

<b>Vorwort</b> .....	4
<b>Chromosomen</b> .....	5
Chromosomen vorstellen .....	5
Chromosomen basteln .....	7
Stop Motion einer Mitose .....	9
Chromosomen im Wandel .....	11
Meiose .....	13
<b>DNA</b> .....	16
DNA isolieren .....	16
DNA-Modell aus Süßigkeiten .....	18
Replikation aus Tonpapier basteln .....	20
Die Transkription .....	24
Codierung und Decodierung .....	27
Der genetische Code .....	29
Mutationen: Kleine Ablesefehler – große Wirkung .....	31
Gentest ja oder nein? .....	33
<b>Gentechnik</b> .....	35
Natürlicher Gentransfer bei Bakterien .....	35
Gentechnik: Einbau eines Fremdgens .....	39
Gentechnik: Einbau eines Fremdgens – leistungsdifferenziert I .....	40
Gentechnik: Einbau eines Fremdgens – leistungsdifferenziert II, Teil 1 .....	41
Gentechnik: Einbau eines Fremdgens – leistungsdifferenziert II, Teil 2 .....	42
Sich über Gentechnik ein eigenes Urteil bilden .....	43

Liebe Kollegin, lieber Kollege,

kürzlich hörte ich, wie zwei junge Menschen sich beim Einkaufen über „Gentomaten“ unterhielten. „Wie gefährlich sind die eigentlich?“, fragten sie sich. Mit etwas genetischem Grundwissen kommt man darauf, dass alle Tomaten Gene enthalten, und zwar in jeder ihrer Zellen. Gentechnisch veränderte Tomaten – das war wahrscheinlich damit gemeint – kommen gar nicht in unsere Supermärkte. So oder so ähnlich findet man viele Informationslücken zur Genetik und Gentechnik. Nichtwissen ruft Ängste gegenüber Gentechnik hervor. Daher halte ich es für außerordentlich wichtig, dass Schülerinnen und Schüler sich mit diesen Themen schon früh, also in der Sekundarstufe I, intensiv auseinandersetzen und Zusammenhänge verstehen.

Leider verleiten die vielen Fachbegriffe in der Genetik dazu, vieles lediglich auswendig zu lernen. Ein Paradebeispiel hierfür sind die Themen „Mitose“ und „Meiose“. Seit Generationen lernen Schülerinnen und Schüler die vielen Phasen einfach auswendig. Die Begriffe werden nach einem Biologie-Test aber schnell wieder vergessen. Dieses Heft will Verstehensprozesse in Gang setzen. Es wird gezeigt, wie durch Erstellen eigener Stop-Motion-Sequenzen der Mitose und der Meiose die dabei ablaufenden Vorgänge in den Vordergrund rücken. Aufgrund der Auseinandersetzung mit diesen Prozessen bauen Schülerinnen und Schüler echte Verständnisse auf.

Eine Möglichkeit, Experimentierkompetenzen weiterzuentwickeln, bietet die Isolierung der DNA. So erfahren Ihre Schüler, welche ersten Schritte am Anfang eines gentechnischen Verfahrens stehen.

Anschauliche Modelle sind für das Verstehen genetischer Phänomene ebenfalls sehr hilfreich. In diesem Heft werden Chromosomen in verschiedenen Modellen durch Basteln begreifbar gemacht. Damit können sich viele Schüler die für die Vererbung wichtigen Strukturen und Prinzipien besser vorstellen. Gleichzeitig lernen sie einen reflektierten Umgang mit Modellen.

Der Aufbau der DNA ist nicht nur der Schlüssel zur Genetik, sondern auch zur Gentechnik. Über das Basteln eigener DNA-Modelle, sei es mit Konfekt oder mit Papiermodellen, lernen Ihre Schüler spielend den Umgang mit dem „Alphabet des Lebens“ und verstehen so die Verschlüsselung der Erbinformation. Haben Ihre Schüler dieses universelle Prinzip, den genetischen Code, einmal verstanden, wird es ihnen leichtfallen, gentechnische Verfahren nachzuvollziehen. Auch hierzu können Modelle zum Anfassen gebaut werden.

Abschließend werden gentechnische Anwendungen vorgestellt, die Ihre Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen, ein eigenes Urteil über gentechnische Veränderungen an Lebewesen begründet zu fällen. Eine strukturierte Diskussionsrunde fördert ihre Bewertungskompetenz in Bezug auf Gentechnik.

Das hier vorgestellte Material kann ergänzend und unterstützend zu den Informationen in den Schulbüchern eingesetzt werden.

Im Zusatzmaterial liegen die Bastelvorlagen in einer farbigen Variante zum Ausdrucken vor. Hinzu kommen PowerPoint-Präsentationen zum Vorführen oder zum interaktiven Selbstlernen. Die PowerPoint-Präsentationen können auch als OHP-Folien genutzt werden, z. B. als Auflege-Folien. Sie sind zudem whiteboardgeeignet.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Ausprobieren!

Ihre



Dr. Astrid Wasmann

## Ziele

Die Schüler erhalten eine Einführung in Bau und Bedeutung von Chromosomen.

## Sachanalyse

Zunächst sollen die Chromosomen als Träger der Erbinformation vorgestellt werden. Chromosomen liegen in den Körperzellen doppelt vor. Man nennt die in Aussehen und Größe gleichen Chromosomen homolog. Der Mensch hat 46 Chromosomen, davon sind 44 Autosomen und zwei Geschlechtschromosomen. Alle Chromosomen zusammen bilden den Chromosomensatz eines Menschen. Bei einer Frau liegen die Geschlechtschromosomen zweimal als X-Chromosom vor. Ein Mann hat die Geschlechtschromosomen X und Y. Die Chromosomen befinden sich im Zellkern jeder Zelle. In den Körperzellen liegen sie doppelt vor. Sie sind diploid ( $2n$ ). In den Keimzellen hingegen liegt nur ein einfacher Chromosomensatz vor: Diese Zellen sind haploid ( $1n$ ).

Als Transportform liegt ein Chromosom kurz und dick vor, als Arbeitsform sind die Chromatinfäden entspiralisiert und bilden daher ein langes, auch im Lichtmikroskop nicht sichtbares Chromatingerüst. Das Chromosom hat eine primäre Einschnürung, das Centromer. An dieser Einschnürung hängen die Chromatiden – das sind die Chromosomenhälften – zusammen. Am Centromer setzen die Spindelfasern an, die die Chromosomenhälften in der Anaphase der Mitose (= fortgeschrittenes Mitose-Stadium) auseinanderziehen.

Auf den Chromosomen liegen die Gene. Das sind die Funktionseinheiten, die vererbt werden. Genauer gesagt, fasst man als Gene Abschnitte des Chromosoms zusammen, die für ein Protein codieren, also die verschlüsselte Information für die Bildung eines bestimmten Proteins enthalten.

Chromosomen verlassen nie den Zellkern. Zu wertvoll ist die in ihnen gespeicherte Erbinformation.

## Kompetenzen

Die Schüler bauen Fachkompetenzen zu den Chromosomen auf.

## Methodische Hinweise

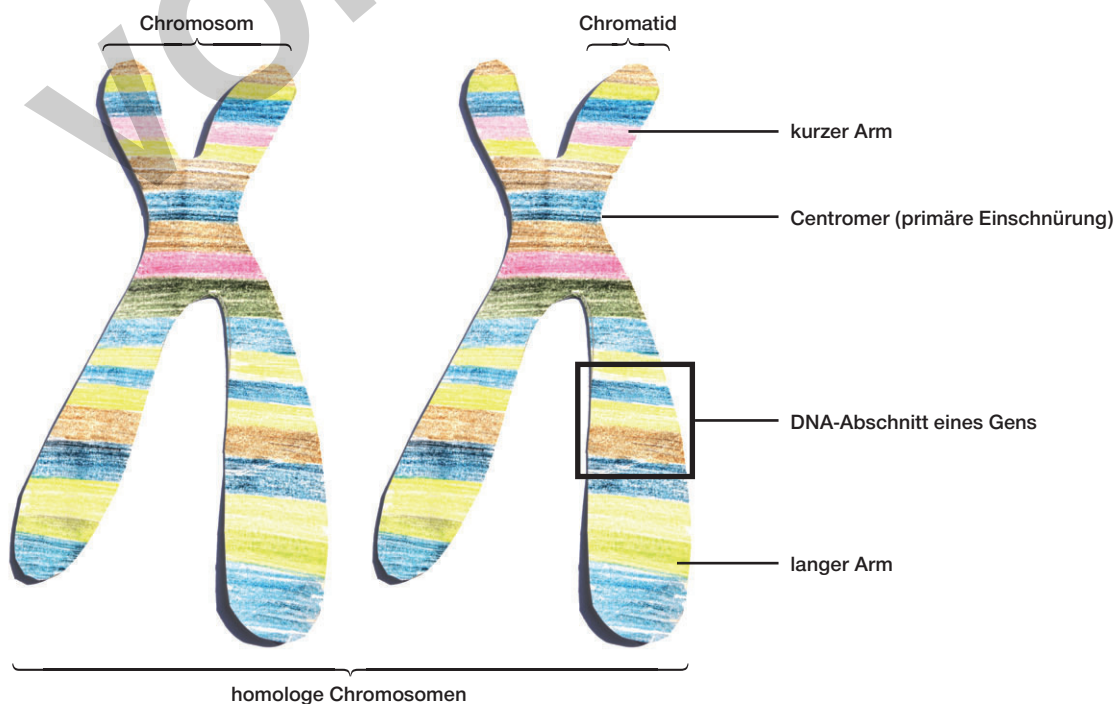
Nutzen Sie die Chromosomenvorlage auf S. 6 oder aus dem **Zusatzmaterial**. Schneiden Sie zwei Chromosomen aus.

Hängen Sie die Chromosomen an die Tafel und beschriften Sie mit Kreide die Bestandteile.

## Tipps

Vergrößern Sie die Vorlage für ein Chromosom und schneiden Sie dieses ebenfalls zweimal aus. So können Sie mit vier Chromosomen, wobei je zwei homolog sind, die Einführung gestalten.

## Lösung





## Ziele

Die Schüler sollen durch Modellbildung den Aufbau eines Chromosoms verstehen.

## Sachanalyse

Chromosomen kommen in allen Zellkernen vor. Jede Art besitzt eine für sie spezifische Anzahl. Schimpansen beispielsweise haben 48 Chromosomen, Menschen 46. Alle Chromosomen liegen in den Körperzellen doppelt vor. Diese sind in Größe und Aussehen gleich. Man nennt sie homolog. 23 Chromosomen unterscheiden sich in Größe, Aussehen und Form. Jedes Chromosom besteht wiederum aus zwei gleichen Chromatiden. Diese heften am Centromer zusammen. Das ist die engste Stelle zwischen den beiden Chromatiden. Chromosomen kann man im Mikroskop nur sehen, wenn die chemische Substanz, die DNA, stark spiralisiert ist. Das ist während der Pro- und der Metaphase einer Mitose der Fall. In der Interphase liegen die Chromosomen entspiralisiert als lange, dünne Fäden vor. Dann erscheinen sie im Mikroskop nicht.

## Kompetenzen

Die Schüler erwerben Methodenkompetenz im Modellieren. Mithilfe dieser Methodenkompetenz bauen sie Fachkompetenzen auf.

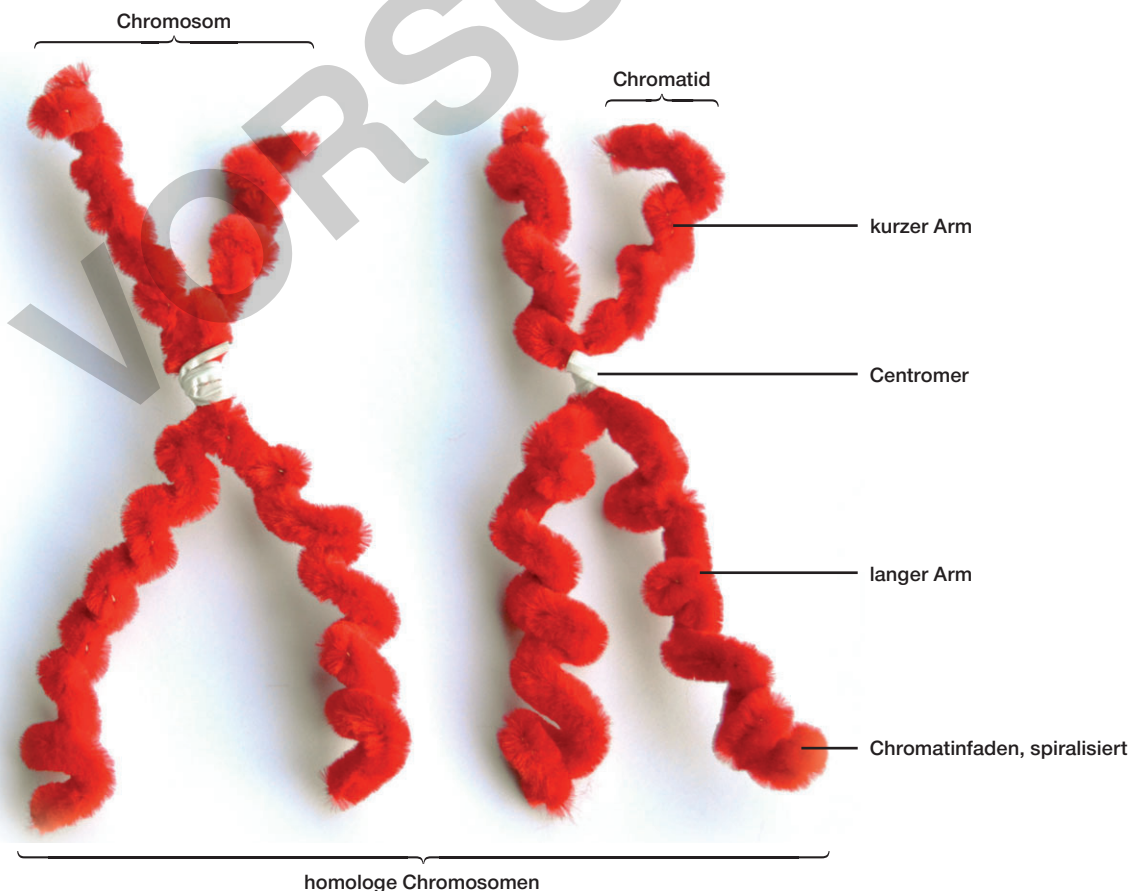
## Methodische Hinweise

Regen Sie Ihre Schüler dazu an, unterschiedlich große Chromosomen zu basteln und immer zwei identische. Sie sollten zu zweit arbeiten. Die Chromosomen-Modelle werden aufbewahrt. Für die Mitose-Aufgabe bilden zwei Zweiergruppen ein neues Viererteam. Sie können ihre schon gebastelten Chromosomen für die Stop-Motion-Aufgabe (siehe S. 10/11) wiederverwenden.

## Tipp

Statt Pfeifenreiniger können auch Metallspiralen oder Metalldraht aufgedreht und verwendet werden.

## Lösung





## Auftrag

Baut (in Zweiergruppen) ein Chromosomen-Modell und stellt euren Mitschülern den Zusammenhang von Bau und Funktion vor.

## Material

Pfeifenreiniger (oder Metalldraht), Schere, Gummiband oder Clips

## Durchführung



Nehmt zwei Pfeifenreiniger und verbindet sie an einer Stelle mithilfe eines Gummibands oder eines Clips. Dreht die Arme des Chromosoms spiralgig auf. Stellt zwei baugleiche Chromosomen her. Informiert euch im Schulbuch, wie die Bestandteile des Chromosoms heißen.

Ordnet die Teile des Modells den realen Chromosomen-Bestandteilen zu.

Modell	Chromosom

## Vorbereitung auf die Präsentation

---



---



---



---



---

## Ziele

Die Schüler sollen die Mitose als fortschreitenden Prozess erfassen und deren Bedeutung für den Erhalt des Erbguts bei jeder Zellteilung verstehen.

## Sachanalyse

Als Mitose bezeichnet man die Kernteilung, die der Zellteilung unmittelbar vorausgeht. Die komplexen Vorgänge der Mitose dienen dazu, das Erbgut identisch auf die beiden Tochterzellen zu verteilen. Dieser Vorgang ist seit Jahrzehnten recht gut bekannt und fester Bestandteil des Biologieunterrichts. Die Phasen der Mitose (Prophase, Metaphase, Anaphase und Telophase) werden von Schülergenerationen auswendig gelernt. Es ist zu bezweifeln, dass beim Auswendiglernen der Mitose-Begriffe ein tief gehendes Verständnis erreicht wird. Daher wird hier der Vorschlag gemacht, den Schwerpunkt des Unterrichts auf das Verständnis des kontinuierlichen Prozesses der Mitose zu legen. Dazu wird die Technik des Stop-Motion-Films eingesetzt.

Stop Motion ist eine Filmtechnik, die verwendet wird, um reglosen Objekten Leben einzuhauchen. So werden beispielsweise Fotos von LEGO®-Figuren gemacht, die immer wieder umgesetzt und durch das anschließende Aneinanderreihen der Fotos als Film in Bewegung gebracht werden. Die Schüler sollen die verschiedenen Stadien der Chromosomen basteln, sie auf einen gezeichneten Zellkern legen und die Stadien fotografieren. Dann werden die Bilder aneinandergereiht. Um sie anschließend als kontinuierlichen Film präsentieren zu können, fügt man die Fotos am besten in PowerPoint-Folien ein. Alternativ kann mit einer speziellen App (z. B. Stop Motion Studio) gearbeitet werden. Entweder beschreiben die Schüler in Textfeldern den Fortgang der Mitose oder sie besprechen die Folien mündlich. Die Möglichkeit des eigenen Handelns bei einem eher trockenen Thema motiviert Schüler sehr.

## Kompetenzen

Schüler erwerben Handlungskompetenz und bauen ein Verständnis durch aktive Umsetzung eines Themas auf. Sie üben kooperative Fähigkeiten und entwickeln Kreativität.

## Methodische Hinweise

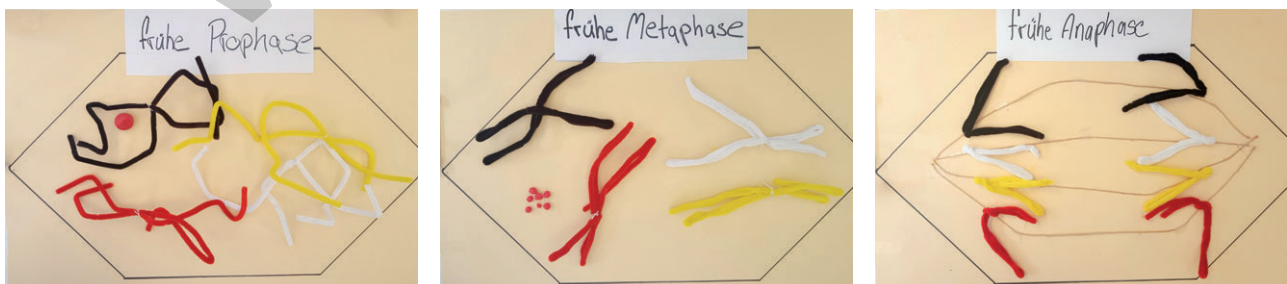
Lassen Sie Ihre Schüler Teams bilden und geben Sie ihnen möglichst viel Gestaltungsfreiheit. Dann werden sie gute Ideen entwickeln, die Vorgänge während der Mitose anschaulich darzustellen.

## Tipps

Legen Sie möglichst unterschiedliches Bastelmaterial aus, nicht nur Pfeifenreiniger, sondern auch Knöpfe, Draht, Büroklammern und Ähnliches. So können Ihre Schüler eigene Wege gehen. Setzen Sie die bereits gebastelten Chromosomen von S. 6/7 weiter ein. Das spart Zeit.

## Lösung

Die PowerPoint-Folie im **Zusatzmaterial** hält eine fertige Stop-Motion-Sequenz einer Schülergruppe bereit. Hier ein Fotobeispiel einer Gruppe:



## Ziele

Die Schüler sollen den Aufbau der DNA nachvollziehen und verstehen, wie die Erbinformation über die komplementäre Basenpaarung verdoppelt wird.

## Sachinformation

Früher wurde von DNS gesprochen. Mittlerweile hat sich die Abkürzung aus dem Englischen (DNA) durchgesetzt. A steht für Acid = Säure. Die DNA ist ein fadenförmiges, langes Makromolekül. Sie ist aus Nukleotiden aufgebaut. Diese befinden sich im Kernplasma. Wenn die DNA durch das Enzym Helicase entwunden wird, ordnen sich Nukleotide an. Sie werden durch Ionen und Van-der-Waals-Kräfte (= schwache Wechselwirkungen zwischen Atomen und Molekülen) von den Basen der geöffneten DNA angezogen. Wenn sich die DNA verdoppelt – das geschieht während der S-Phase des Zellzyklus – ordnen sich Nukleotide an die Basen der einsträngigen DNA an. Die Basenpaarung findet zwischen Adenin und Thymin sowie zwischen Guanin und Cytosin statt. Das Prinzip, auf dem die DNA-Verdoppelung basiert, ist die Komplementarität. Die Ableserichtung erfolgt immer vom 3' Ende zum 5' Ende. Die Verdoppelung der DNA dient dem Erhalt der Erbinformation in jeder neu gebildeten Zelle. Sie heißt Replikation.

In dem Modell, das die Schüler bearbeiten, wird die DNA zweidimensional mit Tonpapier dargestellt. Die räumliche Anordnung als Doppelhelix wird für die Anschauung ausgeblendet.

## Kompetenzen

Schüler erwerben Kompetenzen im Modellbau. Sie bauen Fachkompetenzen über die Replikation der DNA auf.

## Methodische Hinweise

Hier bietet sich eine Binnendifferenzierung an:

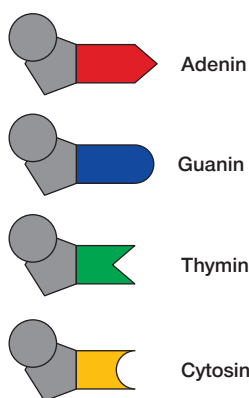
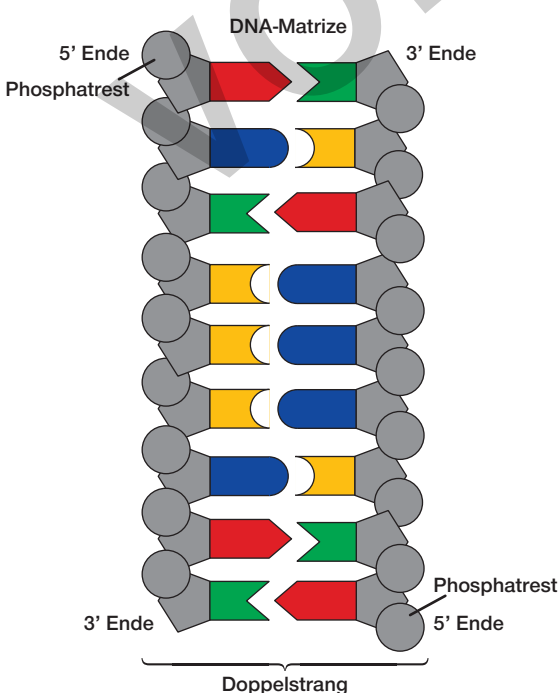
Leistungsschwache Schüler erhalten das Arbeitsblatt von S. 21, um komplementär die Basen anzulegen.

Die stärkere Gruppe schreibt eine DNA-Sequenz an die Tafel, legt die DNA-Matrize und daran den komplementären Strang an.

## Tipps

Als Sicherung können die vorgegebene Sequenz oder ausgeschnittene Nukleotide aus der Folie auf den OHP-Projektor gelegt werden. Man bittet einen Schüler, die DNA komplementär zu vervollständigen. Die Replikationsvorlage und die Nukleotide zum Ausschneiden liegen in den **Zusatzmaterialien** als editierbares Word-Dokument oder als PowerPoint-Folie für die Arbeit am Rechner bereit. Die Nukleotide zum Ausschneiden finden Sie ebenfalls hier im Heft auf S. 23.

## Lösung



Sequenz des Ausgangsstrangs (DNA-Matrize):

AGTCCCGAT

Sequenz des komplementären DNA-Strangs:

TCAGGGCTA

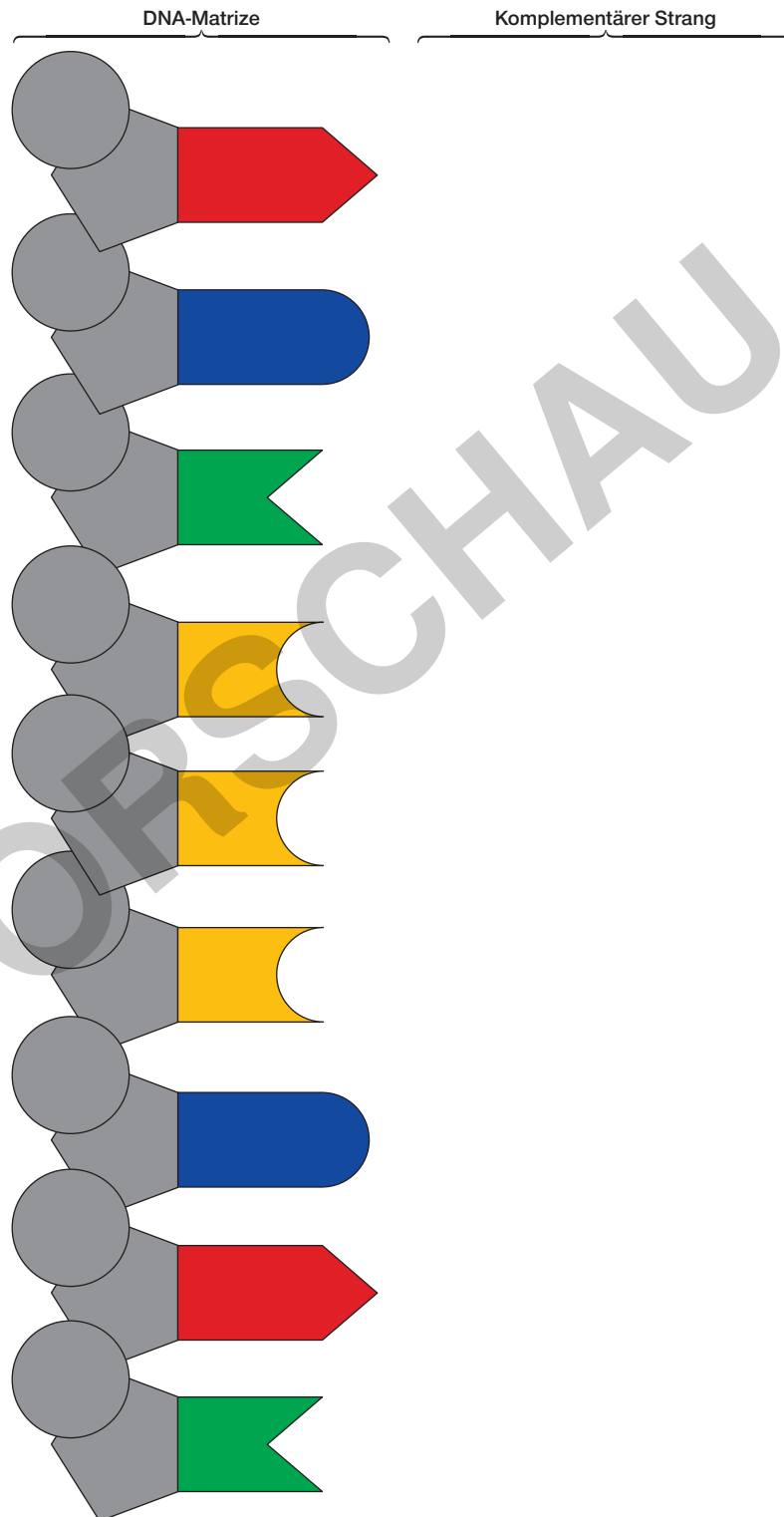


## Material

Nukleotide zum Ausschneiden (S. 23), Schere, Klebestift

## Auftrag

Lege den komplementären Strang mit ausgeschnittenen Kärtchen an und klebe sie fest.  
Zusatz: Schreibe die Sequenzen beider DNA-Stränge auf.



## Auftrag

Stellt die Replikation auf einem Plakat dar.

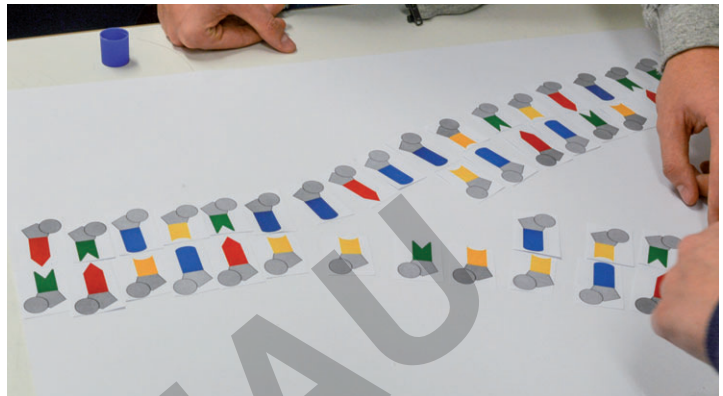
## Material

Plakat, Nukleotide zum Ausschneiden (S. 23), einsträngige DNA aus Tonpapier, Schere, Klebestift, Filzmarker

## Durchführung

Informiert euch zuerst über den Aufbau eines DNA-Moleküls. Es ist ein doppelsträngiges Makromolekül, das aus ganz langen Ketten aneinandergereihter Nukleotide besteht. Außen befinden sich Zucker und Phosphatreste im regelmäßigen Wechsel. Die Sprossen der Strickleiter werden durch die gepaarten Basen gebildet. Zusammen passen:

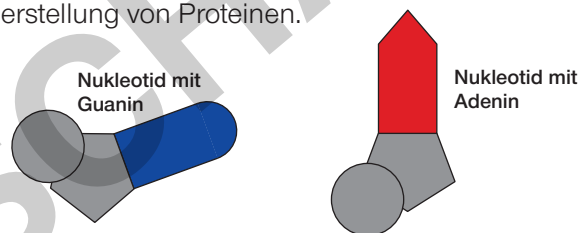
- Adenin – Thymin
- Guanin – Cytosin.



Reiht ausgeschnittene Nukleotide nach den Vorgaben aneinander. Damit bildet ihr die Sequenz der DNA ab. Diese enthält die Erbinformation für die Herstellung von Proteinen.

## Aufgabe

Schneidet genug Nukleotide aus. Hier sind zwei Beispiele:



Legt sie in der folgenden Reihenfolge auf ein Tonpapier oder wählt eine eigene:

**AATCGGGCCCCATA**

Liegen die Nukleotide in der richtigen Reihenfolge, klebt sie fest.

Sucht nun die Nukleotide mit den komplementären Basen und legt sie richtig an. So wird eine einsträngige DNA abgelesen und komplementär (nicht identisch) vervollständigt.

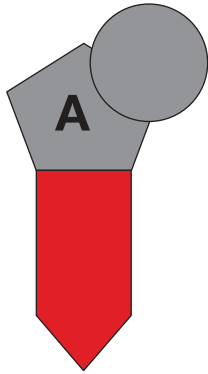
Zusatz:

Baut eine Replikationsgabel ein und legt an beide Einzelstränge neue Nukleotide nach dem Prinzip der Basenpaarung an.

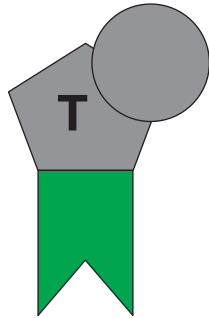
**Fertigt hier eine Übersichtsskizze eurer Replikation an:**

# Nukleotide zum Ausschneiden

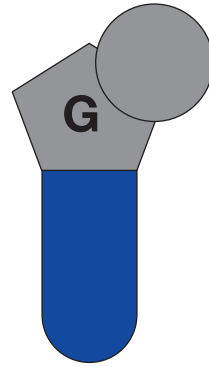
Adenin



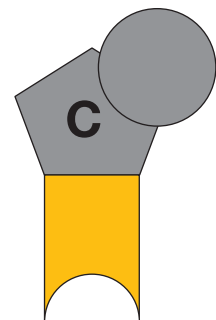
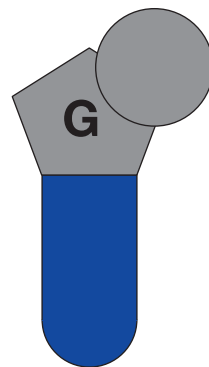
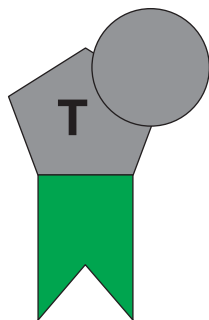
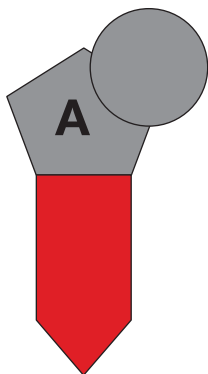
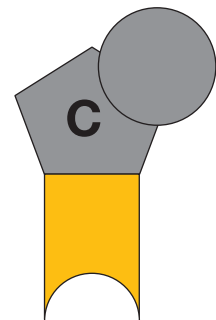
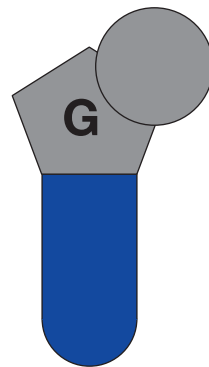
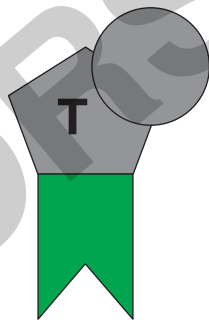
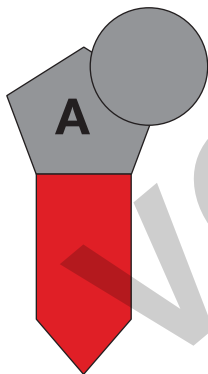
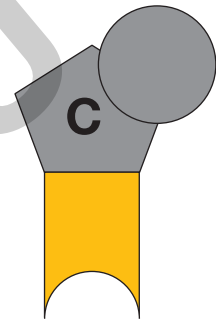
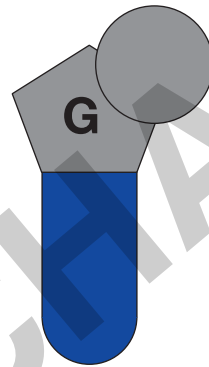
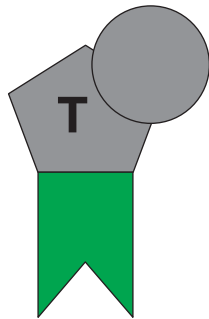
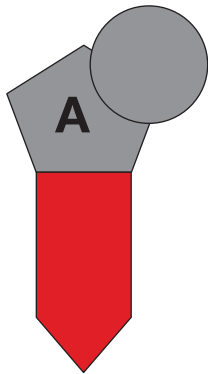
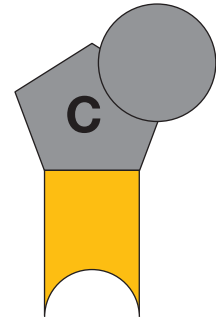
Thymin



Guanin



Cytosin

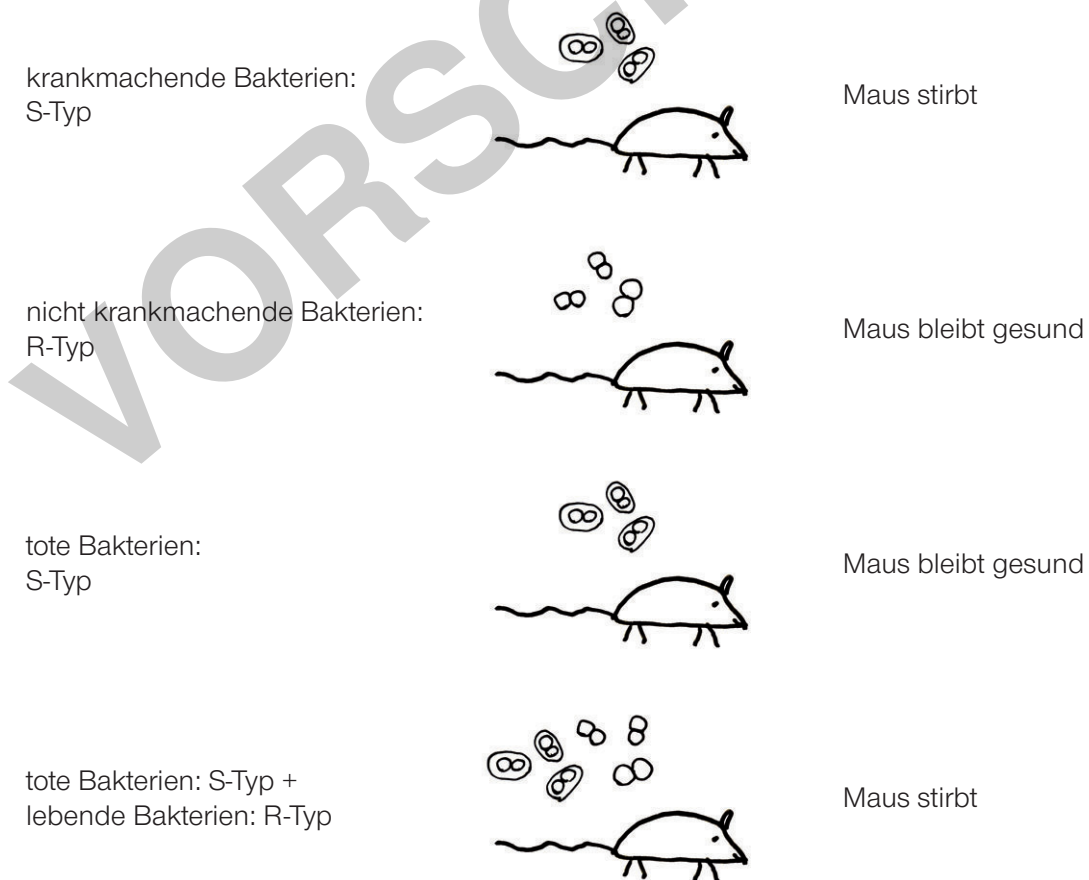


### Transformation

1928 gelang Frederick Griffith ein Experiment, mit dem er die Transformation von Erbsubstanz bei Bakterien nachwies. Er arbeitete mit Streptokokken, die bei Mäusen Lungenentzündung auslösen können. Allerdings gibt es zwei Formen dieser Bakterienart. Die krankmachende Art, der S-Typ, ist von einer Kapsel umhüllt. Die andere, der R-Typ, besitzt keine Schutzhülle. Diese ist harmlos und löst keine Lungenentzündung aus. Griffith führte sein berühmtes Experiment in vier Schritten durch:

1. Er impfte Bakterien vom S-Typ in Mäuse. Sie wurden krank.
2. Er impfte Bakterien vom R-Typ. Die Mäuse blieben gesund.
3. Er tötete die Bakterien des S-Typs und infizierte damit Mäuse. Sie blieben gesund.
4. Er impfte tote Bakterien der S-Form und lebende Bakterien der R-Form. Die Mäuse erkrankten und die meisten starben.

Als Erklärung für die Erkrankung im vierten Schritt blieb nur, dass die lebenden R-Bakterien den krankmachenden Faktor der toten aufgenommen haben mussten und so zu krankmachenden wurden. Die krankmachenden Bakterien waren zwar tot. Es konnte aber nicht verhindert werden, dass das krankmachende Gen auf die lebenden übertragen wurde. Durch diese DNA-Aufnahme werden die R-Bakterien zu S-Bakterien transformiert, also umgewandelt. Es stellte sich heraus, dass sie die frei herumliegende DNA der toten S-Bakterien einfach aufnahmen und so die Information für die krankmachende Wirkung eingeschleust wurde. Diesen Vorgang nennt man Transformation. Isolierte DNA gibt es überall, auch an der Körperoberfläche des Menschen befinden sich DNA-Stücke.



## Ziele

Schüler lernen mit dem Einbau eines Fremdgens in ein Plasmid ein gentechnisches Verfahren kennen.

## Sachanalyse

Unter Gentechnik versteht man den gezielten Einbau eines artfremden Gens in eine Organismen-Art. Gentechniker bauen eigentlich nur nach, was bei Bakterien von Natur aus passiert: Konjugation, Transduktion und Transformation. Sie benutzen die in der Natur vorkommenden Schneideenzyme (= Restriktionsenzyme), die an bestimmten Stellen die DNA auftrennen können. Die gibt es bei Mensch, Tier und Pflanze. Es wird an der geöffneten DNA-Stelle das Gen einer anderen Tier-, Pflanzen- oder Pilzart eingebaut, indem die offenen Enden der DNA (= sticky ends), der eigenen und der Fremd-DNA, sich durch Basenpaarung finden und über Wasserstoffbrücken binden. Anschließend werden Ligasen (= Klebeenzyme) aktiv. Diese fügen die DNA-Fragmente durch kovalente Bindungen fest zusammen. Der Organismus besitzt nun ein Fremdgen, das heißt das Gen einer anderen Art. Gentechnische Anwendungen sind grundsätzlich möglich, weil die Verschlüsselung des DNA-Codes universell ist. Die Anweisung, wie ein Protein über Transkription und Translation zusammengebaut wird, gilt bis auf einzelne Ausnahmen für alle Lebewesen gleichermaßen. Wenn also ein Humangen in das Bakterium *Escherichia coli* eingeschleust wird, kann dieses nicht anders, als das Eiweiß nach der im Gen verschlüsselten Anweisung zu synthetisieren. Häufig werden Bakterien und Pilze industriell genutzt, um Stoffe herzustellen, die sie selbst nie produziert hätten. Neben der Insulinproduktion durch *Escherichia coli* ist die Herstellung von Zitronensäure durch den Schimmelpilz *Aspergillus* verbreitet.

Neben den Restriktionsenzymen und Ligasen sind Plasmide und Viren wichtige Werkzeuge der Gentechniker. In die mobilen Plasmide lassen sich leicht Fremdgene einbauen und dann über Konjugation in Bakterienzellen einschleusen. Die Plasmide dienen als sogenannte Genfähren. Sie bringen die fremden Gene an die Stelle, an der sie aktiv werden sollen. Den Organismus, der ein fremdes Gen erhält, nennt man transformiert oder GVO (= gentechnisch veränderter Organismus). Heute liest man häufig die Abkürzung GMO des englischen Begriffs „genetically modified organism“. Der Prozess ist in einer PowerPoint-Präsentation und in einem Word-Dokument in den **Zusatzmaterialien** bildlich dargestellt.

## Kompetenzen

Schüler bauen Verständnisse über Formen des Genaustauschs auf und entwickeln eine Vorstellung von gentechnischen Verfahren. Sie erweitern ihre Modellkompetenz.

## Methodische Hinweise

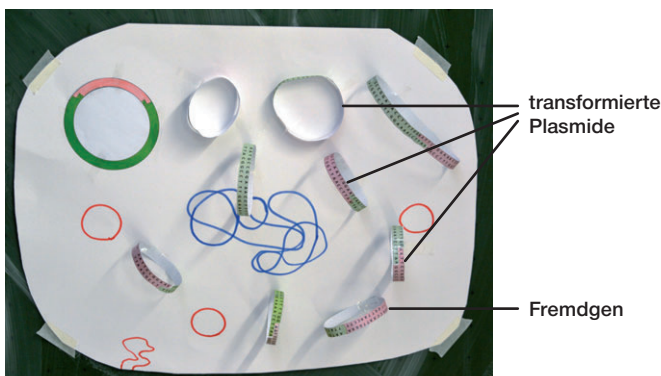
Der Einbau eines Fremdgens kann binnendifferenziert durchgeführt werden. Lernschwächeren Schülern wird das Arbeitsblatt *Einbau eines fremden Gens – leistungsdifferenziert I* angeboten, während die Leistungsstarken die Arbeitsblätter *Einbau eines fremden Gens – leistungsdifferenziert II* erhalten. Diese lernen zunächst die Schneidewerkzeuge (Restriktionsenzyme) kennen und bauen dann ein Fremdgen an den jeweils möglichen Stellen ein.

## Tipps

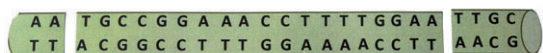
Bereiten Sie ein Plakat mit dem Bild eines übergroßen Bakteriums vor. Dort hinein kleben alle Schüler aus beiden Leistungsniveaus ihre „gentechnische Manipulation“. Man kann auch ein Bakterium groß an die Tafel zeichnen. Auch dort können die Schüler zum Abschluss ihre transformierten Plasmide aufkleben.

## Lösung

transformiertes Bakterium (= GMO)



DNA, geschnitten mit dem Restriktionsenzym PvuII



DNA, geschnitten mit dem Restriktionsenzym EcoRI





## Versuchsfrage

Wie wird ein bakterienfremdes Gen eingebaut?

## Material

Arbeitsblatt, Malstifte, Schere, Plakat, Klebstoff, Klebestreifen

## Durchführung

Schneide das menschliche Gen und das Plasmid des Bakteriums aus.  
Schneide einen Teil von der Größe des menschlichen Gens aus dem Plasmid heraus.  
Klebe nun das menschliche Gen in das geöffnete Plasmid ein.

Malt zum Abschluss der Aufgabe gemeinsam ein großes Bakterium auf ein Plakat und klebt alle Plasmide dort hinein.

