen zu Wort, die den menschengemachten Klimawandel für eine Erfindung halten, obwohl sie damit eine extreme Außenseiterposition vertreten. In den Talkshows wirkt das aber anders: Da sprechen zwei Personen mit ähnlich großen Redeanteilen miteinander und beide Positionen scheinen ein ähnliches Gewicht zu haben. Solch eine mediale Verzerrung wird als „False Balance" (falsche Ausgewogenheit) bezeichnet. Vor allem im Bereich der Wissenschaft kann das Probleme bereiten, da es hier nicht um Meinungen und die Aushandlung von Kompromissen geht.

Seid ihr schon mal Menschen begegnet, die die Ergebnisse wissenschaftlichen Arbeitens anzweifeln? Wo und in welchem Zusammenhang war das? Tauscht euch darüber in der Klasse aus.



AUFGABEN

1 ***Beschreibe in eigenen Worten, was mit „False Balance" gemeint ist.***

2 ***Diskutiert in der Klasse darüber, welche Herausforderungen sich für Journalistinnen und Journalisten ergeben, um „False Balance" in ihrer Berichterstattung zu vermeiden. Warum könnte diese „False Balance" manchmal auch gewünscht sein? (Tipp: Denke beispielsweise an Publikumswirksamkeit.)***

3 ***Erläutere, was mit dem „Konsens innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft" gemeint ist. Inwiefern steht das im Widerspruch zu der Tatsache, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch weiterhin diskutieren? Notiere deine Gedanken und besprich die Fragen in der Klasse.***

Ihr könnt dazu auch eine Wissenschaftlerin oder einen Wissenschaftler befragen, z. B. über die Forschungsbörse (forschungsboerse.de).

4 ***Die Erklärung der derzeitigen globalen Erderwärmung – der Ausstoß von Treibhausgasen – ist wissenschaftlich sehr gut belegt. Zahlreiche unabhängig voneinander durchgeführte Studien mit Peer-Review kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Recherchiert, wie das Peer-Review funktioniert. Überlegt anschließend, weshalb dieses Verfahren für die Wissenschaft wichtig ist.***

ARBEITSBLATT 5

MODUL: ERKLÄRUNG

Interessanten Erklärungen auf der Spur!

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler versuchen, Erklärungen für Ereignisse, Sachverhalte oder Entwicklungen zu finden. Gibt es etwas in deiner Umgebung, was dir rätselhaft erscheint? Suche selbst nach Erklärungen dafür!



Die Burg zu Burghausen oberhalb der Altstadt der gleichnamigen Stadt ist mit 1.051 Metern die längste Burganlage Europas und gilt seit einem Eintrag im Guinnessbuch der Rekorde als „längste Burg der Welt"

Tom wirft sein Smartphone frustriert zur Seite. Das Ding funktioniert mal wieder nicht! Er schaut aus dem Fenster und überlegt, was er machen könnte. Eigentlich könnte ich doch hoch zur Burg fahren und die Sonne genießen. Von dort hat man die beste Aussicht auf den ganzen Ort und den Fluss mit den großartigen Badestellen. Ganz weit in das Umland kann man schauen. Besonders vom hohen Turm aus. *„Die Bewohner vor 800 Jahren haben die Aussicht bestimmt auch genossen"*, denkt Tom. Schon eine tolle Stelle für die Burg. *„Aber warum steht sie eigentlich hier oben?"*, überlegt er weiter, *„schließlich musste man doch erst den ganzen Berg hochschnaufen, sehr anstrengend! Und überhaupt, die ganzen Steine hochschleppen, ohne LKW …"* Und schon hat Tom sein Smartphone vergessen. Er schnappt sich sein Mountainbike. Jetzt will er es genau wissen und Frau Feldmann, die Verwalterin, mit Fragen löchern. *„Mal sehen, was die so für Erklärungen hat."*

AUFGABEN

1 ***Tom möchte eine Erklärung dafür, warum die Burg so weit oben am Berg steht. Was im Zusammenhang mit einer Burg scheint euch sonst noch erklärungsbedürftig? Sammelt weitere Punkte, für die Tom bei der Verwalterin nach einer Erklärung fragen könnte, z. B.: Wieso lebten manche Leute auf Burgen und manche nicht? Warum lebt heute niemand mehr dort? Findet gemeinsam Erklärungen für Punkte, die euch im Zusammenhang mit Burgen rätselhaft erscheinen.***

2 ***Geht nun in eurem Ort auf die Suche: Gibt es Bauwerke, Straßennamen, Gedenkstätten oder Traditionen, deren Existenz ihr euch nicht erklären könnt? Tragt eure Ergebnisse zusammen.***

3 ***Um einen Sachverhalt, eine Entwicklung oder ein Ereignis in der Vergangenheit erklären zu können, schauen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler historische Quellen an und überprüfen diese, indem sie sie mit anderen Quellen vergleichen. Welche Quellen könnten euch bei eurer Suche nach Erklärungen helfen? Denkt an alte Fotos, Inschriften, Briefe, Urkunden, Stadtpläne, Zeitzeugenaussagen etc. Versucht, mit Hilfe von Quellen historische Erklärungen für eure Spurensuche aus Aufgabe 2 zu finden.***

4 ***Präsentiert die Erklärungen, die ihr gefunden habt, in Form einer Ausstellung im Klassenzimmer. Stellt eine Box für Fragen von Mitschülerinnen und Mitschülern auf.***

ARBEITSBLATT 6 SEITE 1/2

Geheimnisvolles Stonehenge

Rund um Stonehenge, die berühmte prähistorische Steinformation im Südwesten Englands, gibt es viele Mythen. Anfang des 12. Jahrhunderts meinte der britische Gelehrte Geoffrey von Monmouth, dass die Steine vom Zauberer Merlin magisch zu ihrem jetzigen Standort transportiert worden waren.





AUFGABEN

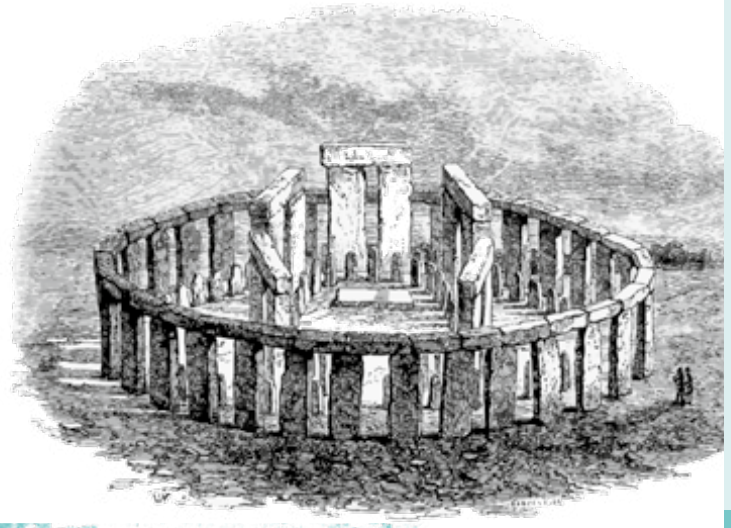
1 ***Schau dir die Bilder an. Was möchtest du wissen? Stelle Fragen an die Bildquellen. Formuliere auch erste Vermutungen zu ihrer Beantwortung.***

ARBEITSBLATT 6 SEITE 2/2

Wow! Steinalt!

Stonehenge, England, in der Nähe von Salisbury: Bereits ca. 3000 Jahre vor Christus (Neolithikum) wurde ein runder Graben mit einem inneren und einem äußeren Wall gebaut – wohl mit Hilfe von Hacken aus Geweihen.

Dann, etwa 500 Jahre später, wurden in der Mitte des Walls die Steine aufgestellt. Zwei Arten von Steinen verwendeten die Erbauer: die größeren „Sarsensteine" (Sandstein) und die kleineren „Blausteine", die bei Nässe oder an frischen Bruchstellen tatsächlich bläulich erscheinen. Geochemische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Sarsensteine aus den West Woods in den Marlborough Downs stammen. Ein einziger dieser Steine wiegt bis zu 30 Tonnen – so viel wie acht Elefanten! Die etwas kleineren Blausteine wurden sogar aus den Preseli Hills in Südwest-Wales hertransportiert.



AUFGABEN

2 ***Suche auf einer Karte Stonehenge und die Herkunftsgebiete der Steine. Bestimme die Entfernungen zwischen Herkunftsgebieten und Stonehenge.***

3 ***Stelle dir vor, du bist die Archäologin bzw. der Archäologe von Stonehenge! Wie sind die großen, schweren Steine an diesen Platz gelangt? Berücksichtige dabei die Landschaft, durch die man die Steine transportieren musste, und die Tatsache, dass es damals noch keine Räder gab.***

Überlege:
Welchen Transportweg würdest du wählen?
Welche Hindernisse müssen überwunden werden?
Formuliere eine Erklärung für die Tatsache, dass die Menschen damals in der Lage waren, so riesige Steine über so lange Strecken zu transportieren. Tausche dich mit einer Lernpartnerin / einem Lernpartner darüber aus.

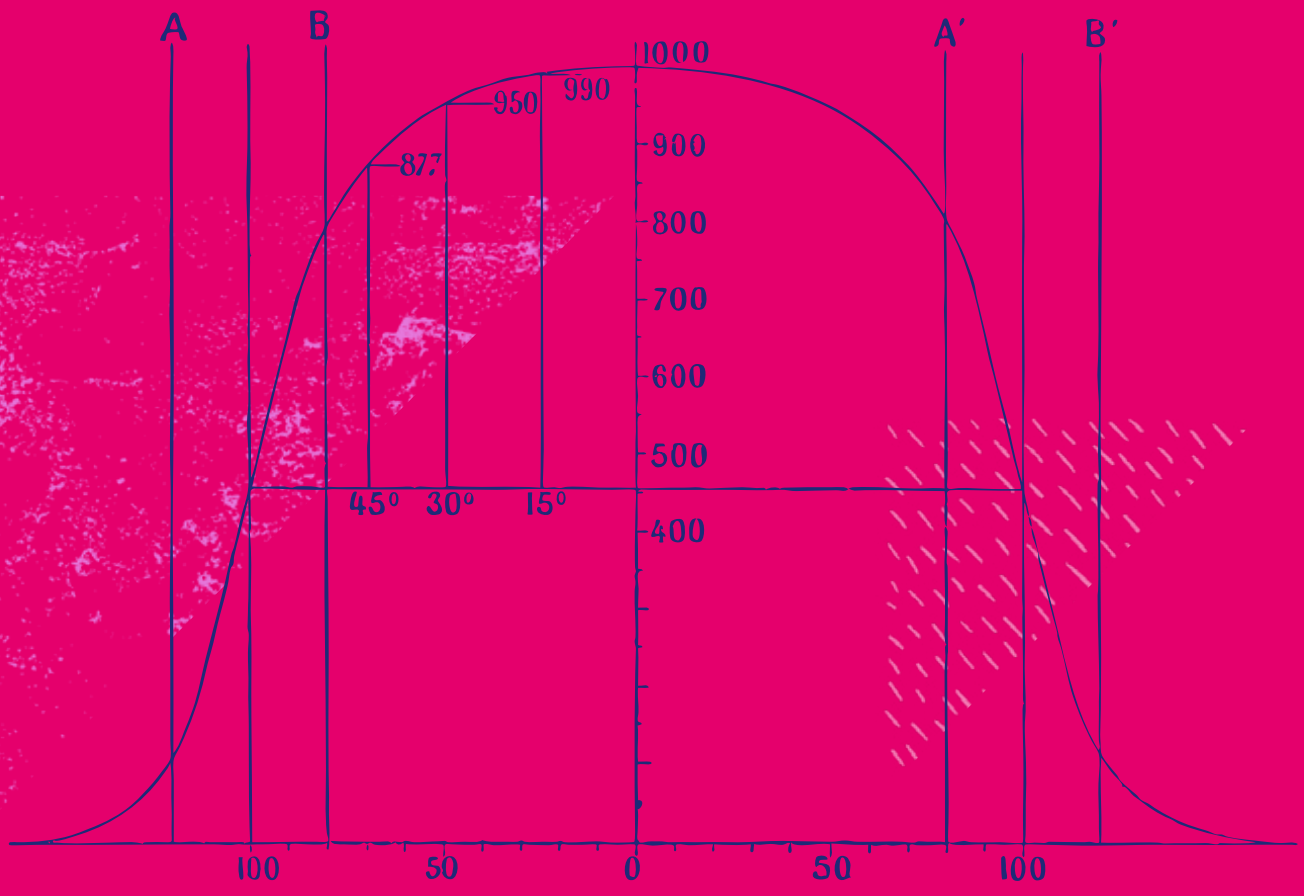
4 ***Recherchiere Informationen, wie die Steine damals transportiert wurden, und vergleiche sie mit deiner Erklärung.***

5 ***Die Erbauer von Stonehenge müssen ziemlich geschuftet haben! Aber wofür? Sammle Erklärungen, warum Stonehenge eigentlich gebaut wurde. (Falls du im Internet recherchierst: Notiere dir alle Websites, die du besuchst, und finde heraus, wer sie betreibt!) Welche Erklärung erscheint dir am plausibelsten? Begründe deine Wahl.***

6 ***Als Historikerin oder Historiker sucht man u. a. nach Erklärungen dafür, wieso die Geschichte so und nicht anders verlaufen ist. Zum Beispiel weshalb in grauer Vorzeit riesige Steine von einem Ort zum anderen bewegt wurden, wieso 1945 über Hiroshima eine Atombombe abgeworfen wurde, warum es 1968 zu Studentenunruhen kam, warum die Wiedervereinigung Deutschlands gelang und so weiter. Wie unterscheidet sich diese Art der Erklärung von den naturwissenschaftlichen Erklärungen, die z. B. Arrhenius suchte? Diskutiert diese Frage in der Klasse.***

MODUL 5

DATEN – GRUNDSTOFF DER MODERNEN WELT



KLASSENSTUFEN 8–10

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Deutsch, Gemeinschaftskunde, Geografie, Geschichte, Mathematik, Medienkunde, Physik, Politik/ Wirtschaft, Sozialkunde

In nahezu allen Lebensbereichen spielen Daten heute eine entscheidende Rolle. Umgangssprachlich wird das Wort „Daten" oft schlicht mit „Tatsachen" oder „Gegebenheiten" gleichgesetzt, beispielsweise als Angabe zum Wohnort. Eine einheitliche wissenschaftliche Definition ist kaum zu finden – alle Fachgebiete nutzen Daten, sie tun das aber auf unterschiedliche Art und Weise. Daten entstehen üblicherweise auf der Basis von Beobachtungen, Messungen, Befragungen oder ähnlichen Methoden.

Heute werden Daten fast immer durch Computer verarbeitet. Sie müssen deshalb in einer Form vorliegen, die für die elektronische Auswertung geeignet ist. Die Leistungsfähigkeit von Computern macht es möglich, enorme Datenmengen zu verarbeiten – das sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die **Interpretation von Daten** der eigentliche Schlüssel ist, um mit Daten sinnvoll und reflektiert umzugehen. Eng damit verbunden ist die Fähigkeit, die **Visualisierung von Daten** durch Diagramme und Grafiken zu verstehen und selbst Datensätze auf diese Weise darzustellen. Beide Aspekte werden in diesem Modul aufgegriffen. Die Methoden der Wettervorhersage heute und in früheren Zeiten bieten sich dabei für eine vergleichende Betrachtung an.

Schülerinnen und Schüler sind wie alle Menschen von einem Netz aus Daten umgeben und sie erzeugen selbst fortlaufend Daten, die für andere zugänglich sind. Dessen sollten sie sich bewusst sein, wenn sie Smartphones oder andere digitale Geräte nutzen. Der Schutz und der sorgfältige Umgang mit persönlichen Daten werden in vielen medienpädagogischen Angeboten aufgegriffen. Die Thematik spielt auch in diesem Modul eine gewisse Rolle, steht aber nicht im Mittelpunkt. Eine Verzahnung mit entsprechenden Materialien (z. B. von **klicksafe.de**) bietet sich an.

Wer Daten verarbeiten will, muss sie zunächst erheben. In einigen Projekten geschieht das mit Unterstützung von Bürgerinnen und Bürgern. Inzwischen sind die „Citizen Sciences" aber weit mehr als nur reine Datensammelprojekte. Sie bieten die Möglichkeit zum Austausch zwischen Wissenschaft und interessierten Laien, sie nutzen und erweitern deren Kompetenzen und beteiligen die Mitwirkenden an der Entwicklung von Fragestellungen. Beispiele dafür werden hier aufgegriffen. Sie können die Schülerinnen und Schüler anregen, selbst Projekte für eine partizipative Wissenschaft zu skizzieren.

Didaktisch-methodische Hinweise

Eine Mind-Map zum Thema Daten, wie sie auf **Arbeitsblatt 1** angeregt wird, könnte vermutlich eine ganze Klassenzimmerwand füllen. Die Schülerinnen und Schüler werden sich auf einzelne Bereiche konzentrieren und können sich beim Zusammenführen ihrer Ergebnisse dessen bewusst werden, wie allgegenwärtig Daten in unserem heutigen Leben sind. Es gibt viele Gründe dafür, dass man Daten erhebt, weitergibt oder nutzt: staatliche und privatwirtschaftliche Planungsprozesse, Kontrolle von Wasser- oder Luftreinhaltung, Analyse von technischen Geräten und Fehlerbehebung, Optimierung von Abläufen aller Art, Kundengewinnung usw. Um den Umgang mit persönlichen Daten im Zusammenhang mit der Nutzung von Smartphones zu thematisieren, wird eine Funktion in der App „Google Maps" herausgegriffen. Der „Standortverlauf" kann dort und auch in anderen Apps des Unternehmens aktiviert werden. Google speichert dann die Standortdaten (Ort, Aufenthaltsdauer, Häufigkeit) und verknüpft sie mit mutmaßlichen Aktivitäten (z. B. Sportgeschäft → Interesse an Sportaktivitäten und -kleidung), um so gezielt Werbung schalten zu können. Das Ergebnis ist ein umfassender Einblick in persönliche Lebensgewohnheiten. Das ermöglicht hochgradig individualisierte Dienste, hat aber auch eine kaum zu kontrollierende Nutzung und Weitergabe persönlicher Informationen zur Folge. Wenn auf diese Weise beispielsweise häufige Aufenthalte bei Fachärztinnen und Fachärzten registriert werden, handelt es sich um sehr sensible Informationen.

Arbeitsblatt 2 lässt sich sehr gut mit **Arbeitsblatt 5** verbinden und gibt Einblicke in die Arbeit des Deutschen Wetterdienstes sowie die datenbasierte Erstellung von Wetterberichten. Letzteres kann hier nur sehr oberflächlich skizziert werden, vertiefende Informationen gibt es auf den Seiten des Deutschen Wetterdienstes (**dwd.de**). Einen leicht verständlichen Überblick über dessen Messnetz findet man auf **wetter.de** (Kurzlink: **https://lmy.de/sdSBz**).

Lösungshinweise zu Arbeitsblatt 1

Aufgabe 2:

1. Die Angaben findet man meistens bei Wikipedia. Sie sollten grundsätzlich zuverlässig sein, aber möglicherweise nicht ganz aktuell. Die Meldebehörden haben verlässliche, aktuelle Daten.
2. Es gibt eine Reihe von Studien zu dem Thema. Umfassend ist z. B. die JIM-Studie des Medienpädagogischen Forschungsverbunds Südwest (**mpfs.de**). Die Nutzungszeiten beruhen hier auf Selbsteinschätzungen – die Werte sind deshalb mit Vorsicht zu betrachten, die Trends von Jahr zu Jahr geben aber ein klares Bild ab.
3. Wettervorhersagen sind für den Zeitraum von wenigen Tagen weitgehend verlässlich. Woher sie ihre Daten beziehen, ist meist nicht einfach herauszufinden. Es handelt sich um eine Vielzahl von Messwerten, die in die Zukunft hochgerechnet werden (vgl. Arbeitsblatt 2).
4. In Krebsregistern sammeln die Bundesländer Daten über Krebserkrankungen. Sie werden vom Zentrum für Krebsregisterdaten (**krebsdaten.de**) zusammengeführt. Dort findet man verlässliche Daten.
5. Der offizielle Medaillenspiegel lässt sich leicht über eine Suchmaschine finden.
6. Dies ist eine Frage, die sich über eine Datenerhebung nicht beantworten lässt. Man könnte höchstens nach den erfolgreichsten Künstlern suchen, z. B. über Verkaufspreise oder die Anzahl von Ausstellungen.

Die Aufgaben verdeutlichen, dass das Wetter für viele Branchen von großer Bedeutung ist. So können Landwirte Aussaat, Bewässerung und Ernte sinnvoller planen, Natur- und Katastrophenschutz, aber auch die Wasserwirtschaft können sich auf Extremwetterereignisse vorbereiten. Die Bauwirtschaft kann wetterabhängige Tätigkeiten planen. Im phänologischen Messnetz des Deutschen Wetterdienstes werden jahreszeitliche Entwicklungen der Vegetation erfasst. Es ist ein Beispiel für Partizipationsmöglichkeiten von Laien und dient u. a. dazu, Menschen mit Allergien vor Pollenflug zu warnen.

An den Aspekt der Partizipation knüpft **Arbeitsblatt 3** an: Es widmet sich Beispielen für Bürgerwissenschaften. Angefangen hat alles mit dem Zählen von Vögeln zur Weihnachtszeit, angeregt durch den amerikanischen Ornithologen Frank Chapman. Die Website zu einem vergleichbaren Projekt in Deutschland bietet einen gut strukturierten Einblick in die Möglichkeiten von Citizen Sciences. Hilfen zum Erkennen von Vögeln und weitere Hintergrundinformationen, eine detaillierte Auswertung der Ergebnisse etwa durch regionale Karten stellen nicht nur ein wissenschaftliches Teilgebiet vor, sie können auch dazu dienen, den konkreten Nutzen und die Methoden wissenschaftlicher Arbeit zu vermitteln.

„Expedition Erdreich" ist ein Citizen-Science-Projekt, entstanden im Zusammenhang mit dem Wissenschaftsjahr 2020|21 – Bioökonomie. Mit verschiedenen Experimenten können Beschaffenheit und Qualität von Böden bestimmt werden. Ergebnisse werden auf die Internetseite hochgeladen und sind in einer Karte einsehbar. Aktuell ist die Teilnahme zwar nicht mehr möglich, aber die Schülerinnen und Schüler können sich auf der übersichtlich aufbereiteten Internetseite **expedition-erdreich.de** gut über Ablauf und Bedingungen informieren, um sich Anregungen für ihre eigenen Projektideen zu holen.

Wer Daten erhebt, muss sie irgendwann auch auswerten. Dabei können sich manchmal ungewöhnliche Übereinstimmungen ergeben – und die verleiten möglicherweise zu voreiligen Schlussfolgerungen. Auf diese Gefahr weist **Arbeitsblatt 4** hin. Dass die Zahl der Storchenpaare in Baden-Württemberg über einen längeren Zeitraum parallel zur Zahl der Geburten gesunken ist, könnte zu der Vermutung führen, dass die Störche tatsächlich irgendwie an der menschlichen Fortpflanzung beteiligt sind. Die Schülerinnen und Schüler sollten zunächst beschreiben können, welche Fakten sich aus dem Diagramm ableiten lassen, und dann die entsprechenden Aussagen bewerten. Das Beispiel veranschaulicht augenzwinkernd den elementaren Unterschied zwischen Korrelation und Kausalität.

Lösungshinweise zu Arbeitsblatt 4

Aufgabe 1:

a) Trifft nicht zu

b) Trifft zu

c) Trifft nicht zu (allerdings gab es 1968 gegen den Trend mehr Storchenpaare als 1967)

d) Trifft zu

e) Trifft zu

Das Zitat in Aufgabe 2 führt zur Interpretation der Daten. Die These, dass Störche Kinder bringen, steht für eine kausale Beziehung der Datenreihen, ist aber inhaltlich unsinnig. Die Parallelität der Entwicklung ist andererseits so augenfällig, dass man kaum von einem zufälligen Zusammenhang ausgehen kann. Die Lösung liegt in einer gemeinsamen Ursache für beide Entwicklungen: Durch die zunehmende Industrialisierung verschlechterten sich die Lebensbedingungen der Störche, zugleich änderte sich in diesem Zuge auch die Familienplanung der Menschen. Beide Variablen korrelieren, stehen aber nicht in einer direkten kausalen Beziehung. Andere Beispiele für solche indirekten Zusammenhänge lassen sich konstruieren: Wenn die Zahl der Sonnenbrände in der Bevölkerung abnimmt, wird häufiger in Häuser eingebrochen (weniger Sonne bzw. dunkle Jahreszeit als gemeinsame Ursache). Dies ist ein Beispiel für eine negative Korrelation: Die Variablen verhalten sich gegenläufig. Aus Gründen der Vereinfachung wurde diese Form der Korrelation aus den Erklärungen auf dem Arbeitsblatt herausgenommen.

Arbeitsblatt 5 greift noch einmal das Wetterthema auf. Die historische Perspektive zeigt einerseits, wie radikal unser heutiger, datengestützter Umgang mit dem Thema von früheren Prognoseversuchen abweicht. Andererseits wird auch hier deutlich, wie elementar eine Unterscheidung zwischen Kausalität und Korrelation ist. Manche Bauernregeln fassen wiederkehrende Beobachtungen zu scheinbar kausalen Verknüpfungen zusammen. Dabei können Hoffnungen eine Rolle spielen (ein sonniger Neujahrstag lässt die Menschen auf ein gutes Jahr hoffen). Die Bezeichnung „Bauernregel" weist darauf hin, dass das Wetter gerade für die Landwirtschaft eine existenzielle Bedeutung hat. In fast allen Bauernregeln geht es um Korrelationen, nicht um Kausalität. Letztere könnte man nachweisen, indem man z. B. für eine Häufung bestimmter Wetterlagen physikalische Ursachen findet (z. B. wenn eine jahreszeitlich bedingte Erwärmung des Meeres zu mehr Wirbelstürmen führt). Grundlage dafür wären Messungen und mehrjährige Beobachtungen.

Die Vorgehensweise des italienischen Priesters und Physikers Giuseppe Toaldo ist in diesem Zusammenhang interessant: Er unternimmt den wichtigen Schritt von der subjektiven Einzelwahrnehmung hin zur systematischen Reihenbeobachtung. Bezüglich des Wetters sieht er allerdings eine Analogie, die nicht existiert: Wenn der Mond Ebbe und Flut (also das Wasser) beeinflusse, dann könne er ja auch Veränderungen in der Luft verursachen. Ein unmittelbarer Einfluss des Mondes auf das Wetter ist bis heute nicht nachgewiesen.

Arbeitsblatt 6 rückt einen weiteren Aspekt im Umgang mit Daten in den Mittelpunkt: ihre Darstellung im Diagramm, hier am Beispiel der Verteilung von Größenmessungen. Die Schülerinnen und Schüler sollen zunächst wieder das Diagramm beschreiben bzw. erklären und können dann Messwerte aus ihrer eigenen Lerngruppe ermitteln und einfügen. Wegen der geringen Zahl empfiehlt es sich, auf eine Differenzierung nach Geschlecht zu verzichten.

Lösungshinweise zu Arbeitsblatt 6

Aufgabe 1:

a) Trifft zu

b) Trifft nicht zu

c) Trifft zu

d) Trifft zu (bei den Frauen gibt es weniger Varianz)

e) Kann man nicht beantworten, weil das Diagramm dazu keine Angaben enthält

Aufgabe 3 zielt auf den Nutzen von derartigen Datensammlungen ab. Das Wissen über zu erwartende Verteilungen kann hilfreich sein: Beispielsweise kann es bei der Gestaltung von Räumen (z. B. Anordnung von Handgriffen, Raumhöhen) Orientierung geben, um einer möglichst großen Zahl von Menschen gerecht zu werden.

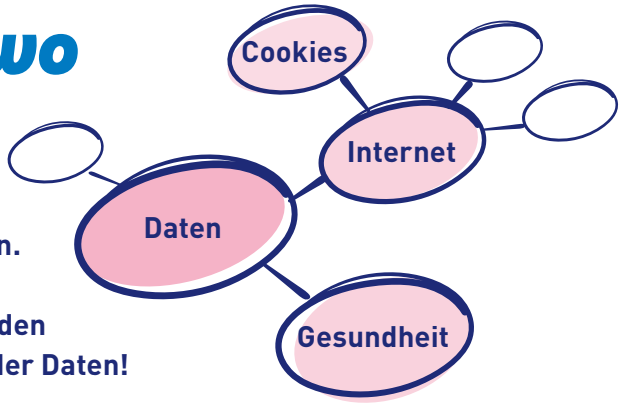
Die abschließende Frage ist sehr anspruchsvoll, eine „Masterfrage". Manche Messwerte wie Schuhgröße sind normalverteilt. Einkommen ist nicht normalverteilt – es gibt viele Menschen, die wenig verdienen, und wenige, die sehr viel verdienen. Bei Intelligenz kommt es darauf an, auf welche Weise dieses komplexe Phänomen gemessen und in eine Werteskala übertragen wird.

ARBEITSBLATT 1

45 min

MODUL: DATEN

Was sind Daten und wo kommen sie her?



Im täglichen Leben geht fast nichts mehr ohne Daten. In vielen Bereichen bilden Daten die Grundlage für wichtige politische Entscheidungen, in anderen werden sie kommerziell genutzt. Begebt euch auf die Spur der Daten!

Wer hat die Daten?

Viele Daten finden sich im Internet. Aber wo? Und sind sie zuverlässig? Sechs Fragen zum Recherchieren:

1. Wie viele Menschen leben in eurer Heimatstadt?
2. Wie viele Stunden am Tag beschäftigen sich Jugendliche mit dem Smartphone?
3. Wie wird das Wetter morgen?
4. Wie viele Menschen in Deutschland sind im Jahr 2021 an Krebs erkrankt?
5. Welches Land war bei den Olympischen Winterspielen 2022 am erfolgreichsten?
6. Welcher Künstler malt die besten Bilder?

Dein Smartphone als Datensammelmaschine

Wahrscheinlich hast du wie fast alle Jugendlichen ein eigenes Smartphone. Wenn du in der App „Maps" von Google den Standortverlauf aktivierst, sammelt Google alle Standortdaten und kombiniert sie mit deinen mutmaßlichen Aktivitäten an diesen Orten (Einkaufen, Essengehen, Sport, Kultur, Gesundheit). Diese Daten sind für Google sehr wertvoll.

Wie schützt du deine persönlichen Daten? Nenne ein Beispiel und diskutiere es mit deinen Mitschülerinnen und Mitschülern.

AUFGABEN

1 ***Arbeitet in Gruppen. Legt eine Mind-Map zum Begriff „Daten" an. Findet Themenbereiche wie „Gesundheit", in denen Daten gesammelt werden, und tragt ein, um welche Daten es sich jeweils handelt. Erstellt eine Liste mit den Gründen, warum Daten gesammelt werden.***

2 ***Wer hat die Daten? Wählt zwei der sechs Fragen aus und beschreibt, welche Daten zur Beantwortung dieser Fragen benötigt werden. Überlegt, wo man diese Daten finden kann. Notiert die Quelle und versucht, ihre Zuverlässigkeit einzuschätzen. Welche Informationen können die Daten nicht liefern?***

3 ***Lest den Text über die Datensammelmaschine Smartphone. Überlegt, warum die Daten aus dem Standortverlauf für Google so wertvoll sind. Expertinnen und Experten halten die Vorgehensweise von großen Tech-Unternehmen für problematisch. Nennt Gründe dafür und diskutiert, ob es besser ist, diesen Dienst zu deaktivieren.***

ARBEITSBLATT 2

45 min MODUL: DATEN

Wetterdienst und Datensammlung

Wettervorhersagen sind in den letzten Jahrzehnten deutlich zuverlässiger geworden. Das hat viel mit veränderten Methoden zu tun. Findet heraus, wie Wetterfrösche in die Zukunft sehen.

Der **Deutsche Wetterdienst** ist eine Bundesbehörde mit Sitz in Offenbach am Main. Neben der Wettervorhersage hat er noch andere wichtige Aufgaben: So warnt der Wetterdienst vor Unwettergefahren wie Stürmen, Hochwasser, Lawinen und Hitzewellen. Er erstellt spezielle Meldungen für die Schifffahrt und den Luftverkehr. Außerdem beobachtet der Wetterdienst das Klima in Deutschland und bewertet die Veränderungen. Dafür sind große Mengen an Daten notwendig, die den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern übermittelt werden.

Auch die aktuelle **Wettervorhersage** beruht auf Tausenden von Daten zu Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegungen. Sie werden in einem weltumspannenden Netz aus Messpunkten fortlaufend an den Wetterdienst übertragen. Aus dem jeweils aktuellen Ausgangszustand berechnen Computerprogramme die Entwicklungen der nächsten Stunden und Tage. Dabei greifen die Programme auf physikalische Zusammenhänge und frühere Wetterentwicklungen zurück. Je weiter die Vorhersagen in die Zukunft schauen wollen, umso wichtiger ist es, dafür auch das Wetter in anderen Ländern oder sogar anderen Kontinenten einzubeziehen. Schon für Vorhersagen über fünf Tage muss das Wettergeschehen auf der ganzen Erde einberechnet werden.

AUFGABEN

1 ***Sieh dir die Bilder zum Thema Wetterdaten an. Welche weiteren Orte für Wettermessungen kennst du? Notiere mindestens drei Beispiele.***

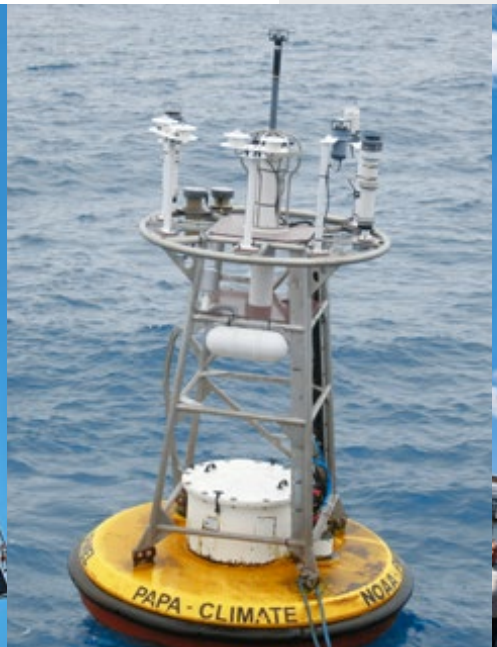
2 ***Beschreibe in eigenen Worten, wie ein Wetterbericht entsteht.***

3 ***Der Wetterdienst liefert Daten und Informationen für ganz verschiedene Zielgruppen. Sieh dir die Liste an und beschreibe, welche Daten jeweils gebraucht werden und wofür.***

- Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer
- Bauwirtschaft
- Freizeitgärtnerinnen und -gärtner
- Landwirtschaft
- Naturschutzvereine
- Katastrophenschutz
- Wasserwirtschaft

4 ***Finde heraus, was das „phänologische Messnetz" ist und wie sich Bürgerinnen und Bürger hier beteiligen können. Wie kann der Deutsche Wetterdienst damit Personen mit Heuschnupfen helfen?***







ARBEITSBLATT 3

MODUL: DATEN

Bürgerwissenschaften: Daten sammeln und mehr

Daten haben für die Wissenschaft eine große Bedeutung. Schon lange beteiligen sich auch Laien an der Sammlung von Daten. Dies ist aber längst nicht die einzige Art, wie sich Menschen an den sogenannten Bürgerwissenschaften („Citizen Sciences") beteiligen können.

Weihnachtliches Vogelzählen: Im Dezember 1900 schlug der amerikanische Ornithologe Frank Chapman vor, statt der traditionellen Weihnachts-Vogeljagd die Tiere zu zählen. Im ersten Jahr beteiligten sich 27 Beobachterinnen und Beobachter. Bis heute wird diese Zählung durchgeführt, im Winter 2020/21 beteiligten sich mehr als 52.000 Menschen weltweit. Es ist damit das älteste Citizen-Science-Projekt der Welt. In Deutschland gibt es ein ähnliches Projekt: die „Stunde der Wintervögel" (**nabu.de**).

Expedition Erdreich: Ein gesunder Erdboden ist lebenswichtig für Tiere, Pflanzen und Menschen. Bei der Expedition Erdreich können Bürgerinnen und Bürger mit einfach durchführbaren Experimenten die Qualität des Bodens untersuchen – in Gärten, auf Äckern oder in der freien Natur. Unter anderem werden Teebeutel vergraben und nach drei Monaten wieder aus dem Boden geholt, getrocknet und gewogen. Ergebnisse können auf einer Website gespeichert und ausgewertet werden. Die Wissenschaft nutzt sie zur Verbesserung von Boden- und Klimamodellen. (**expedition-erdreich.de**)

Euer Projekt

Welche Daten werden gesammelt?

Um welche Fragestellungen geht es?

Wie können sich Laien einbringen?

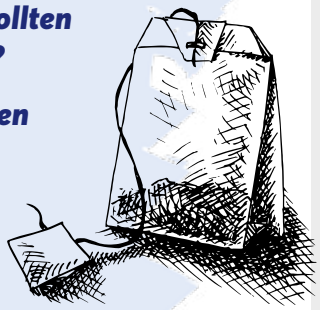
Welches Wissen sollten Laien mitbringen?

Wie können Laien profitieren?

Welchen Nutzen hat die Wissenschaft?

Kannst du dir vorstellen, warum Laien mitmachen?





AUFGABEN

1 ***Arbeite mit einer Lernpartnerin oder einem Lernpartner zusammen. Wählt eines der beiden skizzierten Projekte aus und beantwortet die Fragen.***

2 ***Jetzt seid ihr dran: Entwickelt ein eigenes Citizen-Science-Projekt. Wählt ein Thema, an dem sich viele Menschen beteiligen können. Beantwortet auch zu eurem eigenen Projekt die Fragen. Überlegt, welchen gesellschaftlichen und/oder persönlichen Nutzen euer Projekt hat.***

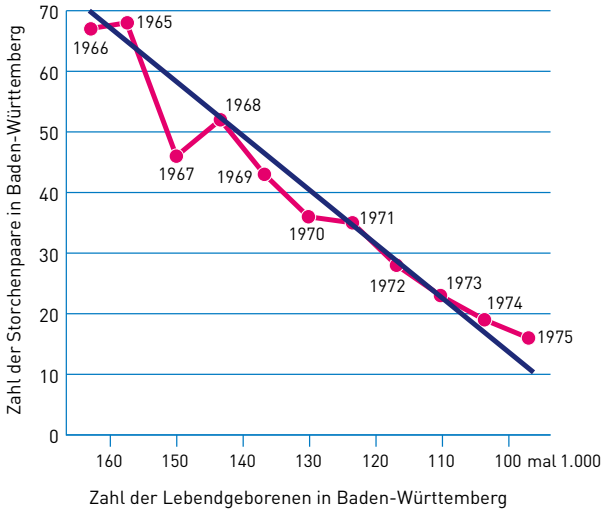
ARBEITSBLATT 4

MODUL: DATEN

Störche und Babys

Beim Messen und Zählen entstehen viele Daten und oft zeigen sich erstaunliche Zusammenhänge. Das scheint auch in dem Beispiel auf diesem Arbeitsblatt der Fall zu sein. Storchenpaare und Geburten – hat das etwas miteinander zu tun?

Anzahl der Storchenpaare und der Geburten in Baden-Württemberg



Quelle: H.-D. Taubert/H. Kuhl: Kontrazeption mit Hormonen. Stuttgart 1981.

Prüfe die Aussagen!

Aussage	Trifft zu	Trifft nicht zu
a) In den 1970er-Jahren ist die Zahl der Storchenpaare gestiegen.		
b) Im beobachteten Zeitraum gab es in jedem Jahr mehr als 10 Storchenpaare, jedoch nie mehr als 80.		
c) 1968 wurden in Baden-Württemberg mehr Kinder geboren als 1967.		
d) Die höchste Zahl der jährlichen Geburten lag bei etwa 160.000 in den Jahren 1965 und 1966.		
e) Die diagonale Linie zeigt einen Trend: Die Zahl der Geburten und die Zahl der Storchenpaare nehmen ab.		

Korrelation und Kausalität

Zwei Merkmale (Variablen) können unabhängig voneinander sein oder in einem Zusammenhang stehen. Von Korrelation spricht man, wenn zwei Variablen A und B gleichzeitig ansteigen oder abnehmen. Dabei ist jedoch nicht gesagt, dass A ansteigt, weil B größer wird, d. h. dass B die Ursache ist für A. Besteht zwischen zwei Variablen ein Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, spricht man von Kausalität. Es ist nicht einfach, zwischen Korrelation und Kausalität zu unterscheiden, weil oft nicht klar ist, ob die zwei Variablen einander beeinflussen.

AUFGABEN

1 ***Schau dir die Grafik zur Anzahl von Störchen und Geburten in Deutschland an. Notiere in Stichpunkten, welche Informationen du daraus ablesen kannst. Kreuze an, ob die Aussagen zur Grafik zutreffen.***

2 ***Diskutiere mit einem Lernpartner oder einer Lernpartnerin folgende Aussage: „Die Zahlen beweisen, dass Störche Kinder bringen." Überlegt, welche Gründe es für die Entwicklung bei der Storchenpopulation und bei den Geburten geben kann. Formuliert eine Vermutung.***

3 ***Für die Grafik oben wurden Daten benötigt. Welche Daten sind das und wie wurden sie vermutlich erhoben? Wie könntet ihr eure Vermutung über die tatsächlichen Ursachen prüfen?***

4 ***Lest den Text über Korrelation und Kausalität. Erläutert mit diesem Wissen die Grafik zu Störchen und Geburten. Fällt euch ein anderes Beispiel ein, bei dem Korrelation und Kausalität verwechselt werden könnten?***

ARBEITSBLATT 5

45 min

MODUL: DATEN

Bauernregeln und Mondtheorien

Das Wetter ist immer ein Thema – ganze Wirtschaftszweige sind davon abhängig. Kein Wunder, dass die Menschen schon vor langer Zeit versucht haben, mit Hilfe von Beobachtungen und Aufzeichnungen Aussagen über das Wetter zu formulieren.



Giuseppe Toaldo und die Bauernregeln

Bauernregeln sind Sprüche über das Wetter, die oft mit der Landwirtschaft verbunden und gereimt sind. Sie wurden zunächst mündlich weitergegeben, später auch gedruckt. Besonders seit dem 17. Jahrhundert bemühten sich Forschende, das Wetter besser zu verstehen und die Vorhersage auf sichere Füße zu stellen. So auch der italienische Priester und Physiker **Giuseppe Toaldo (1719–1797)**.

„Ich will unbedingt herausbekommen, wie ich das Wetter besser vorhersagen kann. Das ist so wichtig, besonders für den Feldbau. Seit 50 Jahren schreibe ich jetzt meine Beobachtungen auf, jeden Tag. Ich messe mit dem Thermometer und dem Barometer, ich prüfe die Menge der Wolken am Himmel und sammle das Regenwasser. Eine große Menge an Daten ist so zusammengekommen. Damit kann ich nun endlich herausfinden, ob es Regelmäßigkeiten beim Wetter gibt. Durch meine Tabellen konnte ich beweisen, dass der Mond großen Einfluss auf den Luftdruck hat. Zum Beispiel: Von 1106 Neumonden, die ich beobachtete, veränderte sich in 950 Fällen am nächsten Tag das Wetter, und nur in 156 Fällen blieb es gleich. Damit kann man 6 gegen 1 wetten, dass der Neumond das Wetter ändert.“[1]

[1] *Diese Aussage ist kein wörtliches Zitat von Toaldo – er hätte es aber ungefähr so sagen können.*

AUFGABEN

1 ***Lies die gereimten Sätze über das Wetter. Kennst du ähnliche Bauernregeln? Überlege, warum Bauernregeln so heißen, wie sie heißen (und nicht zum Beispiel Bäckerregeln).***

2 ***Mit dem Wissen aus Arbeitsblatt 4: Werden hier Korrelationen oder Kausalitäten beschrieben? Notiere in Stichworten, wie du vorgehen würdest, um solche Regeln zu überprüfen.***

3 ***Lies die Aussage von Giuseppe Toaldo und gib in eigenen Worten wieder, welche Informationen er über das Wetter gesammelt hat. Was machte er anders als die Erfinder von Bauernregeln?***

4 ***Toaldo berechnete aus seinen Daten einen Zusammenhang zwischen Wetterveränderungen und dem Stand des Mondes. Ist das eine Korrelation oder eine Kausalität? Begründe deine Einschätzung.***

5 ***Toaldo schrieb zum Zusammenhang von Wetter und Mond Folgendes: „Ich fange bey der Ebbe und Fluth an, und nehme als erwiesen an, daß der Mond nicht nur die tägliche Ebbe und Fluth im Ozean, sondern auch […] Veränderung in der Luft verursache.“[2] Erkläre mit eigenen Worten, warum Toaldo einen Zusammenhang von Wetter und Mond vermutet. Hältst du seine Theorie für gut begründet? Begründe deine Einschätzung.***

[2] *Toaldo (Steudel): Witterungslehre für den Feldbau. Digitalisat unter www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb10299293?page=,1, S. 88.*

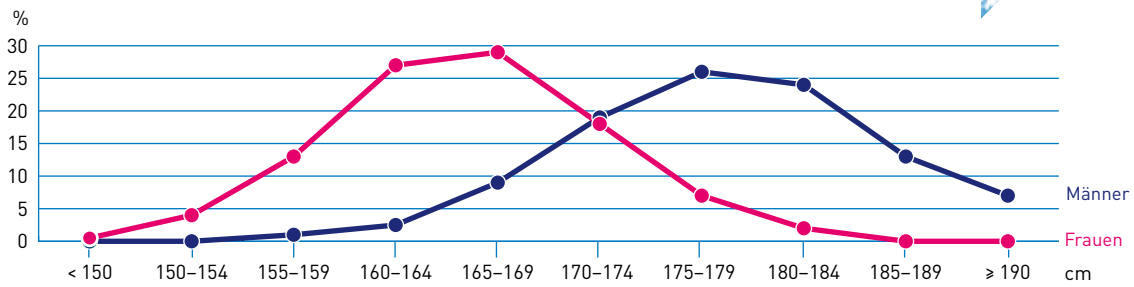
MODUL: DATEN

ARBEITSBLATT 6

Menschen vermessen – die Verteilung von Daten

Daten zu menschlichen Eigenschaften oder Verhaltensweisen können auf verschiedene Weise dargestellt werden. Liniendiagramme sind hilfreich, wenn man sich für die Verteilung der Daten in der Bevölkerung interessiert.

Körpergröße der Bundesbürgerinnen und Bundesbürger



Quelle: Sozioökonomisches Panel; zitiert nach: https://de.wikipedia.org/wiki/Körpergröße_eines_Menschen

Prüfe die Aussagen!

Aussage	Trifft zu	Trifft nicht zu
a) Etwa 9 Prozent der männlichen Bundesbürger sind zwischen 165 und 169 cm groß.		
b) Alle Frauen sind kleiner als Männer.		
c) Mehr als die Hälfte der Bundesbürgerinnen sind 160–174 cm groß.		
d) Bei Frauen ist die Verteilung der Körpergrößen einheitlicher als bei Männern.		
e) Für diese Statistik wurden mehr Daten von Frauen erhoben als von Männern.		

AUFGABEN

1 ***Betrachte die Grafik und beschreibe in eigenen Worten, welche Informationen sie enthält. Was bedeuten die Beschriftungen der x- und der y-Achse? Kreuze an, welche der Aussagen zur Grafik falsch und welche richtig sind.***

2 ***Sammelt die Körpergrößen aller Schülerinnen und Schüler in eurer Klasse. Trage die Daten in die Tabelle ein und zeichne eine zusätzliche Kurve in das Diagramm ein. Beschreibe das Ergebnis.***

3 ***Überlege, welche Vorteile es haben kann, wenn man die Verteilung von Eigenschaften wie Körper- oder Schuhgröße in der Bevölkerung kennt.***

4 ***Wenn Daten so verteilt sind, dass die grafische Darstellung annähernd so aussieht wie eine Glocke, spricht man von „normalverteilten" Daten. Überlege, ob diese Normalverteilung auch für andere Merkmale gilt: Schuhgröße, Einkommen, Intelligenz.***

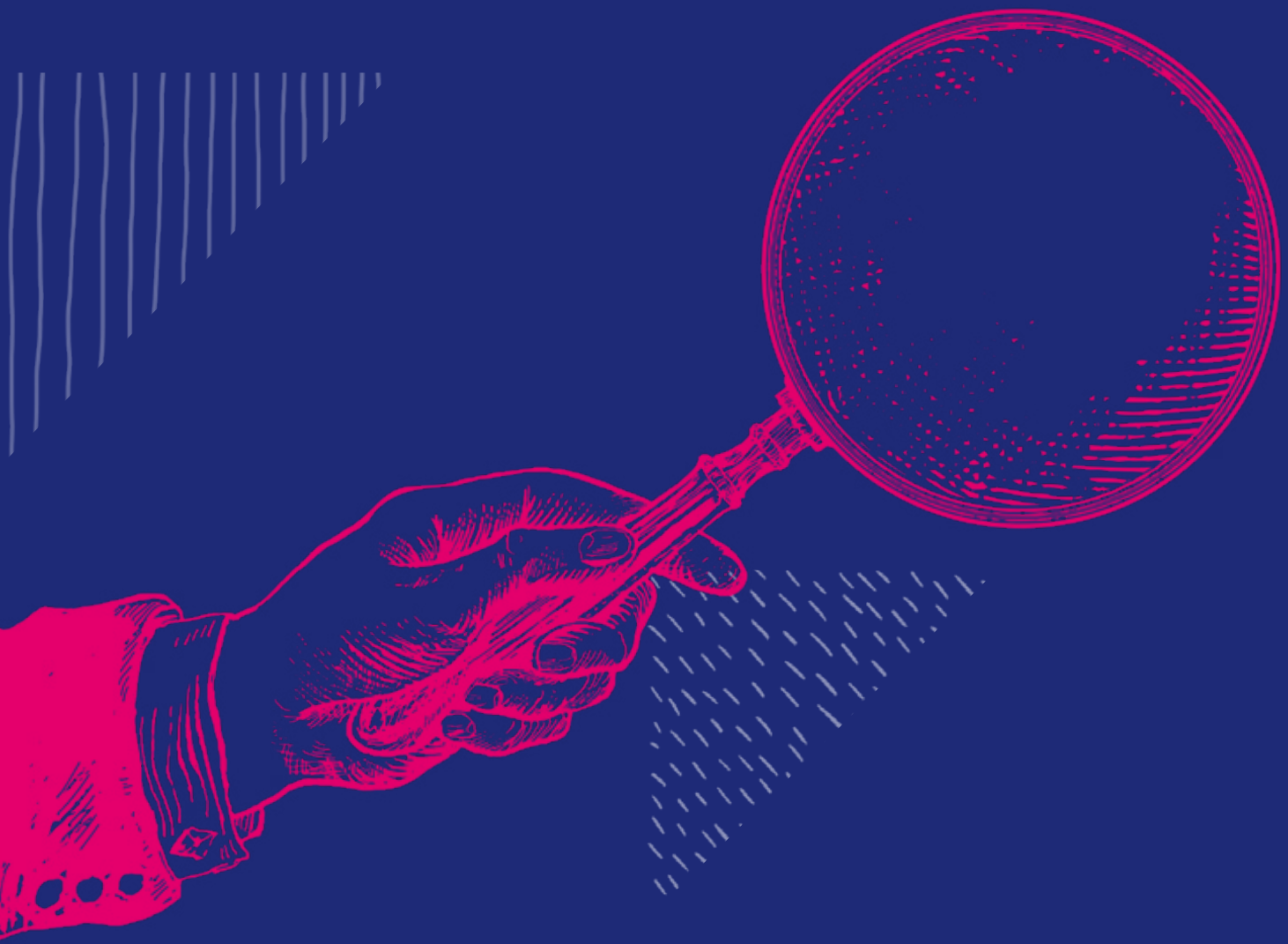
Körpergrößen in eurer Klasse

< 150	150–154	155–159	160–164	165–169	170–174	175–179	180–184	≥ 185

MODUL 5

MODUL 6

BEOBACHTUNG – DIE WELT UNTER DER LUPE



SEKUNDARSTUFE II

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Biologie, Deutsch, Geschichte, Sozialwissenschaften

Das Beobachten spielt in vielen wissenschaftlichen Disziplinen eine wichtige Rolle. So wurden in der Geschichte der Wissenschaften ganz unterschiedliche Dinge beobachtet, wie z. B. das Wetter, die Sterne, Tiere, Menschen und noch vieles mehr.

Dieses Beobachten unterscheidet sich vom bloßen Hingucken. Wissenschaftliche Beobachtung ist nämlich immer an theoretische Voraussetzungen und Vorannahmen gebunden. Diese wirken wie eine „Brille", die bestimmte Aspekte der Beobachtung scharf stellt und filtert. Solche Vorannahmen bestimmen auch, in welcher Form die Beobachtungen festgehalten werden, z. B. als Beschreibung im Fließtext, als Strichliste, als Film. Werden Beobachtungen als Quantitäten festgehalten, ist der Übergang zwischen Beobachten, Zählen und Messen fließend. Alle diese Tätigkeiten generieren Daten. Da aber auch die quantifizierende Beobachtung durch Vorannahmen und Theorien gelenkt wird, ist sie nicht unbedingt „objektiver".

In diesem Modul steht die Beobachtung von Menschen im Mittelpunkt. Anhand historischer Beispiele wird aufgezeigt, wie und warum Menschen in der Geschichte der Wissenschaften beobachtet wurden. Dabei wird deutlich, dass dies besondere Schwierigkeiten mit sich bringt, z. B. in der Frage nach der angemessenen Distanz der Beobachtenden zum Beobachtungsobjekt und die damit möglicherweise verbundenen ethischen Probleme.

- Das erste Beispiel, die **Verhaltensbiologie des Menschen** (= Humanethologie) in den 1970er-Jahren, regt zur Auseinandersetzung mit ethischen Fragen bezüglich der verdeckten Beobachtung von Menschen an: Darf man überhaupt Menschen beobachten, wenn sie nichts davon wissen? Das Beispiel zeigt darüber hinaus, dass eigene Werte und Normen in die Beobachtung von Menschen einfließen können.
- Einen methodischen Kontrast bietet das zweite Beispiel, die **Teilnehmende Beobachtung** nach Florence Kluckhohn in der Ethnologie der 1940er-Jahre. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten die Unterschiede zur Verhaltensbiologie heraus und verstehen, dass mit unterschiedlichen Herangehensweisen an die Beobachtung von Menschen ganz verschiedene Fragen beantwortet werden können.
- Im dritten Beispiel – die **Teilnehmende Beobachtung in den 1970er- und 1980er-Jahren** – wird gezeigt, wie diese Methode im Laufe des 20. Jahrhunderts weiterentwickelt wurde, indem z. B. ethischen Bedenken Rechnung getragen und die Methode stärker standardisiert wurde.
- Schließlich wird an einem aktuellen Beispiel, dem **EMPOW-Projekt**, gezeigt, dass die Beobachtung von Menschen in den Sozialwissenschaften immer noch eine Rolle spielt. Mit der Partizipation der Beobachteten wird heutzutage allerdings ein anderer Schwerpunkt gesetzt.

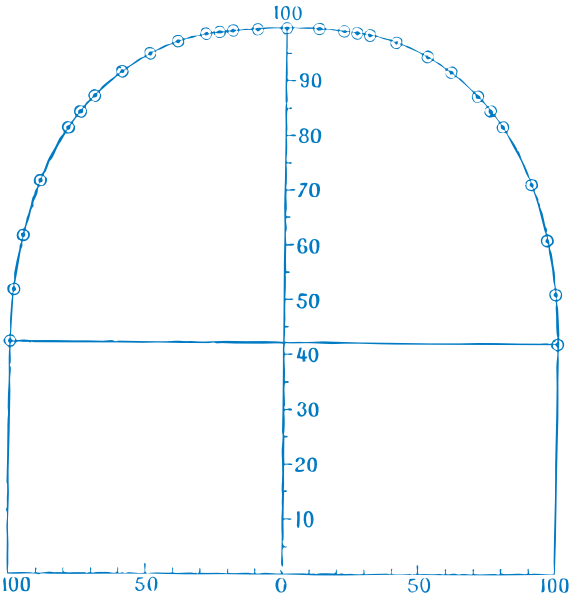
Didaktisch-methodische Hinweise

Mit Hilfe von **Arbeitsblatt 1** nähern sich die Schülerinnen und Schüler dem Thema „Beobachtung" durch Reflexion über die Bedeutung von Beobachtung im Alltag und in der Wissenschaft: Was bedeutet es überhaupt zu beobachten? Anhand von zwei praktischen Übungen werden die unterschiedlichen Voraussetzungen bei Beobachtungen von unbelebten vs. belebten Objekten reflektiert. Zunächst wird ein unbelebtes Objekt beobachtet und die Ergebnisse werden verglichen und ausgewertet. Dabei besteht die Möglichkeit, dass sich die Schülerinnen und Schüler selbst ihr Beobachtungsprojekt auswählen oder die Lehrkraft verschiedene Objekte zuteilt.

In einem zweiten Schritt starten die Schülerinnen und Schüler ein Projekt an ihrer Schule und beobachten auf dem Schulhof ihre jüngeren Mitschülerinnen und Mitschüler. Dabei wird deutlich, dass eine Trennung von Beobachtung und Interpretation im Zusammenhang mit der Beobachtung von Menschen besonders schwer fällt. Es schließt sich die Reflexion über eine möglicherweise zu erreichende Objektivität beim Beobachten an. Dabei wird die Frage diskutiert, ob Quantifizierung solche Beobachtungen „objektiver" macht. Die Problematik des Begriffs „Objektivität" zeigt sich hier deutlich: Wir beobachten immer durch „unsere Brille". Quantifizierung kann dabei nützlich sein, ist aber nicht der Schlüssel zu „mehr Objektivität".

Hinweis zum Projekt: Es besteht die Möglichkeit, dass die Gruppe bemerkt, dass sie beobachtet wird, und sich dann anders verhält. Dieses grundsätzliche Problem ethologischer Feldforschung könnte mit den Schülerinnen und Schülern diskutiert werden.

Mit dem **Arbeitsblatt 2** wird eine erste Methode der Beobachtung in der Geschichte der Wissenschaft vorgestellt: die Verhaltensbiologie des Menschen (= Humanethologie) in den 1970er-Jahren. Der Bildimpuls regt zum Nachdenken über die Art und Weise an, wie der Verhaltensbiologe Irenäus Eibl-Eibesfeldt beobachtete. Dies kann mit Hilfe der Textquelle, einer Beschreibung der von ihm beobachteten Gruppe, vertieft werden. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben dabei die Sozialstruktur der Gesellschaft, in der sie leben. Anschließend stellen sie diese der von Eibl-Eibesfeldt beobachteten Gruppe gegenüber und reflektieren ihre eigene Darstellung. Der Vergleich mit der Textquelle verdeutlicht, dass Beobachtungen immer manche Sachverhalte vernachlässigen und dass diese Auswahl auch, aber nicht nur von Werten und Normen der beobachtenden Person gesteuert wird. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass Vorannahmen wie eine „Brille" wirken, die bestimmte Aspekte der Beobachtung scharf stellt und filtert. In diesem konkreten Fall handelt es sich um die „theoretische Brille" der Evolutionstheorie, da bei der Verhaltensbiologie menschliches Verhalten oft im Lichte seines Nutzens für evolutionäre Prozesse beurteilt wird. Abschließend werden die Schülerinnen und Schüler dazu angeregt zu diskutieren, ob diese Form der verdeckten Beobachtung ethisch-moralisch vertretbar ist.



Ergänzender Hinweis zum historischen Kontext: In den Jahren nach 1968 wurden in Europa traditionelle Familienkonstellationen vielfach kritisiert und als „spießig" abgelehnt. Eibl-Eibesfeldt gehörte nicht zu den Kritikern. In der Textstelle schwingt der Wunsch mit zu zeigen, dass Einehe und Kleinfamilie auch in anderen Kulturen gelebt werden und dass diese Lebensform der menschlichen Natur entspricht. Im Vergleich zur Beschreibung der eigenen Sozialstruktur werden ggf. Familienkonstellationen sichtbar, über die wir im Zitat nichts erfahren.

Eine andere Methode der Beobachtung wird mit **Arbeitsblatt 3** erarbeitet: die Teilnehmende Beobachtung nach Florence Kluckhohn. Im Gegensatz zur Humanethologie geht es hier um die „bewusste und systematische Teilnahme" am Leben der zu beobachtenden Gruppe. Durch diesen unmittelbaren Kontakt gewinnt man Einblick in das Verhalten der Gruppenmitglieder. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten in diesem Zusammenhang die besondere Bedeutung der „Rolle", die die beobachtende Person als Mitglied der beobachteten Gemeinschaft einnimmt. Dabei bleibt die Beobachtung verdeckt, da alle Gruppenmitglieder die beobachtende Person in ihrer Rolle als Mitglied der Gemeinschaft wahrnehmen. Mit Aufgabe 3 reflektieren die Schülerinnen und Schüler anschließend die Möglichkeiten und Grenzen der Teilnehmenden Beobachtung durch die Übertragung auf die eigene Lebenswelt.

Abschließend werden die Beobachtungsmethoden von Eibl-Eibesfeldt und Kluckhohn gegenübergestellt. Die Schülerinnen und Schüler überlegen dabei, welche Art von Fragen mit der jeweiligen Methode beantwortet werden können: Eibl-Eibesfeldt richtet den Blick vor allem auf universell menschliches Verhalten und menschliche Biologie, Kluckhohn fragt dagegen nach individuellen Gründen und kulturellen Zusammenhängen.

Dass solche Methoden im Laufe der Zeit weiterentwickelt werden, erarbeiten die Schülerinnen und Schüler auf dem **Arbeitsblatt 4**. Hier wird die Teilnehmende Beobachtung in den 1970er- und 1980er-Jahren anhand einer sozialwissenschaftlichen Studie vorgestellt. Die Textquellen beinhalten Auszüge aus der Studie, die Anfang der 1970er-Jahre in deutschen Jugendtreffs durchgeführt wurde. Auch hier sind die Beobachterinnen und Beobachter, in diesem Fall Studierende der Sozialwissenschaften, Mitglieder der zu beobachtenden Gruppe und agieren als solche. Ziel der Studie war u. a., zu einer Standardisierung der Methode beizutragen.

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten die Gruppenstruktur mit Hilfe einer Mind-Map und vergleichen anschließend die Auszüge. Während Auszug 1 eine Beschreibung und eine Auswertung der Beobachtung zeigt, vermittelt Auszug 2 die Beobachtung unmittelbar aus Sicht einer beobachtenden Person. Durch das Sammeln von Forschungsfragen, die mit dem empirischen Material aus der Studie beantwortet werden können, reflektieren die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeiten und Grenzen der Methode der Teilnehmenden Beobachtung in ihrer weiterentwickelten Form. Durch den Vergleich mit der Methode, wie sie 1940 von Kluckhohn vorgestellt wurde, wird die Entwicklung und Veränderung dieser Forschungsmethode konkret thematisiert. Gemeinsamkeiten sind das Verhalten der Beobachterinnen und Beobachter als Mitglieder der zu beobachtenden Gruppe und das „verdeckte" Arbeiten. Unterschiede sind die verstärkte Standardisierung in der Freizeitheimstudie, indem die Beobachterinnen und Beobachter vom Versuchsleiter genau angeleitet und Beobachtungskriterien festgelegt werden. Die Heimleitung ist informiert und die „Verdeckung" somit nicht vollständig.

In diesem Modul dreht sich vieles um sozialwissenschaftliche Arbeitsweisen und Forschungsansätze. Auf forschungsboerse.de haben sich viele Soziologinnen und Soziologen oder Politikwissenschaftlerinnen und Politikwissenschaftler registriert, die Sie für eine Auseinandersetzung mit diesem Modulthema in Ihren Unterricht einladen können.

Mit **Arbeitsblatt 5** lernen die Schülerinnen und Schüler ein Beispiel aktueller Sozialforschung kennen: das EMPOW-Projekt. Bei diesem Projekt geht es darum, gemeinsam mit geflüchteten Personen Gesundheitsförderung für Menschen mit Fluchterfahrung zu entwickeln. Im Gegensatz zur „verdeckten" Beobachtung wird bei der Teilnehmenden Beobachtung jedoch offen agiert. Die Menschen, um die es geht, sind am Entscheidungsprozess direkt beteiligt. Durch den partizipativen Forschungsansatz verändert sich auch die Rolle aller Beteiligten, die als gleichwertige Partnerinnen bzw. Partner einer Gemeinschaft handeln. Durch eine Rechercheaufgabe zu sozialwissenschaftlichen Forschungsprojekten an einer Universität in ihrer Umgebung erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass das EMPOW-Projekt nur eine von vielen Möglichkeiten ist, wie heute Menschen erforscht werden, und dass es auf die im Modul angesprochenen Probleme mit der Beobachtung von Menschen auch ganz andere Antworten gibt.

Abschließend wird vor dem Hintergrund der gewonnenen Erkenntnisse das eigene Projekt vom Beginn des Moduls noch einmal reflektiert: Was würden die Schülerinnen und Schüler ggf. anders machen? Wie würden sie nun beim Beobachten vorgehen? Sind dadurch andere Ergebnisse zu erwarten?



ARBEITSBLATT 1

45 min

MODUL: BEOBACHTUNG

Was ist eine Beobachtung?

Wie viele andere Wörter auch hat das Wort „beobachten“ im Alltag meist eine andere Bedeutung als in der Wissenschaft. Aber was heißt denn nun eigentlich „beobachten“?

AUFGABEN

1 ***Erstellt in der Klasse ein Cluster zum Begriff „Beobachten“. Sammelt Zusammenhänge und Situationen, in denen man von „Beobachten“ sprechen würde. Hat das Wort im Alltag eine positive oder negative Konnotation? Wie ist es in der Wissenschaft?***

Tipp: Ihr könnt das Cluster im Laufe dieser Einheit mit euren Arbeitsergebnissen erweitern.

2 ***Werdet selbst zum Beobachter / zur Beobachterin: Wählt ein Objekt (z. B. eine Wolke, die Tür, die Fensterscheibe, einen Vogel) und beobachtet dieses eine Minute lang. Tauscht euch untereinander über eure Erfahrungen aus: Über welche Art von Objekten könnt ihr etwas lernen, wenn ihr sie lange genug beobachtet?***



3 ***Im Laufe der Zeit wurden neben Objekten natürlich auch Menschen und ihr Verhalten beobachtet. Bevor ihr euch mit Beispielen aus der Wissenschaft beschäftigt, werdet ihr zum Feldforscher / zur Feldforscherin im Schulhaus! Führt das folgende Projekt durch:***

Geht auf den Schulhof, sucht euch eine kleine Gruppe Schülerinnen und Schüler aus und beobachtet diese. Erstellt eine Tabelle mit zwei Spalten. Schreibt zehn Minuten lang in der linken Spalte alles auf, was diese Personen tun.

Sammelt eure Beobachtungen, notiert diese und besprecht sie in der Klasse. Gibt es Notizen, die dadurch zustande kamen, dass ihr euch in die Kinder hineinversetzt habt (z. B. die Person X fühlt sich unwohl)? Ist das vermeidbar?

Sortiert nun eure Notizen: In der linken Spalte bleibt nur, was ihr beobachtet habt. In der zweiten Spalte notiert ihr eure Interpretation des Verhaltens.
Folgende Fragen können euch dabei helfen:
Weshalb tun die Kinder wohl das, was sie tun?
Wie hängen die Handlungen zusammen?

4 ***Wertet euer Projekt anschließend aus: Gelingt es, Beobachtung und Interpretation zu trennen? Notiert eure Gedanken zu dieser Frage.***

5 ***Man könnte auch so beobachten: Die beobachtende Person macht jedes Mal einen Strich, wenn ein bestimmtes Verhalten auftritt. Ist diese Art der Beobachtung „objektiver“? Was bedeutet das überhaupt? Diskutiert diese Fragen im Plenum.***

6 ***Du hast nun anhand von zwei Experimenten erfahren, wie man beobachtet. Überlege: Können wir menschliches Verhalten „besser“ beschreiben oder „schlechter“ als z. B. das Verhalten von Tieren oder Objekten? Schreibe deine Gedanken dazu auf.***

ARBEITSBLATT 2

45 min MODUL: BEOBACHTUNG

Menschen von außen beobachten

Der Verhaltensbiologe Irenäus Eibl-Eibesfeldt verbrachte um 1970 mehrere Monate seiner Forschung bei den !Ko in der Kalahari-Wüste im südlichen Afrika, um die Sozialstruktur und die Verhaltensweisen dieser Volksgruppe zu beobachten.

Verhaltensbiologie des Menschen (Humanethologie)

Um Verhaltensabläufe immer wieder anschauen und mit dem Verhalten von Menschen anderer Kulturen vergleichen zu können, hielt **Irenäus Eibl-Eibesfeldt (1928–2018)** sie auf Film fest. Er filmte mit einem sogenannten „Spiegelobjektiv", mit dem man vor den Personen, die gefilmt werden, verbergen kann, dass man die Kamera gerade auf sie richtet. So versuchte er, möglichst ungestellte Interaktionen festzuhalten und universelle Verhaltensweisen zu finden. Eibl-Eibesfeldt beobachtete stets durch die Brille der Evolutionstheorie. Das heißt, er versuchte, die beobachteten Verhaltensweisen damit zu erklären, dass sie einst für die Vorfahren des Menschen einen Vorteil bedeuteten. Daher wurden sie von der Evolution begünstigt und bis heute vererbt.

Zu seinen Beobachtungen schreibt Eibl-Eibesfeldt:

„Bausteine der !Ko-Horden sind die Familien. Mann und Frau leben in ehiger[1] Verbindung, die in der Regel erst mit dem Tode eines der Partner endet. Gewöhnlich hat ein Mann nur eine Frau; stirbt aber sein Bruder, dann ist er verpflichtet, dessen Frau und deren Kinder zu versorgen, und er lebt auch mit dieser Frau in einem Eheverhältnis. […] Mit den jungen Eheleuten wohnen meist noch die Eltern eines der Ehepartner. Allerdings hat jede Familie ihre eigene Hütte, nie leben mehr als ein Ehepaar und die Kinder unter einem Dach. […] Unverheiratete und verwitwete Familienangehörige leben ebenfalls in der Nähe […] und spielen als Tanten und Onkel bei der Kindererziehung eine wichtige Rolle."

Aus: Eibl-Eibesfeldt, I.: Menschenforschung auf neuen Wegen. Die naturwissenschaftliche Betrachtung kultureller Verhaltensweisen. Wien, München, Zürich 1976. S. 25.

[1] *Ehiger = so ähnlich wie eine Ehe.*



Irenäus Eibl-Eibesfeldt während seiner Forschungen

AUFGABEN

1 ***Verfasse zunächst einen kurzen Text über die Sozialstruktur der Gesellschaft, in der du lebst. Wer lebt mit wem in welcher Form zusammen?***

2 ***Lies anschließend die Textquelle und vergleiche die Informationen über die Sozialstruktur der !Ko mit deiner eigenen Beschreibung. Was ist ähnlich, wo liegen Unterschiede?***

3 ***Überlege, welche Normen menschlichen Zusammenlebens Eibl-Eibesfeldt seinen Beobachtungen zugrunde legte. Was scheint Eibl-Eibesfeldt für normal zu halten, was scheint ihm bemerkenswert?***

4 ***Diskutiert in der Klasse, ob die Art und Weise der Beobachtung ethisch vertretbar ist.***

ARBEITSBLATT 3

45 min

MODUL: BEOBACHTUNG

Menschen von innen beobachten

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden andere Kulturen von Europa aus vor allem auf der Grundlage von Reiseberichten und Korrespondenz mit Siedlern, Missionaren, Kaufleuten etc. in den Kolonien erforscht. Im Rückblick wurde dies als „Lehnstuhlanthropologie" bezeichnet. Das änderte sich mit Beginn des 20. Jahrhunderts, als man anfing, die Gepflogenheiten nichtwestlicher Gesellschaften vor Ort zu studieren, indem man an ihrem Leben teilnahm. Die Sozialanthropologin Florence Kluckhohn (1906–1986) nannte diese Methode der Sozialforschung „Teilnehmende Beobachtung" und erkannte in ihr entscheidende Vorteile.

Teilnehmende Beobachtung

Florence Kluckhohn selbst erforschte mit der Methode der Teilnehmenden Beobachtung u. a. eine spanischsprechende Dorfgemeinschaft in New Mexico, USA. In dem folgenden Auszug aus ihrer Studie berichtet sie von ihren Erfahrungen:

Teilnehmende Beobachtung bedeutet bewusste und systematische Teilnahme […] an dem aktiven Leben sowie […] an den Interessen und Empfindungen einer Gruppe von Personen. Diese Methode hat den Zweck, durch unmittelbaren Kontakt etwas über das Verhalten von Menschen zu erfahren […]. Bei der Anwendung dieser Methode muss man unbedingt daran denken, dass nicht nur der Forscher selbst meint, er sei Teil der zu untersuchenden Gruppe, sondern alle anderen Mitglieder der Gruppe auch. Das bedeutet, dass der Forscher im Rahmen der Gemeinschaft eine bestimmte soziale Stellung erreichen, im sozialen Gefüge eine bestimmte Rolle übernehmen muss. […] Der Forscher muss also in seinem Untersuchungsfeld nach Rollen suchen […], die ihn an der Gemeinschaft teilnehmen lassen. […] Um eine innerhalb der Gruppe definierte Rolle ausüben zu können, darf er jedoch seine Forschungsabsichten nicht enthüllen. […]

[D]ie Übernahme [der] Rolle [einer Hausfrau] [eröffnete mir] den Zugang zu anderen Familien und ermöglichte mir, auf ganz natürliche Weise von Hausfrau zu Hausfrau zu sprechen. Überdies war ich unwissend, und man musste mir Dinge beibringen. […] Dazu gehörten sehr konkrete Dinge, wie die Zubereitung der ortsüblichen Gerichte […] oder das richtige Verhalten bei Tanzveranstaltungen. Ich musste auch lernen, unter welchen Bedingungen ich mich mit Männern frei unterhalten durfte. Angesichts meiner Unwissenheit nahm man mir Verstöße gegen die Etikette nicht übel, zugleich diente sie als sehr einleuchtende Entschuldigung für meine Fragen. Ich glaube, dass man von einem Menschen mehr in Erfahrung bringen kann, wenn dieser glaubt, man möchte werden wie er, als wenn er den Verdacht hegt, man wolle herausfinden, weshalb er anders ist als wir.

Quelle: Kluckhohn, Florence: The Participant-Observer Technique in Small Communities. American Journal of Sociology (1940) 46:3. Text in eigener Übersetzung und verändert.

AUFGABEN

1 ***Lies den Text von Florence Kluckhohn und arbeite heraus, welche Vorteile der Methode Teilnehmende Beobachtung die Autorin benennt.***

2 ***Erkläre, welche Bedeutung Kluckhohn zufolge die „Rolle" der beobachtenden Person für die Beobachtung hat.***

3 ***Stelle dir vor, du sollst mit der Methode der Teilnehmenden Beobachtung eine kleine Gemeinschaft in deinem Umfeld erforschen. Welche Gemeinschaften stehen dir zur Auswahl? Welche Rollen stünden dir dabei offen? Notiere deine Überlegungen.***

4 ***Vergleiche die von Eibl-Eibesfeldt und die von Kluckhohn verwendeten Methoden der Beobachtung und arbeite Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus. Wie unterscheiden sich die Fragen, die mit diesen Methoden beantwortet werden können? Sammle mögliche Forschungsfragen und diskutiere sie in der Klasse.***

ARBEITSBLATT 4 SEITE 1/2

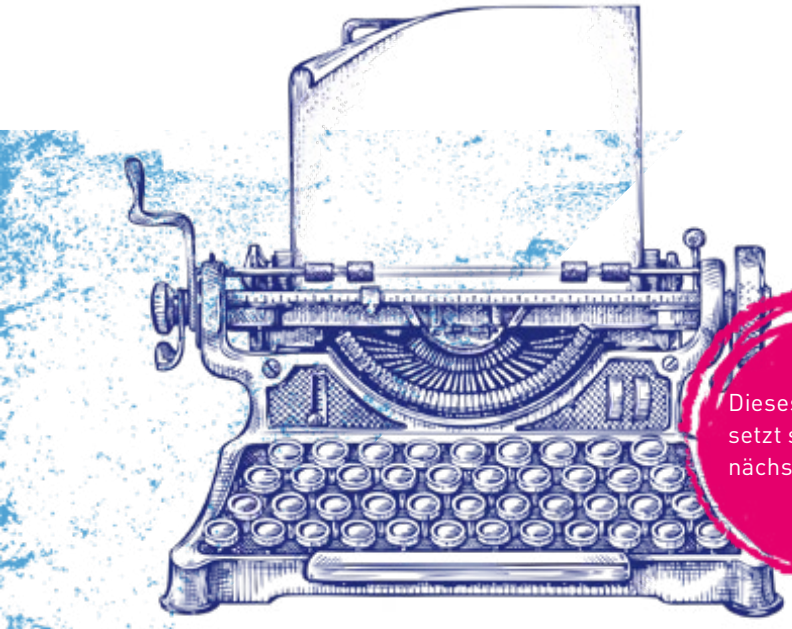
45 min

Die Teilnehmende Beobachtung in den 1970er- und 1980er-Jahren

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war die Teilnehmende Beobachtung in verschiedenen sozialwissenschaftlichen Disziplinen sehr beliebt. Dabei wurden zunehmend auch die ethischen Fragen rund um „verdeckte" Beobachtung diskutiert. Außerdem entdeckte man (Sub-)Kulturen der eigenen Gesellschaft als Forschungsgegenstand.

Die folgenden Textausschnitte sind einer Studie entnommen, die Anfang der 1970er-Jahre in westdeutschen Jugendtreffs (damals „Jugendfreizeitheimen") durchgeführt wurde. Die Beobachterinnen und Beobachter waren extra für diesen Zweck rekrutierte Studierende der Sozialwissenschaften, die über einen Zeitraum von ca. sechs Wochen in einem ihnen zugeteilten Jugendtreff lebten und die Personen dort beobachteten. Die Forschungsleitenden waren bemüht, zu einer Standardisierung der Methode beizutragen, und verwendeten ihre Freizeitheimstudie als Beispiel, an dem sie Verbesserungen der Methode der Teilnehmenden Beobachtung diskutieren konnten. Teil dieser Verbesserungsbemühungen war eine detaillierte Anleitung für die Beobachterinnen und Beobachter, die festlegte, was beobachtet werden sollte und worauf besonders zu achten war.

Der Heimleitung gegenüber wurde die Aufgabe der Beobachterinnen und Beobachter offengelegt, Besucherinnen und Besuchern wurden diese aber z. B. als Assistierende der Heimleitung vorgestellt.



Dieses Arbeitsblatt setzt sich auf der nächsten Seite fort

Auszug 1

Eine bedeutsame Clique im Heim ist die „Clique um Rolf". Rolf ist 23 Jahre alt, trägt meist Rollkragenpullover oder weißes Hemd mit Krawatte und Jackett, sonnabends Blazer. Er ist klein, athletisch, hat sonst keine besonderen physischen Merkmale. Im Heim hat er quasi Mitarbeiterfunktion. Er ist gelernter Maurer, jetzt Kraftwagenfahrer. Er entscheidet z. B., ob seine Clique bis Heimschluss im Heim bleiben soll oder ob sie schon eher das Heim verlassen soll, um noch in eine Kneipe zu gehen. Wenn er Bar-Keeper ist, versammeln sich alle an der Bar. Einmal, als er gerade Bar-Keeper war, saßen zwei jüngere Mädchen an der Bar und er sagte zu ihnen: „Ihr könnt mal das Geschirr aufwaschen", was sie auch befolgten. Als es einmal zum Konflikt zwischen der Heimleitung und der Clique kommt […], veranlasst Rolf, dass die gesamte Clique das Heim geschlossen verlässt, ohne vorher beim Aufräumen oder beim Aufwaschen geholfen zu haben. Er fühlt sich weitgehend der Heimordnung verpflichtet, was sich z. B. daran zeigt, dass er ausdrücklich betont, dass alle Jungen mit Hemd und Krawatte im Heim erscheinen müssten."

Hierzu schrieben die Forschungsleitenden:

„Die exakte und repräsentative Beschreibung von Schlüsselpersonen und besonders hervortretenden Gruppen des Feldes in relevanten Situationen ist deshalb von großer methodischer Bedeutung, weil im Allgemeinen angenommen werden kann, dass sich die wichtigsten Sozialprozesse um diese Personen und Gruppen kristallisieren."

Quelle: Friedrichs, Jürgen, und Lüdtke, Hartmut: Teilnehmende Beobachtung. Einführung in die sozialwissenschaftliche Feldforschung. 3. Aufl., Weinheim und Basel 1977.

ARBEITSBLATT 4 SEITE 2/2

Auszug 2

Ich [die beobachtende Person] habe Bardienst. […] 9 Jungen im Alter von 14 bis 15 Jahren, die zur Gruppe der Gammler gehören, sind mit Kickern beschäftigt. Nach 10 Minuten betritt ein ungefähr 18-jähriger Junge (lang aufgeschossen, schlaksig, verwegene Haare, schwarze Lederjacke) den Barraum. Die mit Kickern Beschäftigten begrüßen ihn mit einem lautstarken und langgezogenen „He". Der Hinzugekommene mit Namen Franz […] setzt sich neben Gert (im gleichen Alter wie Franz, ebenso lang und schlaksig wie dieser, aber mit Mecki-Frisur und Anzug mit Schifferhosen).

Franz: *„Cola!", zu Gert gewandt: „Auch?" Gert mit flüchtigem Kopfnicken: „Hm". Franz zu mir: „Also zwei!" Während ich mit dem Öffnen der Cola-Flaschen beschäftigt bin, hat Gert eine Packung Zigaretten hervorgekramt, die er Franz stillschweigend hinhält. Anschließend ziehen beide aus ihrer Jackentasche ein Feuerzeug hervor, und jeder zündet die eigene Zigarette an. […] Schließlich beginnt Franz: „Bin aus der Schule abgehau'n; hab' ne Buchführungsarbeit geschrieben. Popo (gemeint ist ein Lehrer) meinte natürlich, dass ich nachfragen müsste. Hab' natürlich ja gesagt." – Pause […]*

Gert: *„Mit der du am Samstag auf dem Jazzfestival warst, war das die aus Gladbach?"*

Franz (nickend): *„Hm, die blöde Kuh wollte sich neulich doch tatsächlich die Haare abschneiden lassen. Ich habe der gesagt: Dann ist sofort Schluss!" Danach halb zu Gert, halb zu sich selber, aber ziemlich laut: „Scheiße mit den Frauen, dass man die auch immer abholen und nach Hause bringen muss!" – Pause*

Quelle: Friedrichs, Jürgen, und Lüdtke, Hartmut: Teilnehmende Beobachtung. Einführung in die sozialwissenschaftliche Feldforschung. 3. Aufl., Weinheim und Basel 1977.

Hier lernt ihr die Lebenswelt von Schülerinnen und Schülern aus den 1970er-Jahren kennen. Welche Gemeinsamkeiten und welche Unterschiede könnt ihr im Vergleich zu heute erkennen?



AUFGABEN

1 ***Lies die Auszüge aus der Studie sorgfältig durch. Erstelle eine Mind-Map, in der die beteiligten Personen und deren Beziehung zueinander dargestellt werden.***

2 ***Streiche in beiden Textquellen die Stellen an, die Informationen zu Zeit und Ort enthalten. Welche Unterschiede stellst du zwischen den beiden Textquellen fest?***

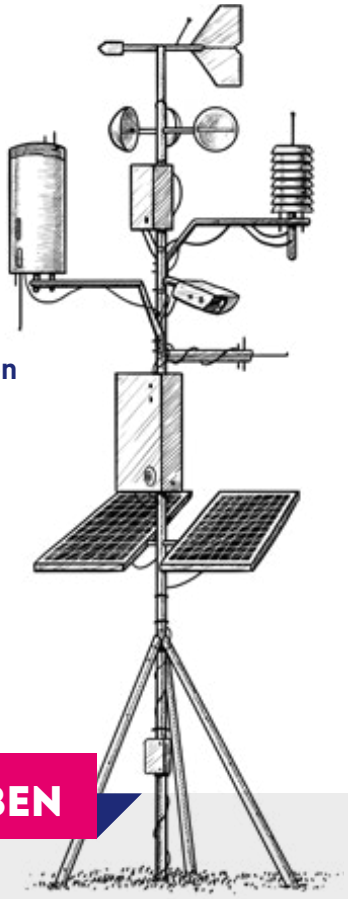
3 ***Die Forschungsleitenden der Studie interessierten sich vor allem für die Themen Autorität, Konflikte und Gruppendynamiken. Stelle dir vor, du hättest eine Studie geleitet und würdest alle Beobachtungsnotizen aus allen 70 Jugendtreffs auswerten. Welche Fragen könntest du auf diese Weise beantworten? Überlege dir drei Fragen, die mit den in der Studie durchgeführten Beobachtungen beantwortet werden könnten.***

4 ***Vergleiche die Art und Weise, in der die Studie durchgeführt wurde, mit der Art und Weise, wie Florence Kluckhohn die Methode der Teilnehmenden Beobachtung verwendete. Benenne Gemeinsamkeiten und Unterschiede.***

ARBEITSBLATT 5

45 min MODUL: BEOBACHTUNG

Wie werden Menschen heute erforscht?



Seit den 1970er-Jahren debattieren die Sozialwissenschaften über die Methoden zur Beobachtung von Menschen. Aufgrund ethischer Bedenken wurde etwa die „verdeckte" Beobachtung kritisiert, zudem findet man inzwischen das Machtgefälle zwischen beobachtender und beobachteter Person problematisch.

Das EMPOW-Projekt

Mit dem EMPOW-Projekt wird ein Versuch gestartet, dem Problem der „verdeckten" Beobachtung entgegenzuwirken. „Verdeckte" Beobachtung bedeutet, dass sich die beobachtende Person als solche nicht zu erkennen gibt.

Das EMPOW-Projekt zielt darauf ab, gemeinsam mit geflüchteten Personen an drei Standorten (Berlin, Hannover, München) Gesundheitsförderung für Menschen mit Fluchterfahrung zu entwickeln. Dem partizipativen Forschungsansatz entsprechend werden Geflüchtete als Co-Forschende und Community-Partnerinnen/-Partner beteiligt. Neben dem LMU-Team sind zudem Einrichtungen des Sozial- und Gesundheitswesens und der Zivilgesellschaft als Partnerinnen/Partner beteiligt. […] Partizipativ zu forschen bedeutet, die Menschen, um die es geht, mit Entscheidungsmacht am Prozess zu beteiligen. Ziel ist es, soziale Wirklichkeit besser zu verstehen und zu verändern: Gesellschaftliche Teilhabe soll gestärkt und soziale und gesundheitliche Benachteiligungen sollen abgebaut werden. Der Ansatz der communitybasierten partizipativen Forschung legt einen Schwerpunkt auf lebensweltliche Gemeinschaften (engl. communities). Im EMPOW-Projekt werden Menschen mit Fluchterfahrung als Co-Forschende und Community-Partnerinnen/-Partner beteiligt: Sie bestimmen die Themenwahl, die Zielsetzung, das methodische Vorgehen, die Auswertung und die Entwicklung praktischer Maßnahmen der Gesundheitsförderung an den drei Standorten wesentlich mit. Partizipative Forschungsmethoden, die zur Anwendung kommen (können), reichen von kunstbasierten Methoden über Community-Mapping und Photovoice bis hin zu regulären Methoden der empirischen Sozialforschung[1].

Quelle: www.qualitative-sozialforschung.soziologie.uni-muenchen.de/forschung/forschungsprojekte1/empow/index.html

[1] *Reguläre Methoden können z. B. sein: Interviews, Teilnehmende Beobachtung, Gruppengespräche und Fokusgruppen.*

AUFGABEN

1 ***Lies die Beschreibung des Forschungsprojektes. Kläre unbekannte Begriffe und fasse in einigen Sätzen kurz zusammen, worum es bei dem Projekt geht.***

2 ***Wie unterscheidet sich der beschriebene Forschungsansatz von den Herangehensweisen, die du bisher kennengelernt hast? Wie verändert sich das Thema „Rolle" (Stichwort: „Co-Forschende")? Notiere deine Gedanken zu diesen Fragen.***

3 ***Besuche die Website einer Professorin / eines Professors der Sozialwissenschaften an einer Universität in deiner Nähe und versuche herauszufinden, ob und wie in den dort beschriebenen Forschungsprojekten Beobachtung eine Rolle spielt. Tauscht euch in der Klasse aus.***

4 ***Zu Beginn dieses Moduls hast du ein Feldforschungsprojekt an deiner Schule durchgeführt. Überlege zum Abschluss, was du an der Art und Weise der Beobachtung ggf. ändern würdest. Begründe deine Einschätzung.***

MODUL 7

THEORIEN – FESTGEFÜGT ODER IMMER IM FLUSS?



SEKUNDARSTUFE II

FÄCHERSCHWERPUNKTE:
Biologie, Chemie, Geschichte, Philosophie, Politik, Sozialkunde

„Theoretisch hast du recht, aber ob es auch in der Praxis funktioniert?“ – Im Alltagsleben stehen praktische Lösungen hoch im Kurs. Der grübelnde Theoretiker hat in der Küche, der Werkstatt oder auf der Baustelle keinen guten Stand, wenn seine Ideen nicht umsetzbar sind. In der Wissenschaft ist die Gewichtung etwas anders: Theorien bilden das Fundament, sie stehen in einem ständigen Wechselspiel mit experimenteller Überprüfung.

Und noch etwas fällt beim Vergleich mit dem alltäglichen Leben auf: Umgangssprachlich wird das Wort „Theorie“ oft in einer Weise verwendet, die eher der wissenschaftlichen „Hypothese“ entspricht, also einer Überlegung, von der man noch nicht sicher sagen kann, ob sie wahr ist. Im wissenschaftlichen Sinn könnte man eine Theorie folgendermaßen umschreiben:

Eine Theorie ist ein Bündel von Aussagen, die einen Ausschnitt aus der Realität allgemeingültig erklären. Bezogen auf ihren Gegenstand soll eine Theorie ***widerspruchsfrei*** *und* ***umfassend*** *sein. Die einzelnen Elemente sind in der Regel* ***weithin akzeptiert und unstrittig****. Oft lassen sich aus einer Theorie auch* ***Vorhersagen*** *ableiten.*

Theorien sind immer eingebettet in den aktuellen Wissensstand der Zeit. Sie sind das Ergebnis von Diskussionen innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Neue Erkenntnisse können dazu führen, dass eine Theorie umformuliert oder verworfen wird. Auch wenn sich andere methodische Herangehensweisen etablieren oder sich kulturelle Grundlagen ändern (z. B. durch gesellschaftliche und politische Umwälzungen), bleiben wissenschaftliche Theorien davon nicht unberührt.

In diesem Modul geht es deshalb vor allem um die Wandlungsfähigkeit von Theorien. Die Schülerinnen und Schüler können nachvollziehen, wie im 18. Jahrhundert zwei gegensätzliche **Erklärungen für Verbrennungsprozesse (Arbeitsblätter 1 und 2)** diskutiert wurden. Die **Evolutionstheorie von Charles Darwin (Arbeitsblätter 3–7)** musste sich nicht nur gegen konkurrierende Theorien durchsetzen, sie wurde auch auf andere Wissensbereiche übertragen. Der Sozialdarwinismus hatte im 19. und 20. Jahrhundert dramatische politische Folgen und tritt heute in rechtsextremen Denkmustern in Erscheinung.

Didaktisch-methodische Hinweise

Die Phlogiston-Theorie zur Erklärung von Verbrennungsprozessen entstand um 1700 und geht vor allem auf den Mediziner Georg Ernst Stahl zurück. Seine Überlegungen erschienen so plausibel, dass die Theorie mehrere Jahrzehnte lang Bestand hatte, bevor sie zunehmend in Zweifel gezogen und von Antoine Laurent de Lavoisier widerlegt wurde. Die **Arbeitsblätter 1 und 2** ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, an diesem Erkenntnisprozess teilzunehmen. Dazu erhalten sie zunächst **Arbeitsblatt 1** und setzen ihr eigenes Vorwissen ein, um die Phlogiston-Theorie zu bewerten. Es geht hier weniger darum, Verbrennungsprozesse mit dem heutigen Wissensstand erklären zu können, sondern vor allem um die Frage: Was macht Theorien plausibel und wie lassen sie sich überprüfen? Hier könnten genannt werden:

- *Messungen:* Wie verändert sich das Gewicht von Stoffen durch die Verbrennung?
- *Vergleichende Beobachtungen:* Haben brennbare Stoffe Gemeinsamkeiten?
- *Experimente:* Ist ein Nachweis von Phlogiston möglich? Bspw. indem man Phlogiston beim Verbrennen von Material auffängt, untersucht und anschließend mit anderen Stoffen reagieren lässt?

Mit der „Auflösung“ der Frage nach der Plausibilität der Phlogiston-Theorie (vgl. **Arbeitsblatt 2**) sollte zumindest in Ansätzen geklärt werden, was nach heutigem Wissensstand bei der Verbrennung passiert. Lavoisiers wichtige Entdeckung betrifft die Rolle des Sauerstoffs, der bei der „Calcination“ oder Verbrennung von Metallen zu einer Gewichtszunahme führt. Bei der Verbrennung von Holz hingegen verbindet sich Kohlenstoff mit Sauerstoff und wird als CO_2 an die Luft abgegeben, deshalb kommt es zum Gewichtsverlust bei den festen Bestandteilen. Man kann aus dem Beispiel lernen,

dass eine einzelne Beobachtung meist eine viel zu schmale Basis für eine Theorie ist. Vergleiche, Gegenüberstellungen, Beobachtungsreihen und das Abwägen verschiedener Interpretationen – all dies ist notwendig, um eine Theorie nach und nach abzusichern. Das Zitat von Rainer Bromme spricht noch einmal explizit an, dass Wissen oft erst einmal als vorläufig zu betrachten ist. Politik und Öffentlichkeit erwarten von der Wissenschaft allerdings klare und endgültige Aussagen. Das kann zu Missverständnissen und einer grundlegenden Skepsis gegenüber Wissenschaft führen, wie man in den öffentlichen Auseinandersetzungen zur Corona-Pandemie beobachten konnte und kann.

Während sich Verbrennungsprozesse heute gut erklären lassen, gibt es in allen wissenschaftlichen Disziplinen eine Vielzahl offener Fragen. Ein Beispiel dafür ist das Aussterben der Dinosaurier. Die Wissenschaft erklärt das u. a. mit dem Einschlag eines Asteroiden, einem großen Vulkanausbruch oder der Kombination von beidem.

Die **Arbeitsblätter 3–7** setzen sich mit der Evolutionstheorie und ihren gesellschaftlichen Folgen auseinander. **Arbeitsblatt 3** ermöglicht einen Einblick in die Entstehung dieser Theorie. Es bietet sich an, die Kernthesen der Evolutionstheorie zu rekapitulieren (vgl. Kurzdarstellung auf **Arbeitsblatt 4**, mittlere Tabellenspalte). Darwin beschäftigte sich über viele Jahre mit diesem Mechanismus. In seinen Schriften erläutert er, dass er zur Ausformulierung der Theorie viele verschiedene Beobachtungen heranzog, durchdachte und mögliche Erklärungen immer wieder kritisch hinterfragte. Überprüfen könnte man seine Aussagen durch biografische Nachforschungen, Zeitzeugenaussagen, Briefkorrespondenz, Notizen oder die Abfolge seiner Veröffentlichungen.

Darwin sammelte nicht nur Beobachtungen zu Pflanzen und Tieren seiner Gegenwart. Sein Hinweis auf Vergleiche mit früheren Lebewesen deutet an, dass Fossilien für ihn eine wichtige Rolle spielten. Auf der Suche nach einer möglichen Erklärung des Artenwandels griff Darwin zudem auf einen ungewöhnlichen Kontext zurück: Tauben- und Kaninchenzüchter beobachteten und dokumentierten systematisch ihre Eingriffe und Zuchterfolge. Diese „künstliche Zuchtwahl" diente Darwin als mögliches Modell für die Veränderung von Arten in der Natur. Er stützte sich also auf eine Fülle „zusammenhängender Tatsachen", um eine Theorie mit hoher Erklärungskraft zu formulieren.

Der Link **http://darwin-online.org.uk** führt zu einem Online-Archiv aller Publikationen, Notizen und Briefe Darwins. Da die Originale wertvoll und empfindlich sind, dürfen sie die Archive meist nicht verlassen. Die Digitalisierung ermöglicht es Forscherinnen und Forschern, an einem Thema zu arbeiten, etwa zur Geschichte der Evolutionstheorie von Darwin, ohne weite Reisen unternehmen zu müssen.

Anhand eines fiktiven Fossilienfunds können sich die Schülerinnen und Schüler auf **Arbeitsblatt 4** mit konkurrierenden Theorien auseinandersetzen. Sie lernen damit den wissenschaftlichen Normalfall kennen, denn in der Regel lassen sich empirische Befunde auf verschiedene Weise erklären. In diesem Fall geht es um die Frage, wie bestimmte ungewöhnliche Beobachtungen (hier: Fossilien) einzuordnen sind und welche Faktoren zur Erklärung ihres Auftretens und ihrer Gestalt herangezogen werden. Während die Transmutationstheorie (Aussage C) und die darwinsche Evolutionstheorie (Aussage B) allein von einem natürlichen Mechanismus ausgehen, beruft sich die Katastrophismustheorie (Aussage A) auf göttlichen Einfluss.

Die Aufgaben 2 und 3 gehen explizit auf die Frage der Evidenz ein. Darwin nutzte verschiedene, voneinander unabhängige Beobachtungen als Evidenz, d. h. empirische Belege, um seine Theorie zu stützen. Die Tatsache, dass sich all diese Befunde durch seine Theorie erklären ließen, bezeugte ihre hohe Erklärungskraft und damit Plausibilität. Zum Beispiel führte der geografische Vergleich Darwin zu der Annahme, dass sich Arten auseinanderentwickeln können, wenn sich in getrennten Populationen unterschiedliche Formen von Vorteilen durchsetzen. Die Aussage, dass eine „Theorie stimme", sollte mit Vorsicht aufgenommen werden, da veränderte Voraussetzungen immer dazu führen können, dass eine Theorie revidiert werden muss.

Die **Arbeitsblätter 5–6** gehen darauf ein, wie Darwins Theorie zum Ursprung und Wandel der Arten mit gesellschaftlichen Modellvorstellungen zusammenhängt, die als Sozialdarwinismus bezeichnet werden. Zunächst erhalten die Schülerinnen und Schüler drei Zitate, in denen gegensätzliche Formen der Aneignung zum Ausdruck kommen **(Arbeitsblatt 5)**. Ernst Haeckel ist eine Schlüsselfigur bei der Verbreitung sozialdarwinistischer Anschauungen in Deutschland. In seinen Äußerungen ist deutlich zu erkennen, welche menschenverachtende Qualität der Blick auf die (globale) Gesellschaft bekommen kann, wenn politische Entscheidungen auf eine vermeintlich evolutionsbiologische Grundlage gestellt werden. Die Verbrechen der Kolonialzeit wurden damit als notwendige Verdrängung schwächerer „Arten" durch stärkere gedeutet. Worin diese Stärke jedoch

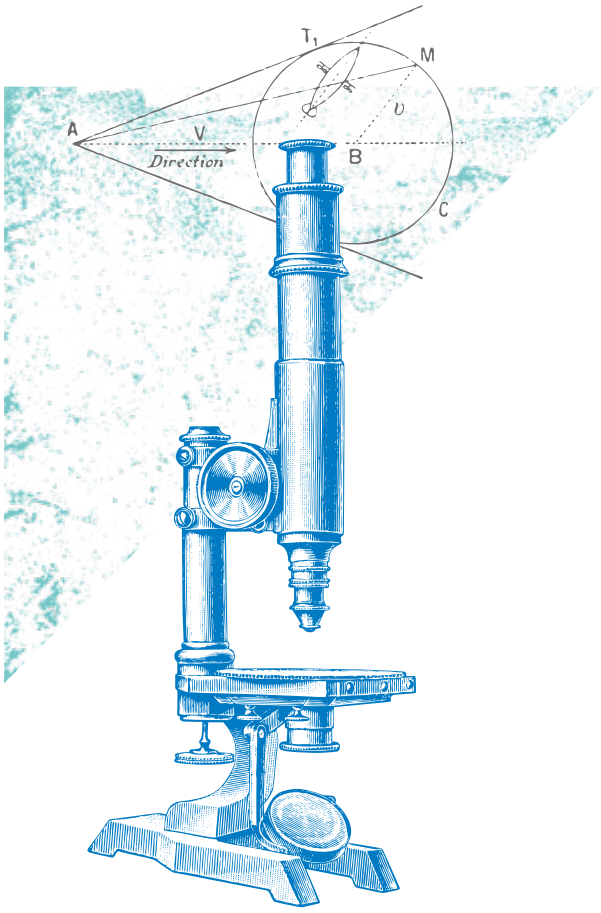
genau lag, blieb unklar. Bei der Auswertung ist es wichtig, die aus heutiger Sicht problematischen Begriffe anzusprechen und zu klären („Menschenart", „Stämme", „Rothäute"). Ähnlich verhält es sich bei Francis Galton, der ohne eine erkennbare Begründung von vermeintlich überlegenen bzw. nutzlosen Gruppen innerhalb der Bevölkerung spricht. Daraus leitete er die Rechtfertigung politischer Maßnahmen ab. Das Perfide seiner Argumentation liegt darin, dass Galton Eugenik als Mittel darstellt, um unnötige und damit unmenschliche Verdrängungsprozesse innerhalb der menschlichen Gemeinschaft zu vermeiden.

Aus der Reihe fällt Friedrich Engels, der die Anwendung der Evolutionstheorie auf die Gesellschaft nicht akzeptiert, sondern polemisch in Frage stellt. Er dreht die Verhältnisse um, indem er für das menschliche Zusammenleben andere Maßstäbe definiert und den ökonomischen „Kampf ums Dasein" als einen abzulehnenden Zustand beschreibt. Seine Perspektive hängt eng mit seinem Selbstverständnis als Revolutionär und aktiver Förderer benachteiligter Bevölkerungsschichten zusammen.

Bei der Analyse soll deutlich werden, dass die unreflektierte Übertragung der biologischen Evolutionstheorie auf gesellschaftliche Verhältnisse problematisch ist. Auch wenn Menschen biologische Wesen sind, lassen sich soziale Beziehungen nicht auf das Wirken von Naturgesetzen reduzieren. Die Geschichte bietet zahlreiche furchtbare Beispiele dafür, wie die Abwertung, Entrechtung oder gar Vernichtung bestimmter Menschengruppen durch den Verweis auf vermeintliche biologische Notwendigkeiten legitimiert wurde. Diese Strategie wurde bereits im 19. Jahrhundert als unzulässig kritisiert. Leitgedanken wie allgemeine Menschenrechte oder sozialer Ausgleich haben in einer sozialdarwinistischen Gesellschaftstheorie kaum Platz. Die Ausgrenzung von Teilen der Bevölkerung kann zu einer Spaltung und sozialen Unruhen führen.

Arbeitsblatt 6 fasst die Beziehungen zwischen Darwins Evolutionstheorie und bestimmten Gesellschaftstheorien des ausgehenden 19. Jahrhunderts noch einmal zusammen und zeigt anhand eines Schulbuchtextes aus der NS-Zeit, wie sich diese Denkweise in der Ideologie des Nationalsozialismus niederschlug. Die Schülerinnen und Schüler können herausarbeiten, dass Begriffe mit Bezug zur Biologie („Blut", „völkisches Erbgut", „Volkskörper") vermeintlich zwingende Zusammenhänge suggerieren, das Gesellschaftsbild aber nur auf ideologischen Zielsetzungen beruht. Das zeigt sich z. B. daran, dass Spanier nur mit einiger Mühe der Gemeinschaft der nordischen Völker zugeordnet werden können. Zahlreiche politische Maßnahmen wie die Ausgrenzung und Vernichtung ganzer Bevölkerungsgruppen, die Ermordung von Menschen mit Behinderung und die Expansionspolitik des NS-Regimes suchten und fanden ihre Legitimation in sozialdarwinistischen Konzepten. Der Entwurf einer alternativen Gesellschaftsordnung müsste sich z. B. damit auseinandersetzen, wie mit ungleichen Voraussetzungen innerhalb einer Gesellschaft und in internationalen Beziehungen umgegangen werden soll (Stichworte: Chancengleichheit, soziale Spaltung, Sozialstaat, Sozialfürsorge, Entwicklungszusammenarbeit usw.).

Einen weiteren Schritt in der Chronologie unternimmt **Arbeitsblatt 7**. Es greift auf eine Untersuchung der Friedrich-Ebert-Stiftung zurück, die rechtsextreme Einstellungen in der deutschen Bevölkerung erforscht und dabei auch gezielt auf sozialdarwinistische Denkmuster eingeht. Die Befragten können dabei Formulierungen, die diese Denkmuster widerspiegeln, zustimmen oder ablehnen. Die Untersuchung zeigt, dass ein kleiner, aber durchaus benennbarer Teil der Bevölkerung sozialdarwinistische Aussagen befürwortet und sich ein deutlich größerer Teil neutral verhält. Aufgabe 3 regt dazu an, Situationen zu benennen und zu diskutieren, in denen sozialdarwinistische Haltungen zum Ausdruck kommen. Das können rechtsextremistische Kundgebungen sein, aber auch alltägliche Situationen, in denen – vielleicht aus Gedankenlosigkeit – abwertende Äußerungen über zugewanderte Menschen und ihre Lebensgewohnheiten fallen.



ARBEITSBLATT 1

45 min

MODUL: THEORIEN

Phlogiston: Was ist Feuer?

Was passiert mit einem Stoff, wenn er verbrennt? Warum brennen manche Materialien, andere nicht? Dazu wurden verschiedene Theorien entwickelt.



Die Phlogiston-Theorie besagt Folgendes: Voraussetzung für den Verbrennungsprozess ist die Substanz Phlogiston, die in allen brennbaren Materialien enthalten ist. Wenn die jeweils erforderliche Zündtemperatur erreicht ist, gerät das Material in Brand. Dabei entweicht das Phlogiston und zurück bleibt ein nichtbrennbarer Teil, die Asche. So erklärt sich der Gewichtsverlust beim Verbrennen.

Begründer der Theorie ist **Georg Ernst Stahl (1659–1734)**. Er war Professor für Medizin an der Universität Halle und Leibarzt des Königs von Preußen. Um chemische Prozesse theoretisch zu erklären, unternahm er zahlreiche Experimente, was in diesem Umfang noch ungewöhnlich und innovativ war. Dabei entdeckte Stahl u. a. Zusammenhänge zwischen Verbrennung, Calcination (ein seit der Antike bekannter Prozess, der z. B. für die Herstellung von Kalk notwendig ist) und später auch der Atmung.

Die Phlogiston-Theorie war im 18. Jahrhundert unter Naturforschenden sehr verbreitet, da sie viele Phänomene schlüssig erklären konnte. Im Laufe des Jahrhunderts führten weitere Experimente und Beobachtungen dazu, dass die Theorie erweitert und ergänzt wurde.

Was ist ein Leibarzt? Was wisst ihr über die Medizin im 18. Jahrhundert? Nennt Stichworte zum damaligen Gesellschaftssystem!

Georg Ernst Stahl über Phlogiston

„Auß diesen gesamten Umständen habe ich dafür gehalten / daß man ihme keine füglichere Benennung / als das erste / eigentliche / gründliche / brennliche Wesen / geben könne. Dann / da man an und in sich selbst / und ausser aller Vermischung und Verknüpfung mit andern Materien / bis auf diese Stunde / es nirgend finden noch erkennen kan; [...] Und dieserwegen habe ich es mit dem Griechischen Namen / Phlogiston, zu Teutsch brennlich / belegt."

Quelle: G. E. Stahl: Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit, von dem sogenannten Sulphure. 1718, S. 79 f., zitiert nach Laupheimer 1992, S. 22.

AUFGABEN

***1** Setzt euch in Kleingruppen mit der Phlogiston-Theorie auseinander. Gebt die Theorie in eigenen Worten wieder. Worauf beruht sie? Ist sie mit euren Alltagserfahrungen und eurem Hintergrundwissen vereinbar?*

***2** Versucht, das Zitat von Stahl zu verstehen. Seine Theorie hat eine große Schwäche, die in der Aussage erkennbar wird. Welche ist das?*

***3** Angenommen, ihr wollt die Phlogiston-Theorie überprüfen oder widerlegen: Wie könntet ihr vorgehen? Notiert Methoden und Vorgehensweisen, mit denen Theorien überprüft werden können.*

ARBEITSBLATT 2

45 min MODUL: THEORIEN

Eine neue Theorie: verbrennen heißt oxidieren

Im Laufe des 18. Jahrhunderts wuchsen die Zweifel an der Phlogiston-Theorie. Zum einen gelang es nicht, reines Phlogiston zu erhalten. Zum anderen machten Forschende weitere Beobachtungen, die sich nicht mehr mit der Phlogiston-Theorie erklären ließen.

Antoine Laurent de Lavoisier über die Verbrennung von Schwefel

„Vor acht Tagen etwa habe ich entdeckt, dass der Schwefel, beim Verbrennen, weit entfernt an Gewicht zu verlieren, vielmehr an Gewicht zunimmt; d[as] h[eißt] daß man aus 1 Pf[und] Schwefel viel mehr als 1 Pf[und] Schwefelsäure erhält – die Feuchtigkeit der Luft abgerechnet; ebenso ist es beim Phosphor. Diese Gewichtszunahme rührt von einer sehr beträchtlichen Menge Luft her, die sich während der Verbrennung fixirt und mit den Dämpfen verbindet. Ich schloss aus diesen Tatsachen, welche ich durch mir entscheidend scheinenden Experimente constatirt habe, dass das, was man bei der Verbrennung des Schwefels und des Phosphors beobachtet, wohl bei allen den Körpern, die bei der Verbrennung oder Calcination an Gewicht zunehmen, statthaben könnte, und ich habe mich überzeugt, dass die Vermehrung des Gewichtes bei Verkalkung der Metalle auf der gleichen Ursache beruht [...]. Diese Entdeckung scheint mir eine der interessantesten seit Stahl."

Antoine Laurent de Lavoisier: Détails historique sur la cause de l'augmentation du poids des métaux qu'acquièrent les substances métalliques lorsqu' on les chauffe pendant leur exposition à air. 1772. In: Œuvres II, S. 103. Deutsche Übersetzung nach J. Volhard 1870, S. 12. Zitiert nach Laupheimer 1992, S. 34.

Der Streit der Wissenschaften

Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794) war ein französischer Jurist, Mineraloge und Chemiker. Er entwickelte am Ende des 18. Jahrhunderts eine umfassende neue Theorie, die auf einer Vielzahl von Experimenten beruhte. Eine Verbrennung war demnach eine Reaktion des Brennstoffs mit dem Sauerstoff der Luft, eine Oxidation. 1785 bezeichnete Lavoisier die Phlogiston-Theorie als Irrweg. Es entbrannte ein kurzer Glaubenskrieg um die Phlogiston-Theorie, manche „hielten die Treue", andere „traten über". Letztendlich setzte sich die Oxidationstheorie durch und hat bis heute Gültigkeit.

Wie Wissen entsteht

„Neues wissenschaftliches Wissen entsteht im Diskurs unter Wissenschaftlern, und insbesondere neue Ergebnisse sind immer zunächst nur vorläufig als wahr zu betrachten."

Prof. Dr. Rainer Bromme, Senior-Professor für Pädagogische Psychologie an der Universität Münster (Interview auf www.uni-muenster.de/news/view.php?cmdid=10953, abgerufen am 12.1.2022). Bromme untersucht als empirischer Bildungsforscher, wie Kommunikation aus und über die Wissenschaft gelingt oder auch misslingt.

AUFGABEN

1 ***Lest das Zitat von Lavoisier und stellt in einer kurzen Notiz dar, welche Entdeckung er für die interessanteste seit Georg Ernst Stahl hält.***

2 ***Erläutert, wie es nach der Oxidationstheorie sein kann, dass beim Verbrennen von Holz am Ende so wenig übrig bleibt (obwohl ja nach dieser Theorie noch Sauerstoff dazukommt).***

3 ***Lest das Zitat von Rainer Bromme und erläutert, was seine Aussage im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie bedeutet. Beachtet dabei die unterschiedlichen Zielsetzungen von wissenschaftlichem und politischem Handeln.***

4 ***Findet andere wissenschaftliche Themen, zu denen derzeit mehrere verschiedene Hypothesen diskutiert werden, wie z. B. zum Aussterben der Dinosaurier.***

ARBEITSBLATT 3 SEITE 1/2

60 min

Eine Theorie entsteht

Die Evolutionstheorie ist eine der wichtigsten wissenschaftlichen Theorien aus dem Bereich der Naturwissenschaften. An ihrer Entwicklung arbeitete Charles Darwin viele Jahre lang.



Charles Darwin und seine Theorie

Charles Darwin (1809–1882) bekam als junger Mann die Gelegenheit, eine fünfjährige Forschungsreise mit dem Schiff „H.M.S. Beagle" zu begleiten. Die Crew des Schiffs hatte die Aufgabe, die Gewässer um Südamerika zu kartieren. Darwin sollte sich mit dem Landesinneren beschäftigen. Nach fünf Jahren kam er mit einer Fülle von Notizen, Skizzen, Beobachtungen und Objekten zurück, denen er sich in den folgenden Jahren widmete. Er publizierte vor allem geologische Aufsätze, bis er schließlich 1859 seine berühmte Theorie zur Entstehung der Arten vorlegte. Das Buch heißt „On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life" (deutsch: Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl).

War Darwin eigentlich ein Profiwissenschaftler oder eher ein Laienforscher? Informiert euch über seinen Werdegang und seine gesellschaftliche Stellung.



ARBEITSBLATT 3 SEITE 2/2

Charles Darwin: Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl

„Als ich mich als Naturforscher an Bord der ‚Beagle' befand, war ich aufs höchste überrascht durch gewisse Merkwürdigkeiten in der Verbreitung der Tiere und Pflanzen Südamerikas sowie durch die geologischen Beziehungen der gegenwärtigen Bewohner dieses Erdteils zu den früheren. Wie aus den späteren Kapiteln dieses Buches hervorgeht, schienen mir diese Tatsachen Licht zu werfen auf die Entstehung der Arten, das Geheimnis aller Geheimnisse […]. Nach meiner Heimkehr (1837) wurde mir immer klarer, dass sich vielleicht durch Sammeln und Vergleichen aller damit zusammenhängenden Tatsachen etwas zur Lösung der Frage tun ließe. Erst nach fünfjähriger Vorarbeit wagte ich aber, näher darauf einzugehen und kurze Notizen niederzuschreiben. Diese erweiterte ich 1844 zu einer Skizze, in der ich dann auch meine Schlussfolgerungen zog. Von dieser Zeit an habe ich den Gegenstand eifrig verfolgt. Ich führe die Einzelheiten nur an, um zu zeigen, dass ich nicht übereilt zu einem abschließenden Urteil gelangt bin. Mein Werk ist jetzt (1859) beinahe vollendet […]."

Aus: Charles Darwin: Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. [1859] Stuttgart 1963. S. 24–25.

AUFGABEN

1 ***Formuliere die Forschungsfrage, mit der sich Darwin jahrelang beschäftigt hat. Was ist für ihn das „Geheimnis aller Geheimnisse"?***

2 ***Beschreibe, wie Darwin die Entstehung seiner Theorie darstellt. Beurteile seine Aussagen. Wie könnte eine Historikerin oder ein Historiker sie nachprüfen?***

3 ***Darwin schreibt, dass er „durch Sammeln und Vergleichen aller damit zusammenhängenden Tatsachen" seine Frage lösen wollte. Stelle Vermutungen an, was Darwin gesammelt haben könnte und wie er durch Vergleiche zu einer Theorie kommen wollte.***

4 ***Nach seiner Rückkehr tritt Darwin Taubenzüchter-Vereinen bei und beschäftigt sich mit deren Vorgehensweise. Wieso könnte ihn das interessiert haben?***

5 ***Sieh dir die Internetseite http://darwin-online.org.uk an. Schreibe einen kurzen Text zu dieser Seite: Wer sind die Herausgeber, welche Art von Informationen findet man dort, an wen richtet sich die Seite?***

ARBEITSBLATT 4 SEITE 1/2

30 min

Fossilien und die Evolutionstheorie

Fossilien wurden im 19. Jahrhundert zu einem wichtigen Forschungsgegenstand. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fragten sich, warum viele aktuell lebende Pflanzen- und Tierarten gegenüber Fossilien Veränderungen aufwiesen. Dazu entstanden mehrere Theorien.

Drei Theorien über den Wandel der Arten

Transmutationstheorie von Jean-Baptiste de Lamarck

Arten verändern sich, indem sie erworbene Eigenschaften vererben. Dabei wird die Art immer komplexer. In die von der veränderten Art hinterlassene „Lücke" springt eine neu entstandene, simple Art, die dann ihrerseits wieder komplexer wird. Es gibt eine Hierarchisierung der Arten: Die älteste Art, die am meisten Zeit zur Entwicklung hatte, ist auch die komplexeste.

Evolution durch natürliche Auslese von Charles Darwin

Arten verändern sich, weil zufällig entstandene, kleine vorteilhafte Abweichungen von der Elterngeneration mit größerer Wahrscheinlichkeit weitergegeben werden als unvorteilhafte Abweichungen. So ergeben sich über viele Generationen Veränderungen. Neue Arten entstehen, wenn zwei Populationen der gleichen Art sich über viele Generationen in zwei unterschiedliche Richtungen entwickeln, die beide auf ihre Weise vorteilhaft sind. Oft geschieht dies aufgrund physischer Trennung durch geografische Gegebenheiten wie z. B. Flüsse, Berge, Seen, Inseln.



Katastrophismustheorie von Georges Cuvier

In der Erdgeschichte ereigneten sich immer wieder Katastrophen, die Arten auslöschten, wie Überschwemmungen und Vulkanausbrüche. Neue Arten wurden daraufhin von Gott geschaffen.

ARBEITSBLATT 4 SEITE 2/2

Ein Fund und drei fiktive Aussagen

Ein gut erhaltenes Skelett wurde gefunden. Es sieht so aus wie das Skelett eines Braunbären, weist aber auch markante Unterschiede auf. Drei Expertinnen und Experten äußern sich dazu:

A *„Das gefundene Skelett ist das Skelett einer Bärenart, die vielleicht vor der biblischen Sintflut gelebt hat. Nach der Flut wurden die heutigen Braunbären von Gott neu geschaffen, so wie sie heute sind."*

B *„Das gefundene Skelett könnte ein gemeinsamer Vorfahre von Braunbären und anderen Bären sein oder aber eine Bärenart, die heute ausgestorben ist und die den heutigen Braunbären sehr ähnlich war. Vielleicht wurde diese Art von den Vorfahren der heutigen Braunbären von der Erde verdrängt."*

C *„Das gefundene Skelett weist eine einfachere Knochengliederung auf. Das beweist, dass es aus einer Zeit stammt, in der Braunbären noch anders aussahen."*

AUFGABEN

1 *Lies die Zusammenfassung der drei Theorien. Benenne Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Ordne zusammen mit einem Lernpartner / einer Lernpartnerin die drei fiktiven Aussagen zum Bärenskelett jeweils einer Theorie zu. Begründet eure Zuordnung.*

2 *Anders als seine Zeitgenossen vergleicht Darwin nicht nur Fossilien, sondern zieht auch andere Beobachtungen heran, u. a. die geografische Verbreitung von Arten. Inwiefern schlägt sich das in seiner Theorie der natürlichen Auslese nieder? Warum ist es wichtig, eine Theorie nicht nur auf eine Art von Beobachtung zu stützen?*

3 *Recherchiert, was das Wort „Evidenz" bedeutet. Jemand sagt in einer Diskussion: „Diese Theorie stimmt." Wie beurteilt ihr eine solche Aussage?*

ARBEITSBLATT 5

45 min

MODUL: THEORIEN

Darwin und die Folgen

Die Evolutionstheorie führte zu einem grundlegenden Umbruch im Denken über die Naturgeschichte. Aber nicht nur das: Die drei Zitate auf dieser Seite zeigen, dass Darwins Theorie noch viel weitreichendere Folgen hatte.

Zitat 1: Ernst Haeckel (1834–1919)

Ernst Haeckel war ein deutscher Mediziner und Zoologe, der sich für die Verbreitung von Darwins Evolutionstheorie in Deutschland einsetzte und sie auch auf gesellschaftliche Verhältnisse bezog.

Jede einzelne Art von Tieren und Pflanzen würde in kurzer Zeit die ganze Erdoberfläche dicht bevölkert haben, wenn sie nicht mit einer Menge von Feinden und feindlichen Einflüssen zu kämpfen hätte. […] [So] würde die Zahl der Menschen […] bereits in 25 Jahren sich verdoppelt haben. […] Nun wächst aber bekanntlich die Gesamtzahl der Menschen nur sehr langsam, und die Zunahme der Bevölkerung ist in verschiedenen Gegenden verschieden. Während europäische Stämme sich über den ganzen Erdball ausbreiten, gehen andere Stämme zugrunde […]. Selbst wenn diese Völker sich reichlicher fortpflanzten als die weiße Menschenart Europas, würden sie dennoch früher oder später der letzteren im Kampf ums Dasein erliegen.

Aus: Haeckel, E.: Natürliche Schöpfungsgeschichte. 12. Auflage, Berlin und Leipzig 1920. S. 185.

Zitat 2: Francis Galton (1822–1911)

Francis Galton war ein britischer Gelehrter und Cousin von Darwin. Er beschäftigte sich mit der Vererbung von Intelligenz und gilt als einer der Begründer der Eugenik.

Der Mensch ist zu Mitleid […] fähig; er hat auch die Macht, vielerlei Leiden zu verhindern. Ich denke, es liegt innerhalb seiner Zuständigkeit, die natürliche Auslese durch andere Verfahren zu ersetzen, die barmherziger […] sind. Genau dies ist die Absicht der Eugenik. Ihr erstes Ziel besteht darin, die Geburtenrate der Untauglichen zu verringern, statt ihnen zu erlauben, ins Leben zu treten, obwohl viele dazu verdammt sind, frühzeitig zu sterben. Das zweite Ziel besteht darin, die Rasse zu verbessern, indem die Leistungsfähigen durch frühe Heirat und das gesunde Heranwachsen ihrer Kinder in ihrer Fortpflanzung gefördert werden. Die natürliche Auslese beruht auf übermäßiger Produktion und massiver Vernichtung; Eugenik beruht darauf, nicht mehr Individuen auf die Welt zu bringen, als ordentlich betreut werden können, und nur solche von bester Abstammung.

Aus: Galton, F.: Memories of My Life. London 1908. S. 323. (Übersetzung: Cécile Hauser)

Zitat 3: Friedrich Engels (1820–1895)

Friedrich Engels war zusammen mit Karl Marx einer der wichtigsten Theoretiker des Kommunismus.

Darwin wusste nicht, welch bittere Satire er auf die Menschen […] schrieb, als er nachwies, dass die freie Konkurrenz, dieser Kampf ums Dasein, den die Ökonomen als höchste geschichtliche Errungenschaft feiern, der Normalzustand des Tierreichs ist. Erst eine bewusste Organisation der gesellschaftlichen Produktion, in der planmäßig produziert und verteilt wird, kann die Menschen ebenso in gesellschaftlicher Beziehung aus der übrigen Tierwelt herausheben, wie dies die Produktion überhaupt für die Menschen in spezifischer Beziehung getan hat.

Aus: Engels, F.: Dialektik der Natur, 5. Auflage, Berlin 1961. S. 23.

AUFGABEN

1 ***Untersuche die Zitate und analysiere, in welcher Weise sie sich jeweils auf Darwins Evolutionstheorie beziehen.***

2 ***Beschreibe die gesellschaftlichen Konsequenzen aus den drei Positionen.***

3 ***Erkläre, wie sich die Position von Engels von den beiden anderen unterscheidet.***

ARBEITSBLATT 6

45 min MODUL: THEORIEN

Sozialdarwinismus – gefährliches Denken



Die Evolutionstheorie wurde im 19. Jahrhundert intensiv diskutiert und auf andere Bereiche ausgedehnt – mit schrecklichen Folgen.

Austausch zwischen Theorien

Die Evolutionstheorie verbreitete sich sehr schnell. Darwin hatte für diese Theorie wichtige Ideen und Begriffe wie „struggle for existence" oder „survival of the fittest" von Autoren übernommen, die sich eigentlich Gedanken über soziale Entwicklungen von Gesellschaften machten. Auch Darwin beschäftigte sich mit der Frage, ob seine Vorstellungen von der Weiterentwicklung der Arten auf menschliche Gesellschaften anwendbar sein könnten. Im ausgehenden 19. Jahrhundert findet sich diese Verbindung bei einer Vielzahl von Denkerinnen und Denkern. Sie führt zu einer Position, die als „Sozialdarwinismus" bezeichnet wird. Manche Theoretikerinnen und Theoretiker benutzten Darwin dabei als Rechtfertigung für soziale Ungleichheit. Einige gingen so weit, eugenische Maßnahmen mit Darwin zu begründen. Eugenik bezeichnet die Anwendung genetischer Kenntnisse oder Mutmaßungen auf die praktische Politik. Sie ist Grundlage der nationalsozialistischen „Rassenhygiene" und führte in der NS-Zeit letztendlich zu einer millionenfachen Ermordung von Menschen.

Auszüge aus einem Schulbuch der NS-Zeit

„Die Summe der Erbanlagen der einzelnen Angehörigen eines Volkes stellt in ihrer Gesamtheit das völkische Erbgut, den Erbschatz, dar. … Bei zahlreichen Naturvölkern und auch noch bei … den Germanen wurde durch einfache Ausmerze kranker Erbträger der Volkskörper vor dem Absinken des Erbwerts bewahrt. … Ein modernes Kulturvolk wie das deutsche musste … andere Wege suchen, um die natürliche Auslese, die allein ein Volk kulturfähig erhält, wieder in ihre Rechte einzusetzen …" (S. 364–365)

„Das Naturgesetz der Auslese, das so wieder verwirklicht wird, ist aber auf das engste verknüpft mit dem Naturgesetz der Fruchtbarkeit, gegen das sich sozial führende Schichten unseres Volkes in der vergangenen Generation versündigt haben. In unserem Staate hat erst derjenige junge Nationalsozialist das Recht, sich als ausgelesen zu bezeichnen, der mit einer gleich erbtüchtigen Gattin seinem Volke mehr Kinder geschenkt hat als die nicht ausgelesenen Erbstämme unseres Volkes." (S. 401)

„Neben dem deutschen Volk haben auch die übrigen europäischen Völker mehr oder minder große Anteile nordischen Blutes. Dies trifft vor allem auf die skandinavischen Völker, Engländer, Norditaliener usw. zu. Der heldische Kampf der Spanier hat bewiesen, dass auch in diesem Volk noch Anteile am Erbgut des nordischen ‚Leistungsmenschen' vorhanden sein müssen …" (S. 349)

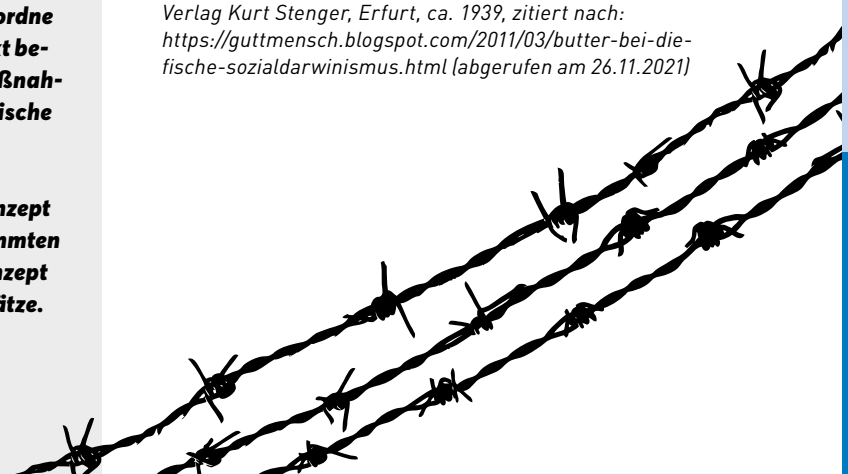
E. Meyer, K. Zimmermann: Lebenskunde, Band 4, Verlag Kurt Stenger, Erfurt, ca. 1939, zitiert nach: https://guttmensch.blogspot.com/2011/03/butter-bei-die-fische-sozialdarwinismus.html (abgerufen am 26.11.2021)

AUFGABEN

1 ***Lies den Text „Austausch zwischen Theorien" und stelle dar, wie dieser Austausch in Bezug auf Darwins Theorie verlief.***

2 ***Analysiere die Schulbuchauszüge und ordne sie in den Prozess ein, der im oberen Text beschrieben wird. Benenne politische Maßnahmen des NS-Regimes, die auf sozialdarwinistische Konzepte zurückgehen.***

3 ***Entwerft in Partnerarbeit ein Gegenkonzept zu einer vom Sozialdarwinismus bestimmten Gesellschaftsordnung. Gebt eurem Konzept einen Titel und notiert die wichtigsten Grundsätze.***



ARBEITSBLATT 7 SEITE 1/2

Sozialdarwinismus heute

Eine Gesellschaft, in der das Recht des Stärkeren gilt – das ist Sozialdarwinismus nach heutigem Verständnis. Wo zeigen sich die Auswirkungen dieser Theorie in Politik und Alltag?

Die Hochphase des Sozialdarwinismus liegt in der zweiten Hälfte des 19. und der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Vertreterinnen und Vertreter dieser Denkrichtung gingen davon aus, dass im menschlichen Zusammenleben ein Kampf ums Überleben stattfindet. Daraus wurden verschiedene, zum Teil dramatische politische Konsequenzen gezogen. So konnte der Politik die Aufgabe zugewiesen werden, den Kampf ums Überleben zu steuern und dafür zu sorgen, dass die „Guten" gefördert werden und sich fortpflanzen, während die „Schlechten" davon abgehalten und im Extremfall sogar getötet werden.

Wer so handeln will, maßt sich auch an zu beurteilen, welche Menschen zu den „Guten" und welche zu den „Schlechten" gehören. Die entsprechenden Merkmale können äußerlicher Art sein, z. B. geringere Intelligenz, körperliche Einschränkungen, sozialer Status oder Arbeitslosigkeit, wurden aber auch im Bereich der Genetik angesiedelt („kriminelle Eltern bringen kriminelle Kinder hervor"). Andere Erklärungsmuster – für Kriminalität beispielsweise Armut, ungünstige soziale Vorbilder und Netzwerke, fehlende Berufschancen oder Diskriminierungserfahrungen – werden in diesem Konzept nicht anerkannt.

Der Sozialdarwinismus hat im Bereich der Wissenschaft heute keine Unterstützung mehr. In gesellschaftlichen Debatten lassen sich aber gerade in den letzten Jahren wieder zahlreiche sozialdarwinistische Denkmuster erkennen. Sie sind ein Kernbestandteil rechtsextremistischer Einstellungen.



Teilnehmende einer Demonstration der Identitären Bewegung. Das Bild dient beispielhaft zur Veranschaulichung rechtsextremistischer Gruppierungen.

ARBEITSBLATT 7 SEITE 2/2

Rechtsextreme Denkmuster in Deutschland

Die SPD-nahe Friedrich-Ebert-Stiftung lässt regelmäßig untersuchen, wie weit rechtsextreme Einstellungen in Deutschland verbreitet sind. Dazu gehören auch Denkmuster, die sich unmittelbar aus sozialdarwinistischen Gesellschaftskonzepten ergeben. Die Befragten geben dabei an, ob sie bestimmten Aussagen zustimmen. Hier ein Auszug aus der Studie von 2021:

Aussage	Lehne völlig ab	Lehne überwiegend ab	Teils, teils	Stimme überwiegend zu	Stimme voll und ganz zu
Wie in der Natur sollte sich in der Gesellschaft immer der Stärkere durchsetzen.	62,4	18,0	13,2	3,2	3,2
Eigentlich sind die Deutschen anderen Völkern von Natur aus überlegen.	69,1	14,3	12,3	2,0	2,3
Es gibt wertvolles und unwertes Leben.	76,4	7,0	9,3	3,3	4,0

Quelle: Andreas Zick, Beate Küpper (Hrsg.): Die geforderte Mitte. Rechtsextreme und demokratiegefährdende Einstellungen in Deutschland 2020/21. Bonn: Dietz 2021. S. 86 f.

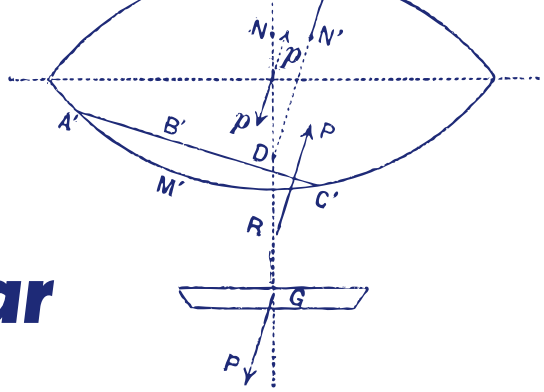
AUFGABEN

1 ***Beschreibe, welche Rolle der Sozialdarwinismus in Wissenschaft und Gesellschaft heute spielt.***

2 ***Erläutere die Vorgehensweise in der Studie der Friedrich-Ebert-Stiftung und ordne die zitierten Ergebnisse ein.***

3 ***Ein Merkmal sozialdarwinistischer Positionen ist die Überzeugung, dass die eigene Kultur höherwertiger ist als andere Kulturen. Nennt Situationen, in denen solche Positionen geäußert werden.***

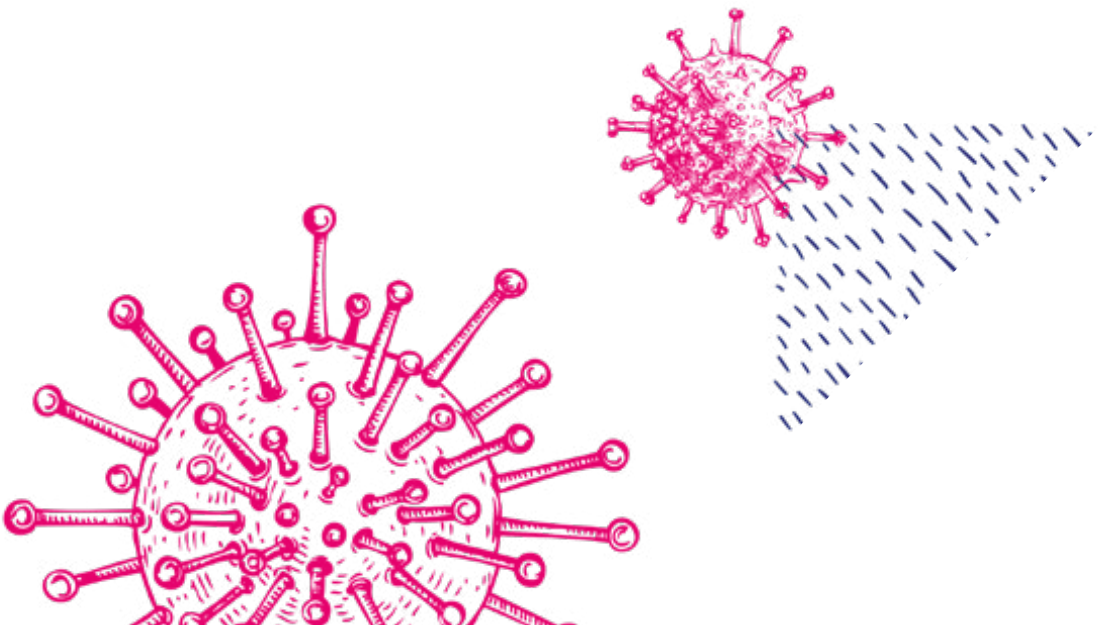
4 ***Entwickelt in Kleingruppen ein Plakat oder eine Social-Media-Kampagne, mit dem/der ihr Menschen eures Alters davon überzeugen könnt, dass sozialdarwinistische Positionen problematisch sind.***



Glossar

Argument	Argumente bestehen aus einer These, ihrer Begründung und empirischen Belegen für diese Gründe. Erst wenn diese Elemente sprachlich formuliert und zueinander in Beziehung gesetzt werden, entsteht ein Argument. Die Belege sind unabhängig von These und Begründung zu erbringen, z. B. durch Quellenfunde, Literaturzitate oder Daten (siehe dazu Evidenz).
Beobachtung	Siehe dazu das **Modul 6** in diesem Heft.
Daten	Siehe dazu das **Modul 5** in diesem Heft.
Empirie	Empirie meint die Erhebung, Auswertung und Interpretation von Daten. In den meisten Wissenschaften, mit der Ausnahme von z. B. Mathematik, werden Theorien auf „empirischer Grundlage", d. h. auf der Grundlage von Beobachtungen oder Experimenten formuliert, geprüft und weiterentwickelt.
Entdeckung	Siehe dazu das **Modul 2** in diesem Heft.
Evidenz	Unter Evidenz versteht man einen Beleg für eine Hypothese. Beobachtungen, Messwerte, historische Quellen etc. können genutzt werden, um die Korrektheit einer These und ihrer Begründung zu untermauern (siehe dazu Argument). Wenn diese Befunde in einem Argument verwendet werden, dienen sie als Beleg oder Evidenz. Eine bestimmte Beobachtung kann als Evidenz in verschiedenen Argumenten dienen.
Experiment	Siehe dazu das **Modul 1** in diesem Heft.
Geschichte/ Geschichts-schreibung	„Geschichte" ist nicht gleichzusetzen mit „der" Vergangenheit. Bei allem Bemühen um Sachlichkeit hat Geschichte – im Sinne von Geschichtsschreibung – stets narrativen Charakter und ist von einer bestimmten Perspektive geprägt. Verschiedene Typen von Quellen dienen als Grundlage und ihre kritische Prüfung ist wichtiger Teil der historischen Methode. Doch das Ergebnis ist auch geprägt von Vorannahmen und dem gewählten Fokus. Dies gilt besonders für die Erklärungen menschlichen Handelns in der Vergangenheit.
Historische Quellen	Historische Quellen sind Spuren der Vergangenheit, die der Geschichtswissenschaft als empirische Grundlage dienen. Texte, Gegenstände, Bilder, aber auch Feste und Rituale sowie Denkmäler und Bauwerke können als Quellen genutzt werden. Üblicherweise unterscheidet man zwischen absichtsvoll hinterlassenen „Traditionen", etwa Chroniken, und absichtslos hinterlassenen „Überresten", etwa Kochgeschirr oder persönliche Notizen. Bei der sog. „Oral History" entstehen Quellen erst durch die Befragung von Zeitzeugen.
Kausalität	Unter Kausalität versteht man die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung. Diese Beziehungen zu ermitteln und zu beschreiben ist eines der Hauptanliegen der Wissenschaft. Die Ursachen eines Ereignisses zu benennen bedeutet, dieses zu erklären. Die verschiedenen wissenschaftlichen Tätigkeiten wie Beobachten, Experimentieren oder Messen helfen dabei, diese Erklärungen zu finden. Dabei geht kein Ereignis auf eine einzige Ursache zurück, sondern auf komplexe kausale Netzwerke. In Experimenten wird versucht, einzelne Faktoren dieser Netzwerke zu isolieren und ihre Wirkung zu untersuchen.

Modelle	Siehe dazu das **Modul 3** in diesem Heft.
Scientific Community	Mit Scientific Community, engl. für „Wissenschaftsgemeinschaft", ist die Gesamtheit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gemeint oder nur die Personen eines Fachgebiets. Häufig stehen diese Personen in engem Austausch: entweder in persönlichen Gesprächen – etwa auf Konferenzen – oder indem sie ihre Publikationen lesen. Fachverbände können den sozialen Zusammenhang stärken, z. B. die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) oder die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Diskussionen und Auseinandersetzungen innerhalb dieser Gruppen von Expertinnen und Experten sind zentraler Teil der Erkenntnisgewinnung. Dazu dient auch das Peer-Review-Verfahren, die interne Qualitätsprüfung der Wissenschaft.
Simulation	Simulationen sind Modelle, die Entwicklungen über die Zeit untersuchen. Auf der Grundlage empirischer Befunde und akzeptierter Theorien werden Modelle entworfen, die sich auf zentrale Aspekte der Wirklichkeit beziehen. Diese Modelle beschreiben das Verhalten der Gegenstände, z. B. die Verbreitung von Viren, die Emission klimaschädlicher Gase, mit mathematischen Gleichungen. Auf deren Grundlage werden computerbasiert Daten gewonnen und i. d. R. grafisch aufbereitet. Für zeitliche Entwicklungen lassen sich unterschiedliche Ausgangswerte und Rahmenbedingungen wählen. So können verschiedene „Szenarien" berechnet werden. Man bezeichnet Simulationen daher auch als „virtuelle Experimente". Sie ermöglichen die Untersuchung von Gegenständen, für die reale Experimente nicht möglich sind. Der Vergleich der Simulationsdaten mit Beobachtungen und Experimenten erlaubt es zu prüfen, ob die Grundannahmen der Simulation richtig waren.
Theorie	Siehe dazu das **Modul 7** in diesem Heft.
Wissenschaftsgeschichte	Wissenschaftsgeschichte ist ein Fach an der Schnittstelle von Geistes-, Sozial- und Naturwissenschaften. Sie fragt nach dem kulturellen Umfeld von Wissenschaft und verfolgt den Wandel von Wissen beim Transfer in andere Kontexte. Außerdem untersucht sie Wechselwirkungen mit Politik, Ideologie und Gesellschaft. Verwandte Disziplinen sind z. B. Technikgeschichte und Medizingeschichte.



Literatur zur Vertiefung

Modul 1: Einfach mal probieren – wissenschaftliche Experimente

Puhle, Matthias: *Die Welt im leeren Raum. Otto von Guericke 1602–1686*, Leipzig 2002 (Magdeburger Museumsschriften 7).

Offizielle Website des CERN mit vielen Informationen: **https://home.cern**

Hauschild, M.: *Neustart des LHC: CERN und die Beschleuniger. Die Weltmaschine anschaulich erklärt.* Wiesbaden 2016.

Brocke, A.: *Externe Kommunikation des CERN 1954–1965. Themenfelder, Lösungen, Strategien.* Wiesbaden 2019.

Finger, Stanley, Piccolino, Marco: *The shocking history of electric fishes – from ancient epochs to the birth of modern neurophysiology*, Oxford u.a. 2011.

Pancaldi, Giuliano, *Volta: science and culture in the age of Enlightenment*, Princeton 2003.

Smithsonian Libraries and Archives, The Body Electric, **https://library.si.edu/exhibition/fantastic-worlds/body-electric**

Modul 2: Entdecken – völlig neu oder schon bekannt?

https://blog.museumsperlen.de/therese-von-bayern/ Ausführlicher Blogbeitrag über Therese von Bayern vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege – Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen in Bayern.

Bußmann, H.: *Ich habe mich vor nichts im Leben gefürchtet. Die ungewöhnliche Geschichte der Therese Prinzessin von Bayern 1850–1925.* 5. Aufl., München 2013.

Publikationsserver des Robert Koch-Instituts, **https://edoc.rki.de**, Briefe und Werke von Robert Koch sowie aktuelle Fachbeiträge.

Robert Koch-Institut – Geschichte, **www.rki.de/DE/Content/Institut/Geschichte/Bildband_Salon/1901-1910.html** Geschichtliches zu Robert Koch und seiner Arbeit (auch Mikroskopie) sowie Institutsgeschichte.

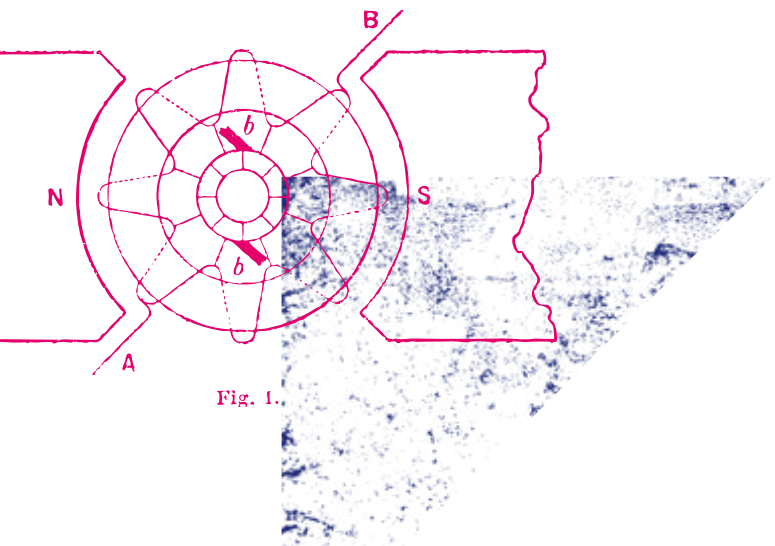


Fig. 1.

Modul 3: Modelle – die Welt im Sandkasten

https://rmp.nlm.nih.gov, „Profiles in Science", Projekt der National Library of Medicine. Ausführliche Informationen (auf Englisch) über Francis Crick und Rosalind Franklin sowie Digitalisate wichtiger Quellen.

Watson, James D.: *Double Helix.* [1968] A. Gann, J. Witkowski (Hrsg.), komment. und illustr. Ausg., New York 2012.

Chadarevian, S. de: *The Making of an Icon.* Science (2003) 300, S. 255–257.

Shigeyoshi Senga, Masatomi Fujimoto, and Taichi Tabuchi (Hg.): *Ricardo and international trade.* London, New York 2017.

Krugman, Paul R.; Obstfeld, Maurice; Melitz, Marc J. (Hg.): *Internationale Wirtschaft. Theorie und Politik der Außenwirtschaft.* München u.a. 2012 (Kapitel 3 zum Außenhandels-Modell von David Ricardo).

Joachim Starbatty: *Klassiker des ökonomischen Denkens. Von Platon bis John Maynard Keynes.* Hamburg 2019 (Kapitel zu Adam Smith und David Ricardo).

Modul 4: Wieso, weshalb, warum? Erklärungen gesucht!

Manabe, Syukuro; Broccoli, Anthony J.: *Beyond Global Warming. How Numerical Models Revealed the Secrets of Climate Change.* Princeton 2020.

Howe, Joshua P. (Hg.): *Making climate change history. Primary sources from global warming's past.* Seattle, London 2017.

English Heritage, Teaching Resources, **www.english-heritage.org.uk/learn/teaching-resources** (ausführliches Lehrmaterial mit verschiedenen methodischen Ansätzen und Medien, u.a. zu Stonehenge).

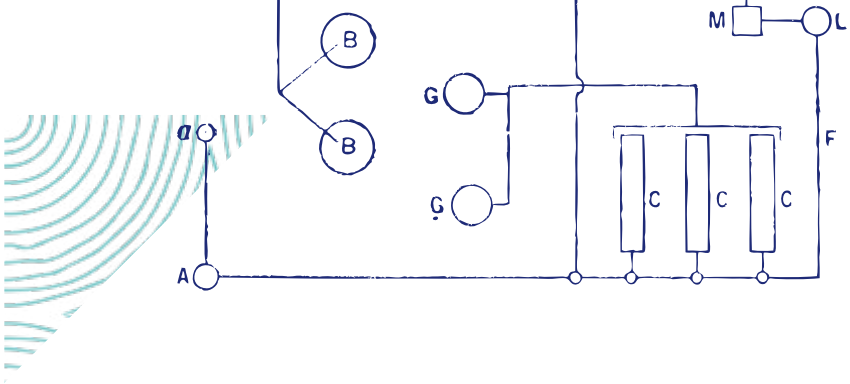
Oreskes, N., und E. Conway: *Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming.* New York 2010.

Modul 5: Daten – Grundstoff der modernen Welt

Matthews, R.: *Storks deliver Babies (p = 0.008).* Teaching Statistics (2000) 22:2, S. 36–38.

Frisinger, Howard H.: *The History of Meteorology to 1800,* New York 1977.

Feldman, Theodore S.: *Late Enlightenment Meteorology, in: Frangsmar,* Tore/Heilbron, John/Rider, Robin (Hgg.): *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century,* Berkeley 1990, S. 144–179.



Modul 6: Beobachtung – die Welt unter der Lupe

Burkhardt, R. W.: *Patterns of Behavior. Konrad Lorenz, Niko Tinbergen and the Founding of Ethology.* Chicago 2005 (zur Geschichte der Verhaltensbiologie allgemein).

Eibl-Eibesfeldt, I.: *Menschenforschung auf neuen Wegen. Die naturwissenschaftliche Betrachtung kultureller Verhaltensweisen.* Wien, München, Zürich 1976.

Kluckhohn, Florence: *The Participant-Observer Technique in Small Communities.* American Journal of Sociology (1940) 46:3.

Friedrichs, Jürgen, und Lüdtke, Hartmut: *Teilnehmende Beobachtung. Einführung in die sozialwissenschaftliche Feldforschung.* 3. Aufl., Weinheim und Basel 1977.

Unger, H. von: *Partizipative Forschung. Einführung in die Forschungspraxis.* Wiesbaden 2014 (zu partizipativer Sozialforschung).

Modul 7: Theorien – festgefügt oder immer im Fluss?

Kremer, Kerstin/Kegler, Annemarie: *Wer entdeckte den Sauerstoff? Science in fiction im Chemieunterricht*, in: Unterricht Chemie 118/119 (2010).

Susanne Rehn-Taube: *Der Feuerstoff.* In: Kultur & Technik 43/2 (2019), S. 26–30.

„Terra X"-Folge zu Phlogiston und Sauerstoff mit Mai Thi Nguyen-Kim: **www.youtube.com/watch?v=6MW_W72v-dM**

Hodge, J., und G. Radick (Hrsg.): *The Cambridge Companion to Darwin.* Cambridge 2009.

Sarasin, Ph., und Sommer, M. (Hrsg.): *Evolution. Ein interdisziplinäres Handbuch.* Stuttgart 2010.

Bundeszentrale für politische Bildung, Blogbeitrag zu Sozialdarwinismus: **www.bpb.de/themen/rechtsextremismus/dossier-rechtsextremismus/214188/was-ist-sozialdarwinismus**

Übergeordnete Literaturempfehlungen

segu: selbstgesteuert entwickelnder Geschichtsunterricht, **https://segu-geschichte.de/** (umfangreiches OER-Material für den Geschichtsunterricht, Erklärungen und Hinweise, u. a. zu Methoden. Von Schülerinnen und Schülern auch direkt zu nutzen).

Lemo Lebendiges Museum Online, **www.dhm.de/lemo** (ausführliche Infos und Quellenmaterial zu zeitlichen Hintergründen vom Vormärz bis zur Globalisierung).

bpb Bundeszentrale für politische Bildung – Lernen, **www.bpb.de/lernen** (Vernetzung von zentralen Bildungsthemen, historisch bis aktuell).

Hanisauland, **www.hanisauland.de** (Kinderseite des bpb, anschaulich aufbereitete Themen – historisch und aktuell, Material und Hinweise auch für Lehrkräfte).

Deutscher Bildungsserver, **www.bildungsserver.de/mint-faecher-11545-de.html#MINT_Unterrichtskonzepte_und_Handreichungen** (umfangreiche Hinweise und Links zur Stärkung von Kompetenzen in MINT-Fächern).

Kircher, Ernst: *Über die Natur der Naturwissenschaften lernen.* In: Physikdidaktik, 809–41. Berlin, Heidelberg: Springer, 2015.

McComas, William F.: *Nature of Science in Science Instruction. Rationales and Strategies*, o. O. 2020.

Duit, Reinders/Gropengießer, Harald/Stäudel, Lutz: *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5–10*, 2. Aufl., o.O. 2007.

Höttecke, Dietmar: *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen*, Berlin 2001.

Hößle, Corinna/Höttecke, Dietmar/Kircher, Ernst: *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*, o. O. 2004.

Heering, Peter/Kremer, Kerstin: *Nature of Science*, in: Krüger, Dirk/Parchmann, Ilka/Schecker, Horst (Hgg.): *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, Berlin 2018.

Projekt der Universität Flensburg zum Thema „Storytelling" im naturwissenschaftlichen Unterricht, um über Nature-of-Science-Aspekte zu informieren: **www.science-storytelling.eu/** (hier auch Materialien zu Otto von Guericke sowie weiterführende Literatur).

The Stanford Encyclopedia of Philosophy, **https://plato.stanford.edu**, 20.4.22.

Bildnachweise

Adobe Stock
Titel: Alexandr Bakanov, Vector Tradition, Zdenek Sasek, fogbird, drawlab19, yuromanovich, Morphart, my_stock, ~ Bitter ~, geraria, acrogame
S. 2, 35: istry
S. 3–5, 8/9, 21, 26, 38, 50, 62, 70, 73, 84, 86, 87, 89: my_stock
S. 6, 40/41, 62: Anja Kaiser
S. 10: MissesJones
S. 12, 14, 15: acrogame
S. 14: dmitriy-orlovskiy
S. 16: Archivist
S. 17: Tomas
S. 18, 20: Hein Nouwens
S. 30, 67, 85: ~ Bitter ~
S. 32: Ruslan Ivantsov, Viacheslav Lakobchuk
S. 34: Roman Samokhin
S. 35: ALF photo, rea_molko
S. 36: Golden Sikorka
S. 42: RAM
S. 43: AnnstasAg
S. 44: Visual Generation
S. 46: EnginKorkmaz
S. 47: cagala
S. 48: andrewmroland, Anneke
S. 49: Rawpixel.com
S. 55: Achim Banck
S. 57: frilled_dragon
S. 58: lynea, vectorgoods
S. 61: amorroz
S. 64: Alexander Pokusay
S. 66: Andrey Popov
S. 68: jenesesimre
S. 74: momanuma, Alexander Potapov, photocrew
S. 76: Sergey Kohl, Olena
S. 78: Mario Breda
S. 81: Vitezslav Halamka
S. 84: geraria

gettyimages
S. 10: Grafissimo
S. 68: ullstein bild / Kontributor

Wikimedia Commons
S. 13: Luigi Chiesa
S. 22: Prang Educational Co., 1893. 40802Y US Copyright Office
S. 24: Rufus46
S. 44: Armin Kübelbeck
S. 55: Alena Zielinski, Pacific Marine Environmental Laboratory
S. 58: Rijksmuseum
S. 65: Dieter Heunemann
S. 82: Metropolico.org

Weitere
S. 17: CERN / Antonio Saba
S. 22: GU 119 Bü 1166, Archiv der Herzöge von Urach, hier: Aufnahmen von Therese Prinzessin von Bayern, 1867–1925
S. 23: München, Bayerische Staatsbibliothek
S. 25: Robert Koch; Verfahren zur Untersuchung, zum Konservieren und Photographieren der Bakterien. In: Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, Heft 3. p. 399. Breslau 1877, J. U. Kerns Verlag
S. 26, 27: Robert Koch-Institut
S. 33: Science Photo Library / A. Barrington Brown, © Gonville & Caius College

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Projektteam Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt!
10117 Berlin

Idee, Redaktion, Gestaltung

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

Konzeption und Texterstellung

Ludwig-Maximilians-Universität München,
Historisches Seminar, Abt. Wissenschaftsgeschichte:
Prof. Dr. Kärin Nickelsen
Dr. des. Julia Bloemer
Cécile Hauser M. A.
Dr. Alexandra Hartmann

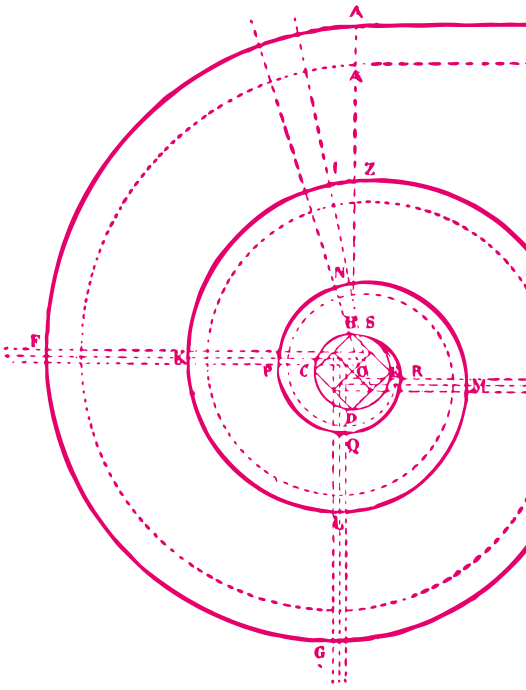
Fachredaktion:
Burkhard Wetekam
Sandra Wuttke-Baschek

Druck

BONIFATIUS GmbH Druck – Buch – Verlag
Karl-Schurz-Str. 26
33100 Paderborn

Stand: Juni 2022

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



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

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN