

Hinweise für die Lehrkraft: Unterrichtsziele – Schwerpunkte

Sachinformationen

Aus schriftlichen Überlieferungen ist bekannt, dass die Menschen schon vor über 5 000 Jahren nicht nur Dattelpalmen, sondern beispielsweise auch Pferde gezielt kreuzten, um den Nutzen für den Menschen zu erhöhen. Erst im 18. und 19. Jahrhundert bildete sich die Vorstellung heraus, dass Merkmale über mehrere Generationen weitergegeben werden. Auf dieser Grundlage führten die Menschen zunehmend häufiger Züchtungsversuche durch. So war u. a. im frühen 19. Jahrhundert die Züchtung von Blütenpflanzen – beispielsweise der Tulpen als Zierpflanzen – weit verbreitet.

Als Begründer der systematischen Erforschung von Vererbungsvorgängen gilt der österreichische Augustinermönch GREGOR MENDEL (1822–1884). Er beschäftigte sich im Garten seines Klosters in Brünn mit Vererbungsvorgängen



Abb. 1a): GREGOR MENDEL
(1822–1884)



Abb. 1b): HUGO DE VRIES
(1848–1935)



Abb. 1c): CARL CORRENS
(1864–1933)



Abb. 1d): ERICH TSCHERMAK
(1871–1962)



GALILEO GALILEI (italienischer Naturforscher;
1564–1642)

*Man kann einen Menschen nichts lehren,
man kann ihm nur helfen,
es in sich selbst zu entdecken.*

bei Gartenerbsen. Die Ergebnisse seiner systematischen Vererbungsversuche wertete MENDEL statistisch aus; seine mathematisch-naturwissenschaftliche Vorbildung hatte sicher großen Einfluss auf seine Vorgehensweise. Seine Ergebnisse veröffentlichte MENDEL bereits 1865 und 1866; allerdings fanden sie in der Fachwelt kaum Beachtung. Erst im Jahr 1900 wurden MENDELS Veröffentlichungen wiederentdeckt, in der Wissenschaft zur Kenntnis genommen und die Ergebnisse durch HUGO DE VRIES (Amsterdam), CARL CORRENS (Tübingen) und ERICH TSCHERMAK (Wien) aufgrund eigener Versuche bestätigt. Wir kennen diese Gesetzmäßigkeiten heute als MENDELSche Regeln. Zu Recht gilt GREGOR MENDEL als Begründer der modernen Genetik.

Die Fähigkeit zur Zellteilung ist ein Merkmal der Lebewesen. Während bei einzelligen Organismen die Zellteilung zu einer Reproduktion des gesamten Lebewesens führt und somit vor allem der Fortpflanzung dient, spielt die Zellteilung bei Vielzellern auch beim Wachstum und bei der Regeneration bzw. „Reparatur“ von Geweben eine wichtige Rolle. Bevor es zu einer Zellteilung kommt, muss die genetische Substanz unter Vermittlung

Maßnahmen der *äußeren* und/oder *inneren Differenzierung* bzw. *Individualisierung* Rechnung zu tragen und dem individuellen Fördern den nötigen Raum zu geben.

Darüber hinaus ist es erforderlich, durch Schaffen eines lernförderlichen emotionalen und sozialen Kontextes den naturgemäß verschiedenen neuronalen Strukturen der – jeweils mit spezifischer Kognition und Emotion ausgestatteten – Lernenden konstruktiv Rechnung zu tragen und somit möglichst optimales Lernen der Schüler zu ermöglichen.

Es stellt sich demnach *nicht* die pädagogisch-didaktische Leitfrage, ob – wie in unserem Beispiel „Genetik“ – geschlossene *oder* offene Unterrichtsformen geeignet sind bzw. welcher „Methodenmix“ im Biologieunterricht angesagt ist, sondern vielmehr – und darauf verweisen auch die neuesten empirischen Untersuchungen zu erfolgreichem Unterricht, wie beispielsweise die Metaanalysen des Melbourners Unterrichtsforschers JOHN HATTIE (2009, 2012, 2013) – ist aufzuspüren, welches die geeigneten konzeptionellen Rahmenbedingungen und Organisationsformen sowie schüler- und sachadäquaten Methoden und Medien für *diese* Schüler in *dieser* Klasse bzw. Lerngruppe und *diese* besondere Thematik sind, damit nicht nur Lernprozesse gezielt gefördert werden und Bildungsprozesse bestmöglich gelingen können, sondern auch vernünftiges Handeln sowie eine nachhaltige Handlungsbereitschaft und -fähigkeit gefördert werden.

Die breit angelegten metaanalytisch ausgerichteten Forschungsarbeiten von JOHN HATTIE (2009, 2012), denen weit über 1000 empirische Studien über erfolgreichen Unterricht zugrunde liegen, zeigen einerseits, wie wichtig für erfolgreichen, nachhaltig wirksamen Unterricht folgende Faktoren sind: eine tragfähige pädagogisch-didaktische Konzeption, eine sach- und schüleradäquate Methoden- und Medienwahl bei einer Unterrichtsthematik, eine fachlich und fachdidaktisch versierte, engagiert unterrichtende Lehrperson und ein sorgfältig abgewogener Wechsel von Instruktion und Offenheit innerhalb eines klaren, transparenten konzeptionellen Rahmens.

Andererseits lassen die HATTIESchen Metaanalysen sehr gut erkennen, dass eine nicht nur fachlich, sondern auch didaktisch-psychologisch kompetente Lehrperson, die das erworbene fachliche, fachdidaktische und pädagogisch-psychologische Wissen auch auf Unterricht anwenden kann und der die Förderung von Lernprozessen bei den einzelnen Schülern sowie gezielte Rückmeldungen an die Person des Lernenden wichtig sind, eine ganz entscheidende Variable für gelingenden Unterricht darstellt.

Im Sinne von **Zielsetzungen, Schwerpunkten** und **Unterrichtszielen** wird in der Lehr-Lern-Einheit „Genetik“ – erarbeitet mittels der Methode des Lernens an Stationen – angestrebt, dass die Jugendlichen nach Bearbeitung der Stationen einen guten Lern- und Erkenntniszuwachs haben und folgende **Kompetenzen** erwerben können.

Fachlich-sachliche Kompetenzen:

Die Lernenden ...

- ... können den elektronenmikroskopischen Bau von pflanzlichen und tierischen Zellen korrekt beschriften, die wichtigsten Teile einer Zelle benennen und mindestens drei Unterschiede von pflanzlichen und tierischen Zellen aufzeigen.
- ... sind in der Lage, die Aufgaben von mindestens sechs Teilen einer Zelle korrekt zu beschreiben.
- ... können erläutern, welche Charakteristika der Zellkern hat.
- ... können beschreiben, was ein Karyogramm ist und wie sich die Karyogramme von Frau und Mann unterscheiden.
- ... sind in der Lage, Mitose und Meiose zu beschreiben.
- ... können ein Kreuzungsschema zur Vererbung von Blutgruppen (AB0-System) entwickeln und erläutern.
- ... können die Vererbung des Geschlechts beim Menschen beschreiben und geschlechtsgebundene Erkrankungen nennen.
- ... können die methodische Vorgehensweise von GREGOR MENDEL bei seinen Versuchen mit Erbsen sowie die drei MENDELSchen Regeln nennen und anwenden.

immer wieder bewusst machen, d. h., den formativen und summativen **Feedback-Gesprächen** in der Lerngruppe sowie denen zwischen Schülern und Lehrperson kommt eine entscheidende Rolle bei diesem Lehr-Lern-Prozess zu (vgl. HATTIE 2009, 2012).

Die ersten zwei Stationen haben orientierenden Überblickscharakter, d. h., es ist empfehlenswert, wenn alle Lernenden mit diesen beiden Stationen in arbeitsgleicher Kleingruppenarbeit beginnen und sich im selbstständigen Arbeiten in Gruppen üben können.

Am Ende der Stationenarbeit sollte auf eine **Lernerfolgs- bzw. Ergebnissicherung** und gemeinsame Vergewisserung über die korrekten Ergebnisse an den einzelnen Stationen und eine Reflexion des Stationenlernens im Sinne von Meta-Unterricht auf keinen Fall verzichtet werden. Hierzu bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, von denen einige im Folgenden im Sinne einer Auswahl genannt sind:

- Jeweils eine Schülergruppe stellt die Ergebnisse *einer* bestimmten Lernstation vor (mittels Versuchen, Plakaten, Powerpoint-Präsentation etc.).
- Die Ergebnisse jeder Lernstation werden im *Klassengespräch* besprochen und gemeinsam fixiert.
- Der *Erwartungshorizont* für jede Station liegt auf einem bestimmten Tisch im Klassenzim-

mer oder Fachraum aus, sodass die Schüler ihre Ergebnisse mit denen der Modelllösung vergleichen und die eigenen Lösungen ggf. korrigieren und komplettieren können.

- Jede Schülergruppe erstellt für eine Station – „in geheimer Mission“ für die ihr zugewiesene/von ihr in Absprache mit der Lehrperson gewählte Station – eine Testaufgabe mit Erwartungshorizont; in einem abschließenden Wettbewerb können sich die einzelnen Gruppen untereinander messen und feststellen, welches Gruppenergebnis (ermittelt mittels Punktzahl) sie erzielt haben und auf welchem Rang innerhalb der Klasse sie „gelandet“ sind.

Lösungen

Die Lösungen zu den einzelnen Stationen, die beispielsweise an einem „Lösungstisch“ während der Stationenarbeit ausgelegt werden können und der Förderung der Selbstkontrolle, Selbstständigkeit und Eigenverantwortung dienen, sind benutzerfreundlich in diesem Heft ab Seite 64 abgedruckt. Die Lösungen können beispielsweise als Erwartungshorizont der Lehrperson sowie zur **Schülerselbstkontrolle** bei Vortest und Nachtest eingesetzt – und während der Stationenarbeit an zentraler Stelle im Klassen- oder Fachraum ausgelegt – werden. So kann das selbstständige, eigenverantwortliche, ziel- und prozessorientierte Lernen der Jugendlichen gezielt gefördert werden.

2. Ordne den einzelnen Organismenarten die jeweiligen Chromosomenzahlen zu. (4 P.)

Lebewesen	hier die Verbindungslinien einzeichnen	Anzahl der Chromosomen pro Körperzelle
Mensch		4
Stechmücke 		216
Fruchtfliege (Drosophila) 		48
Gorilla 		78
Schachtelhalm 		46
Hund		8

3. Kreuze an, welche der folgenden Aussagen auf Mitose und/oder Meiose zutreffen. (4 P.)

	trifft auf Mitose zu	trifft auf Meiose zu
Ist eine Form der Zellkernteilung		
Chromosomenzahlen der Tochterzellen sind gleich groß wie die Chromosomenzahlen der Mutterzelle		
Auch erbgleiche Teilung genannt		
Auch erbungleiche Teilung oder Reduktionsteilung genannt		
Durch diese Art der Zellteilung entsteht aus einer befruchteten Eizelle ein vielzelliger Organismus		
Es entstehen Geschlechtszellen (Gameten)		
Läuft beim Menschen nur in den Eierstöcken bzw. Hoden ab		
Ist für das Verheilen einer Wunde verantwortlich		

Station 3: Chromosomen

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Die Erbinformation ist im Zellkern der Zellen in den Chromosomen gespeichert.

An dieser Station lernt ihr Näheres über Chromosomen kennen.

Material: Biologiebuch, Biologielexika, ggf. Internet

Aufgaben

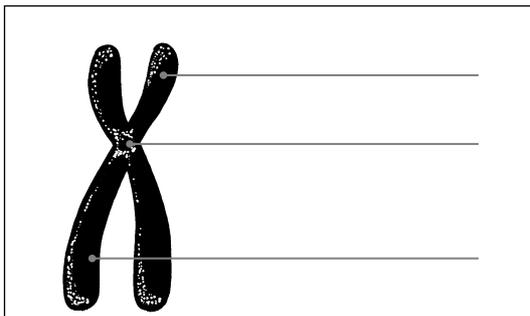
1. Vervollständigt den folgenden Lückentext zum Thema „Zellkern und Chromosomen“.

Der Zellkern ist von einer _____ umgeben, die man _____ nennt. Diese enthält _____ (kleine Löcher), durch die _____ und Informationen zwischen dem Zellkern und dem _____ ausgetauscht werden können.

Im Innern des _____ befinden sich Strukturen, die fadenförmig aussehen. Die Gesamtheit dieser Strukturen nennt man _____ gerüst. In bestimmten Stadien der Zellteilung erkennt man längliche Strukturen (s. Abbildung unten bei 2.), die man _____ nennt. In diesen ist die _____ information enthalten. Erst im Jahr 1911 konnte der Amerikaner Thomas Hunt _____ (1866–1945) nachweisen, dass die _____somen die Träger der Erb_____ sind.

Folgende Wörter sind einzusetzen: *Chromatin-, Chromo-, Chromosomen, Erb-, -information (-anlagen), Kernhülle, Membran (Hüllmembran), Morgan, Poren (Kernporen), Stoffe, Zellkerns, Zellplasma*

2. In der Abbildung ist ein 2-Chromatid-Chromosom schematisch dargestellt. Beschriftet die Skizze.



Verwendet folgende Begriffe zum Beschriften:
Zentromer, Chromatid1, Chromatid2.

Zelltyp	Chromosomenzahl beim Menschen
Nervenzelle	46
Muskelzelle	46
Hautzelle	46
Eizelle	23
Spermienzelle	23

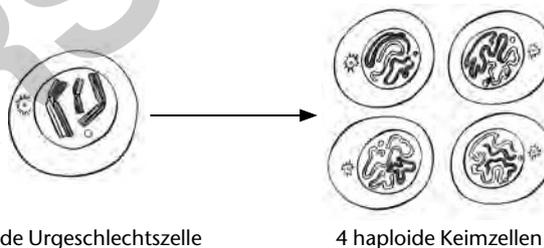
3. Vervollständigt den folgenden Lückentext. Setzt dazu die unten stehenden kursiv gedruckten Begriffe an den richtigen Stellen in die Lücken ein.

Untersucht man die Chromosomen einer Körperzelle, so stellt man fest, dass jeweils _____ Chromosomen sich in _____ und Größe gleichen. Man sagt, dass jeweils zwei solche Chromosomen _____ (gleich) sind. Man spricht deshalb von einem _____ (diploiden) Chromosomensatz. Beim Menschen besteht der Chromosomensatz einer Körperzelle aus 2-mal _____ Chromosomen, da der Mensch pro Körperzelle einen Chromosomensatz von insgesamt _____ Chromosomen hat. In einer Körperzelle eines Menschen befinden sich demnach _____ Chromosomenpaare.

Untersucht man dagegen Keimzellen (_____ zellen), so stellt man fest, dass sie nur einen _____ Chromosomensatz haben. Eine menschliche Eizelle oder eine menschliche _____ zelle hat nur _____ Chromosomen, die alle _____ (unterschiedlich) sind, d. h., in den Geschlechtszellen findet man keine _____ -paare. Man sagt, die Geschlechtszellen sind _____ (und nicht diploid wie die Zygote oder die Körperzellen).

Den Vorgang, bei dem aus einer _____ Körperzelle oder Ur-Geschlechtszelle _____ Keimzellen mit jeweils _____ Chromosomensatz entstehen, nennt man mit dem Fachbegriff _____ ose.

Schema der Meiose (Keimzellen- oder Geschlechtszellenbildung):



Das Ergebnis der Meiose sind _____ haploide _____ zellen (Gameten), die alle die gleiche Chromosomen _____ haben. Eine menschliche Geschlechtszelle hat also im Zellkern nur _____ Chromosomen.

Verschmelzen bei der Befruchtung zwei _____ Zellkerne von Eizelle und Samenzelle miteinander, so hat die dabei entstehende _____ (= befruchtete Eizelle) wieder einen diploiden (doppelten) _____; beim Menschen sind dies _____ Chromosomen.

Setzt in den obigen Lückentext die folgenden Begriffe / Wörter ein: *haploide, 23, doppelten, haploid, Chromosomensatz, -zahl, einfachen, Mei-, vier, Chromosomen-, diploiden, Geschlechts-, 46, 46, vier, einfachem, Samen-, homolog, zwei, 23, Form, Geschlechts-, 23, verschieden, 23, haploide, Zygote*

Station 8: Vererbung des Geschlechts beim Menschen

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Manche Eltern wünschen sich ein Mädchen, andere einen Jungen. Doch beeinflussen können sie das Geschlecht ihres Kindes nicht. An dieser Station lernt ihr, wie das Geschlecht eines Menschen festgelegt wird.



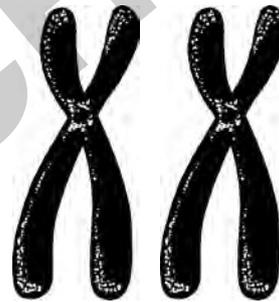
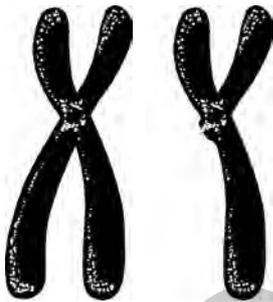
Material: Informationstext, ggf. Schulbuch oder Internet

Aufgaben

1. Ein Mensch hat viele Billionen Körperzellen. Wie viele Chromosomen und Chromosomenpaare hat ein Mensch im Zellkern jeder seiner Körperzellen?

_____ Chromosomen, d. h. _____ Chromosomenpaare pro Körperzelle

2. Entscheidet und begründet, welcher der beiden folgenden Chromosomensätze zu einem Mädchen bzw. einer Frau und welcher zu einem Jungen bzw. Mann gehört.



Chromosomensatz _____

Chromosomensatz _____

Begründung: _____

3. Die Chromosomen im Zellkern einer Körperzelle unterscheiden sich.

- a) Erklärt, was man unter Autosomen und was man unter Gonosomen versteht.

Autosomen: _____

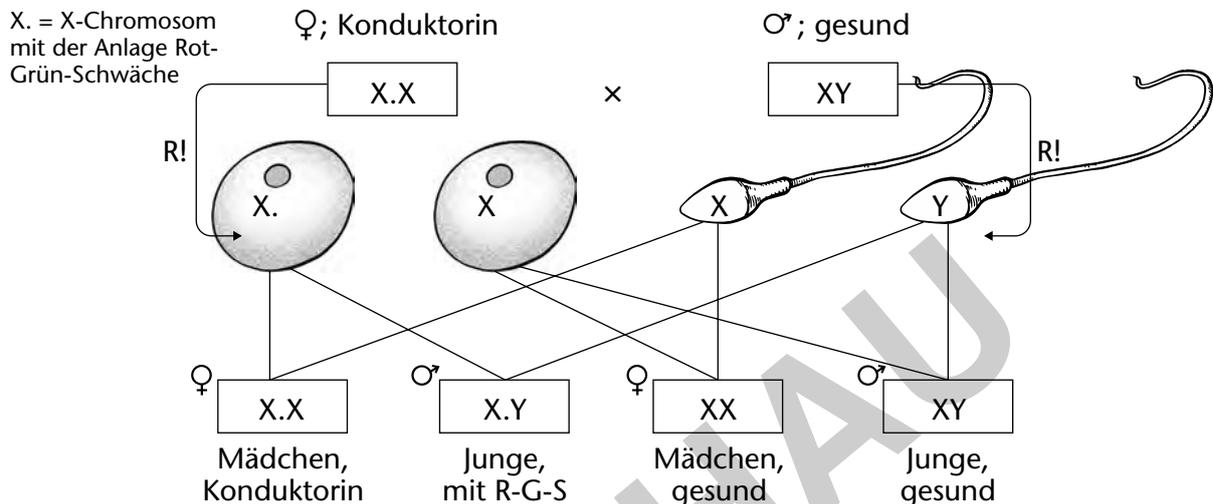
Gonosomen: _____

- b) Wie viele Chromosomenpaare an Autosomen und an Gonosomen sind im Zellkern einer Körperzelle beim Menschen zu finden?

Anzahl der Autosomenpaare pro Zellkern: _____

Anzahl der Gonosomenpaare pro Zellkern: _____

Ist das X-Chromosom eines Mannes von einer derartigen Mutation betroffen, so leidet er an der **Rot-Grün-Sehschwäche (R-G-S)** bzw. Rot-Grün-Blindheit. Ist dagegen nur eines der beiden X-Chromosomen einer Frau von dieser Mutation betroffen, so wird das betreffende mutierte Gen von dem nicht mutierten Gen auf dem anderen X-Chromosom überdeckt (dominiert). Man sagt, dass das defekte Gen rezessiv ist. Diese Frau ist rein äußerlich (phänotypisch) gesund, kann aber die Erkrankung auf die Nachkommen übertragen, da ein bestimmtes Gen auf einem X-Chromosom mutiert ist. Eine Frau, die selbst gesund ist und dennoch die Krankheit an die Kinder weitergeben kann, nennt man Überträgerin oder Konduktorin.



Mädchen und Frauen leiden nur dann an der Rot-Grün-Sehschwäche, wenn beide X-Chromosomen einer Zelle jeweils ein defektes Gen tragen: Ein X-Chromosom mit der Anlage haben die Kinder in diesem Fall vom Vater und ein X-Chromosom der Anlage haben die Kinder von ihrer Mutter geerbt.

Bluterkrankheit (Hämophilie)

Normalerweise gerinnt unser Blut nach einer Verletzung recht schnell innerhalb weniger Minuten. So wird verhindert, dass wir selbst an kleinen Kratzern verbluten. Die Blutgerinnung ist ein komplexer Vorgang, an dem recht viele Faktoren beteiligt sind. Bei der Bluterkrankheit fällt ein Faktor aus, sodass das Blut auch nach 15 Minuten nicht gerinnt. Man spricht dann von der Bluterkrankheit. Die Krankheit ist nicht ansteckend.

Ganz ähnlich wie bei der Rot-Grün-Sehschwäche bzw. -Blindheit kommt auch die Bluterkrankheit fast nur bei Männern vor. Die Ursache für diese Erkrankung ist auch ein mutiertes Gen auf dem X-Chromosom. Da auf dem Y-Chromosom kein Gen für die Blutgerinnung liegt, leidet jeder Mann an der Bluterkrankheit, wenn er auf dem X-Chromosom das defekte Gen hat. Solche Männer nennt man auch „Bluter“. Etwa 0,1 Promille der Männer in Mitteleuropa sind Bluter, d. h., unter 10 000 neugeborenen Jungen ist einer Bluter. Bluterinnen sind sehr selten infolge der notwendigen Kombination von zwei X-Chromosomen mit dem betreffenden Gen. Ihre Häufigkeit liegt in Mitteleuropa bei 0,000 01 Promille, d. h., unter 100 Millionen Frauen ist nur eine Bluterin.

Frauen leiden – wie bei der Rot-Grün-Sehschwäche – ja nur dann an der Bluterkrankheit, wenn beide X-Chromosomen einer Zelle das defekte Gen tragen.

Sowohl Rot-Grün-Sehschwäche als auch Bluterkrankheit sind Erbkrankheiten, deren Ursachen auf dem X-Chromosom liegen. Die Anlagen für diese Erkrankungen werden X-chromosomal-rezessiv vererbt.

Station 12: Die 3. Mendel'sche Regel und Anwendung der drei Mendel'schen Regeln

Wichtiger Hinweis: Diese Station sollte erst bearbeitet werden, wenn ihr bereits die Stationen 10 und 11 zur 1. und 2. Mendel'schen Regel bearbeitet habt.

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Aller guten Dinge sind drei – und so gibt es auch drei Mendel'sche Regeln. An dieser Station lernt ihr die dritte Mendel'sche Regel kennen, in der Aussagen über die Vererbung mehrerer Merkmale gemacht werden.

Material: Schulbuch, Informationstext; ggf. Internet

Aufgaben

1. Nach den Erkenntnissen von Gregor Mendel kommt jedes Merkmal (z. B. Samenfarbe bei Erbsen, Farbe der Erbsenblüten) durch das Zusammenwirken von zwei Erbanlagen zustande. Wie nennt man diese Erbanlagen heute?

Antwort: homologe Gene oder A _____

2. Wie ist ein Lebewesen – genetisch gesehen – mit folgenden Erbanlagen für ein Merkmal (z. B. Samenfarbe, Blütenfarbe, Blutgruppe)?

Beispiel:

A A homozygot (= reinerbig) _____

A B _____

A a _____

R r _____

r r _____

Einzusetzende Wörter: *homozygot (reinerbig), heterozygot (mischerbig)*

3. Die dritte Mendel'sche Regel beschreibt, wie nicht nur eine Anlage, sondern mehrere Anlagen bei Lebewesen vererbt werden. Ergänzt die fehlenden Wörter.

Die verschiedenen Erbanlagen werden _____ miteinander gekoppelt, sondern _____ voneinander vererbt. Diese _____ Mendel'sche Regel nennt man deshalb auch _____ regel oder _____ von der Neukombination der Erb_____.

Einzusetzende Wörter: *dritte, unabhängig, -anlagen, Regel, Unabhängigkeits-, nicht*

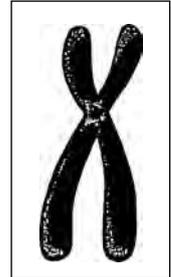
Station 15: DNA – die Säure, aus der die Gene sind

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

In der befruchteten Eizelle (Zygote), aus der wir uns entwickelt haben, befanden sich bereits alle unsere Erbanlagen (Gene). Seit fast 100 Jahren weiß man, dass die Gene in den Chromosomen liegen.

An dieser Station lernt ihr den Stoff kennen, aus dem die Gene bestehen: die DNA.

Material: Schulbuch, räumliches DNA-Modell aus der Biologiesammlung, ggf. Internet



Aufgaben

1. Die Erbinformation ist chemisch gesehen eine Säure, die meist mit den drei Buchstaben DNA abgekürzt wird. Wie heißt diese Substanz?

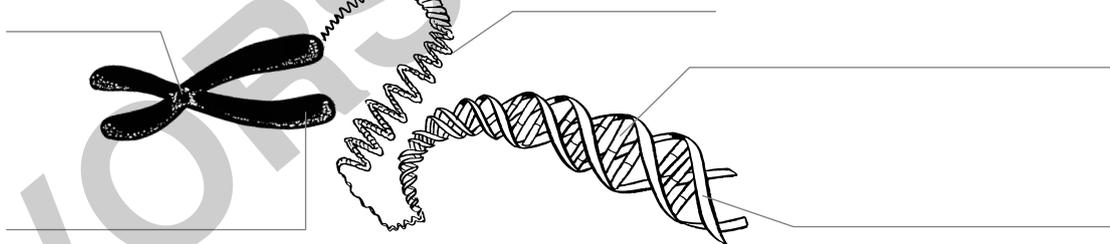
D _____ acid Hinweis: engl. acid = Säure

2. In der Abbildung ist ein Chromosom mit der DNA stark vereinfacht dargestellt.

- a) Sieh dir das räumliche Modell der DNA aus der Biologiesammlung und die Abbildung unten an und finde heraus, wie viele verschiedene chemische Stoffe am Aufbau der DNA beteiligt sind. Kreise die richtige Zahl ein:

2 4 6 8 10 15 20

- b) Beschrifte die Abbildung und verwende dazu folgende Begriffe: *Zentromer, verdichtetes Chromosom, Bausteinpaar einer „Sprosse“, DNA-Faden, Zucker-Phosphat-„Seil“*



3. Die eigentliche Erbinformation, die von Lebewesen zu Lebewesen verschieden ist, wird durch vier organische Basen der DNA festgelegt.

- a) Wie heißen die vier Basen und wie werden sie abgekürzt (Buchstabe)?

- b) Wie viele verschiedene Basenpaare gibt es? Kreise die richtige Zahl ein.

1 2 3 4 5 6

- c) Schreibe zwei Basenpaare (Bausteinpaare einer DNA-„Sprosse“) auf und verwende dabei die Abkürzungen der Basen.

Station 19: Gentechnik

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Auf manchen Lebensmitteln steht der Hinweis „Ohne Gentechnik“. Fragt man einen Arzt oder Apotheker, ob Medikamente ohne Gentechnik hergestellt werden können, so erhält man eine vielsagende Antwort. Ist Gentechnik gut oder nicht gut, gefährlich oder harmlos? Die Antwort ist schwierig, weil die Gentechnik viele Facetten hat.

An dieser Station könnt ihr euch einen Einblick verschaffen, was Gentechnik ist und welche Chancen und Gefahren damit verbunden sind.



Material: Biologiebücher, Informationstext, Biologie-Lexika, ggf. Internet

Aufgaben

1. Beschreibt kurz in wenigen Sätzen, was man unter „Gentechnik“ versteht.

2. In der Abbildung ist das Prinzip der Gentechnik am Beispiel der gentechnischen Insulinherstellung stark vereinfacht dargestellt. Schneidet die folgenden Textbausteine aus und ordnet sie den einzelnen Phasen in der Abbildung zu.

Das Kolibakterium mit dem Fremd-Gen („Insulin-Gen“) in einem Plasmid wird nun in einem Bioreaktor unter optimalen Bedingungen (Temperatur, Nährsalze, pH-Wert usw.) vermehrt.

Die gentechnisch veränderten Kolibakterien bilden nun das Hormon Insulin. Die Bakterien werden dann getötet und das Insulin aus der Zellmasse gewonnen. Das Insulin wird nun aufbereitet, gereinigt und steht dann den Diabetikern zur Verfügung.

Zunächst gewinnt man aus einer Spenderzelle mithilfe von Schneide-Enzymen die Abschnitte der DNA, die die Erbinformation für die Synthese von Insulin enthalten.

Das neu kombinierte Plasmid mit dem Gen für die Insulinsynthese wird in ein Kolibakterium eingeschleust. Man spricht von einem Gen-Transfer.

In einem weiteren Schritt werden die Gene für die Insulinsynthese in Kolibakterien (Darmbakterien) geschmuggelt. Hierfür baut man die DNA in ein Plasmid (ringförmiges DNA-Molekül) des Bakteriums ein.

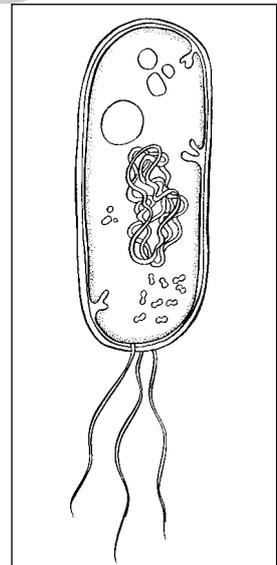
Informationstext zu Station A: Prokaryonten und Eukaryonten

Prokaryonten und Eukaryonten. In der Biologie unterscheidet man zwei große Gruppen von Lebewesen: Prokaryonten (auch Prokaryoten genannt; von griech. *pro* = vor und *karyon* = Kern) und Eukaryonten (auch Eukaryoten genannt; von griech. *eu* = gut und *karyon* = Kern). Die Prokaryonten haben in ihren Zellen im Gegensatz zu Eukaryonten keinen vom Plasma abgegrenzten Zellkern. Zu den Prokaryonten gehören alle Bakterien und Blaualgen. Alle anderen Lebewesen (Moose, Farn, Blütenpflanzen, Insekten, Wirbeltiere usw.) gehören zu den Eukaryonten und haben einen durch eine Membran abgegrenzten Zellkern in ihren Zellen.

Prokaryonten sind so klein, dass man sie mit dem bloßen Auge nicht sehen kann. Trotzdem sind sie da, ob im Meer (auch in der Tiefsee), im Boden (auch in Mooren), in kochend heißen Quellen oder auf und in Lebewesen: Allein im Verdauungstrakt eines einzigen Menschen gibt es zahlenmäßig weit mehr Prokaryonten als die Zellen aller Menschen, die bislang gelebt haben.

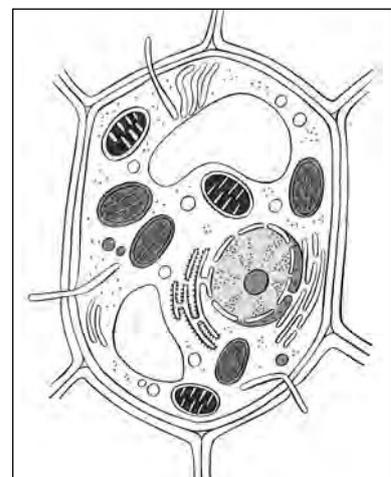
Steckbrief Prokaryonten

- älteste Lebewesen
- Größe: 0,5 bis 10 μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$)
- einzellig
- kein vom Plasma abgegrenzter Zellkern
- dazu gehören: alle Bakterien und Blaualgen
- DNA als nackter, ringförmiger Faden an der Zellmembran angeheftet
- Fortpflanzung und Vermehrung: ungeschlechtlich durch Querteilung
- einige Arten mit Fotosynthese oder Chemosynthese
- weit weniger als 1 ‰ der Prokaryonten sind Krankheitserreger
- produzieren z.T. sehr starke Gifte (Toxine) wie beispielsweise das Botulin (= Gift der Botulinusbakterien, die in verdorbenem Fleisch oder Fisch leben; schon die winzige Menge von 0,01 mg ist für einen Menschen tödlich infolge Lähmung u. a. der Atem- und Herzmuskulatur)

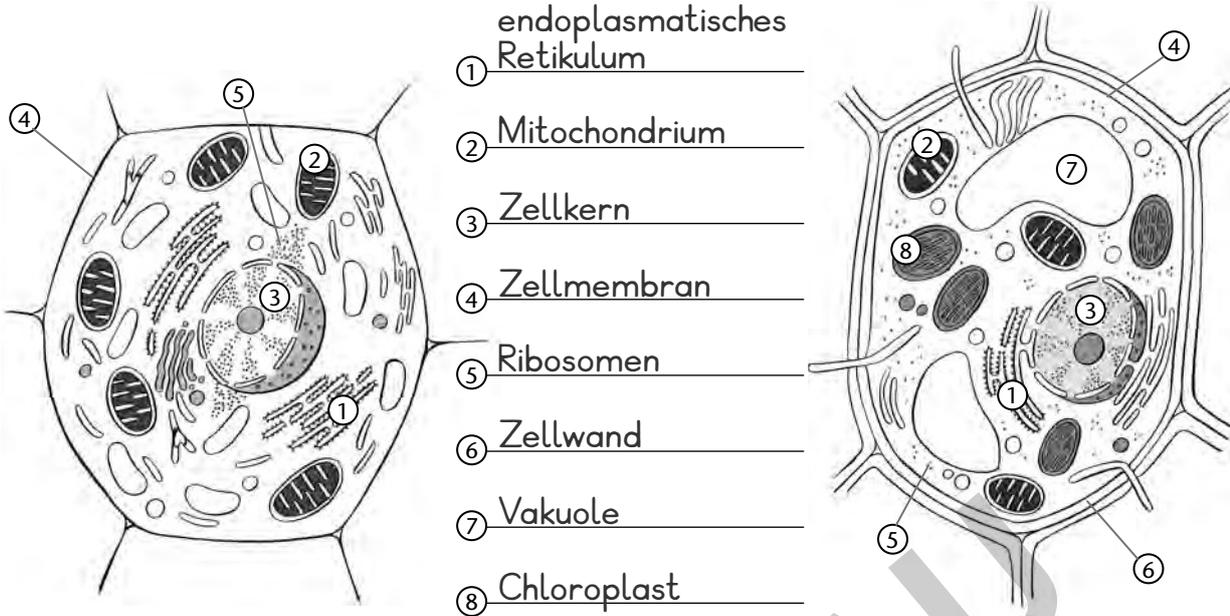


Steckbrief Eukaryonten

- Zellen mit Zellkern, der durch eine Membran vom Zellplasma abgegrenzt ist
- ein- oder vielzellige Organismen
- membranumhüllte Organellen (z. B. Chloroplasten, Mitochondrien)
- Zellskelett (Zytoskelett) stabilisiert die Form der Zelle
- haben sich aus Prokaryonten entwickelt (so die Theorie)
- hierzu gehören alle höheren Lebewesen und auch wir Menschen
- Zellen stark in verschiedene Reaktionsräume gegliedert



1.

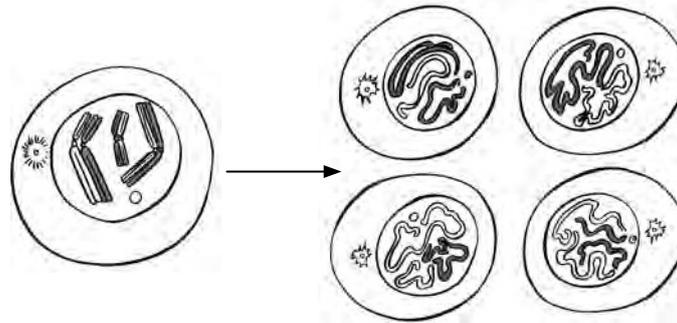


Zellbestandteile	Aufgaben	Vorkommen bei ...	
		tierischen Zellen	pflanzl. Zellen
Zellkern	Steuert die Stoffwechselvorgänge in der Zelle; enthält die Chromosomen als Träger der Erbinformation	x	x
Zellwand	Schützt die Zelle vor mechanischen Umwelteinflüssen; gibt der Zelle ihre Form		x
Mitochondrien	„Kraftwerke“ der Zelle	x	x
Kernmembran	Grenzt den Zellkern vom Plasma ab	x	x
Chloroplasten	Fotosynthese		x
Zellplasma	Ort zahlreicher Stoffwechselvorgänge; Speicherung von Stoffen	x	x
Vakuole	Speicherung von Abfall- und Farbstoffen		x
Ribosomen	Synthese von Proteinen	x	x
Zellmembran	Abgrenzung des Zellplasmas	x	x

2.

Lebewesen	hier die Verbindungslinien einzeichnen	Anzahl der Chromosomen pro Körperzelle
Mensch		4
Stechmücke		216
Fruchtfliege (Drosophila)		48
Gorilla		78
Schachtelhalm		46
Hund		8

Schema der Meiose (Keimzellen oder Geschlechtszellenbildung):



Diploide Urgeschlechtszelle

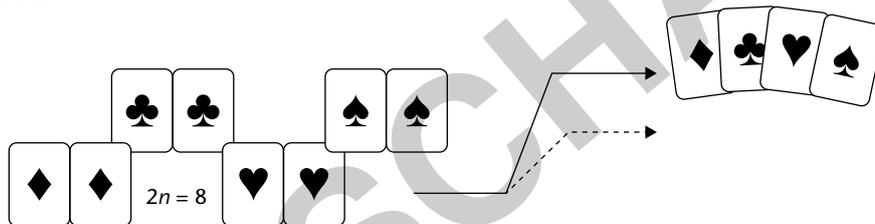
4 haploide Keimzellen

Das Ergebnis der Meiose sind vier haploide **Geschlechtszellen** (Gameten), die alle die gleiche Chromosomenzahl haben. Eine menschliche Geschlechtszelle hat also im Zellkern nur **23** Chromosomen. Verschmelzen bei der Befruchtung zwei **haploide** Zellkerne von Eizelle und Samenzelle miteinander, so hat die dabei entstehende **Zygote** (= befruchtete Eizelle) wieder einen diploiden (doppelten) **Chromosomensatz**; beim Menschen sind dies **46** Chromosomen.

Station 6: Kombination des Erbgutes bei der Befruchtung

Lösungen

1. a) Antwort: Es gibt 2/4/6/8/10/12/14/16/18/20/40/80 Kombinationsmöglichkeiten.
Schema/Modell:



- b) Antwort: Mathematische Formel 2^n (n = Anzahl der Chromosomen)
Das heißt, es gibt beim Menschen $2^{23} = 8\ 388\ 608$ Kombinationsmöglichkeiten.

2. Die Neukombination des Erbgutes bei der Befruchtung hat den Vorteil, dass ...
- immer wieder zufällige genetische Konstellationen entstehen, die unterschiedlich gut an neue Lebensbedingungen angepasst sind und die „besser angepassten“ eher überleben und sich fortpflanzen können.
 - die Natur gerne spielt und nach Belieben die Gene neu kombiniert.
 - die Variationsbreite unter den „Geschwistern“ recht groß ist und die Natur damit offen bleibt für sich ändernde Lebensbedingungen.

Station 7: Vererbung der Blutgruppen beim Menschen (AB0-System)

Lösungen

1.

Blutgruppen (Phänotyp)	Blutgruppe A	Blutgruppe B	Blutgruppe AB	Blutgruppe 0
Merkmale				
Antigen(e) ... auf den roten Blutzellen	A	B	AB	–
Antikörper ... im Blutplasma	Anti-B	Anti-A	–	Anti-A Anti-B

4. a) dominant-rezessiver Erbgang: Eine Anlage (ein Gen) ist dominant (hervortretend), das andere ist rezessiv (wird überdeckt).
Beispiel: Die rote Blütenfarbe bei der Gartenerbse wird dominant vererbt, die weiße Blütenfarbe wird überdeckt, d. h., die Blüten von F1 sind einheitlich rot.
- b) ko-dominanter Erbgang: Beide Anlagen sind gleich dominant und werden so vererbt.
Beispiel: Anlagen für die Blutgruppe A und Blutgruppe B (Blutgruppe AB)
- c) intermediärer Erbgang: Die Mischlinge (Bastarde, Hybride) der F1-Generation liegen zwischen den Merkmalen der P-Generation.
Beispiel: Kreuzt man weißblühende Wunderblumen mit rotblühenden Wunderblumen, so sind die Nachkommen in F1 einheitlich rosa.

Station 11: Die 2. Mendel'sche Regel (Spaltungsregel)

Lösungen

1. Die F2-Erbseensamen waren nicht einheitlich **gelb** gefärbt, wie Mendel aufgrund der Erbsenfarbe der F1-Generation erwartet hatte. Neben **gelben** Erbsensamen (= gleiche Erbsenfarbe wie bei der F1-Generation) traten nun auch wieder **grüne** Erbsensamen auf. Mendel zählte die Erbsensamen der F2-Generation und fand folgende Zahlen: **6022** gelbe Erbsensamen und **2001** grüne Erbsensamen. Dies entspricht einem **Zahlenverhältnis** von etwa $\frac{3}{4} : \frac{1}{4}$, d. h. 3 : 1.
 Diese Erkenntnisse wurden später in der **2. Mendel'schen Regel** zusammengefasst: Kreuzt man zwei Lebewesen der **ersten Tochtergeneration** (F1) unter sich, so spalten sich die Merkmale in einem **bestimmten** Zahlenverhältnis auf: **3 zu 1**. Aufgrund dieses Ergebnisses nennt man die **zweite** Mendel'sche Regel auch **Spaltungsregel**.

Station 12: Die 3. Mendel'sche Regel und Anwendung der drei Mendel'schen Regeln *Lösungen*

1. Antwort: homologe Gene oder **Allele**
2. Beispiel:
 - AA** homozygot (= reinerbig) ; 2 dominante Anlagen
 - AB** heterozygot (mischerbig); 2 dominante Anlagen
 - Aa** heterozygot (mischerbig); 1 dominante und 1 rezessive Anlage
 - Rr** heterozygot (mischerbig); 1 dominante und 1 rezessive Anlage
 - rr** homozygot (reinerbig); 2 rezessive Anlagen
3. Die verschiedenen Erbanlagen werden **nicht** miteinander gekoppelt, sondern **unabhängig** voneinander vererbt. Diese **dritte** Mendel'sche Regel nennt man deshalb auch **Unabhängigkeitsregel** oder **Regel** von der Neukombination der Erbanlagen.

Station 13: Modifikationen

Lösungen

1. a)
 - Hochlandpflanze ist weniger hoch gewachsen als Tieflandpflanze
 - Hochlandpflanze hat längere / tiefere Wurzeln, die stark verzweigt sind
 - Tieflandpflanze blüht früher, hat größere Blätter, größere Blüten usw.
- b) Hochland im Vergleich zum Tiefland: kühler/kälter (insbesondere nachts), mehr UV-Strahlung / Sonneneinstrahlung, weniger Wasser
2. a) Bei der Gartenbohne wird nicht die Anlage für eine bestimmte Samenlänge vererbt, sondern die Anlage für einen Spielraum, den man auch **Variationsbreite** oder **Reaktionsnorm** nennt.
- b) Umwelteinflüsse: Licht, Feuchtigkeit, Temperatur, Bodenbeschaffenheit, Mineralstoffe, pH-Wert des Bodens, Krankheitserreger usw.
- c) Treffen viele **ungünstige (bzw. günstige)** Umweltfaktoren zusammen, so entstehen **kleine (bzw. große)** Erbsensamen. Eine Summierung nur ungünstiger Umweltfaktoren...

Erwin Graf: Genetik – Lernen an Stationen im Biologieunterricht © Auer Verlag – AAP Lehrfachverlage GmbH, Donauwörth

Bildnachweis

- S. 4 Galileo Galilei © Erica Guilane-Nachez; Fotolia.com (Nr. 41220480)
- S. 4, 38 Gregor Mendel © Coeli; Wikimedia; 19.11.2014
- S. 4 Hugo de Vries © unbekannt; Wikimedia; 19.11.2014
- S. 4 Carl Correns © Wikimedia; 19.11.2014
aus: Hans Stubbe: Kurze Geschichte der Genetik bis zur Wiederentdeckung Gregor Mendels. Jena, 2. Auflage 1965 Quelle dort: Photo Verlag Scherl, Berlin
- S. 4 Erich Tschermak © unbekannt; Wikimedia; 19.11.2014
- S. 16 Gorilla © MEV46032
- S. 32 Kinder auf Fahrrad © Monkey; Shotshop.com
- S. 39 Erbse weiß © Rasbak; Wikimedia; 20.12.2014
- S. 39 Wunderblume © Miya; Wikimedia; 20.12.2014
- S. 44 Zufallsapparat © Entwicklungslabor für Medien des Naturwissenschaftlichen Unterrichts, Prof. Manfred Gönner
- S. 45 Feuerbohne © jiangdi; Shutterstock.com (Nr. 204796939)
- S. 45 Bräune © Syda Productions; Shutterstock.com (Nr. 119394115)
- S. 46 Albinokind © Muntuwandi; Wikimedia; 19.11.2014
- S. 48 Familie © MEV 44014
- S. 50 Arzt © MEV46005
- S. 56 DNA © bahri altay; Shutterstock.com (Nr. 140746918)
- S. 57 Schäferhund © tohasiwe; Fotolia.com (Nr. 23018290)
- S. 57 Bernhardiner © Christa Eder; Fotolia.com (Nr. 12335842)
- S. 57 Dackel © Eric Isselée; Fotolia.com (Nr. 26283177)
- S. 60 Junge Trisomie 21 © Cartoonstudio Meder
- S. 61 Rosalind Franklin © dpa-picture alliance
- S. 61 James Watson © Cold Spring Harbor Laboratory; Wikimedia; 19.11.2014
- S. 61 Francis Crick © Marc Lieberman; Wikimedia; 19.11.2014