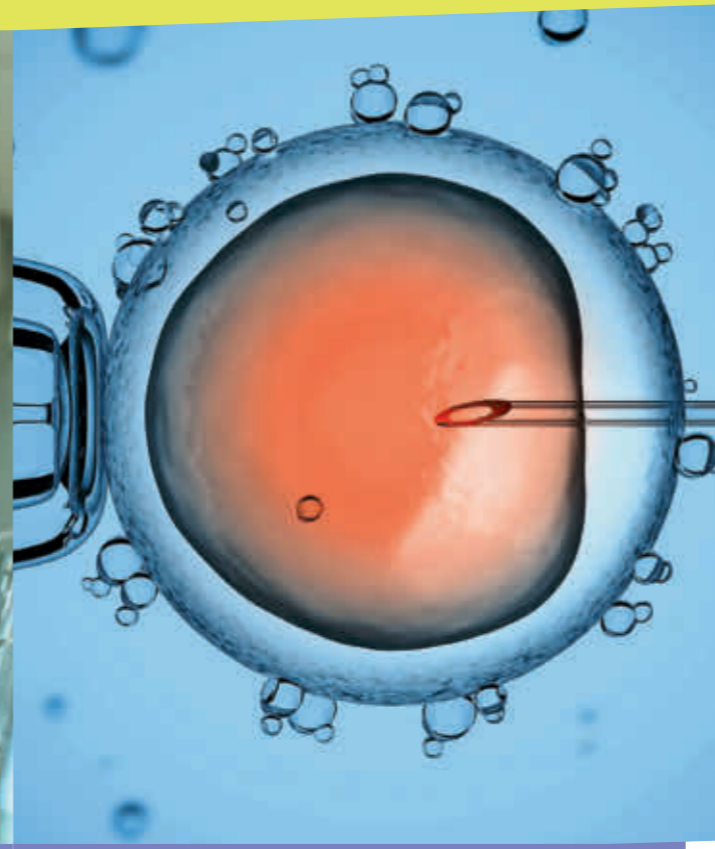
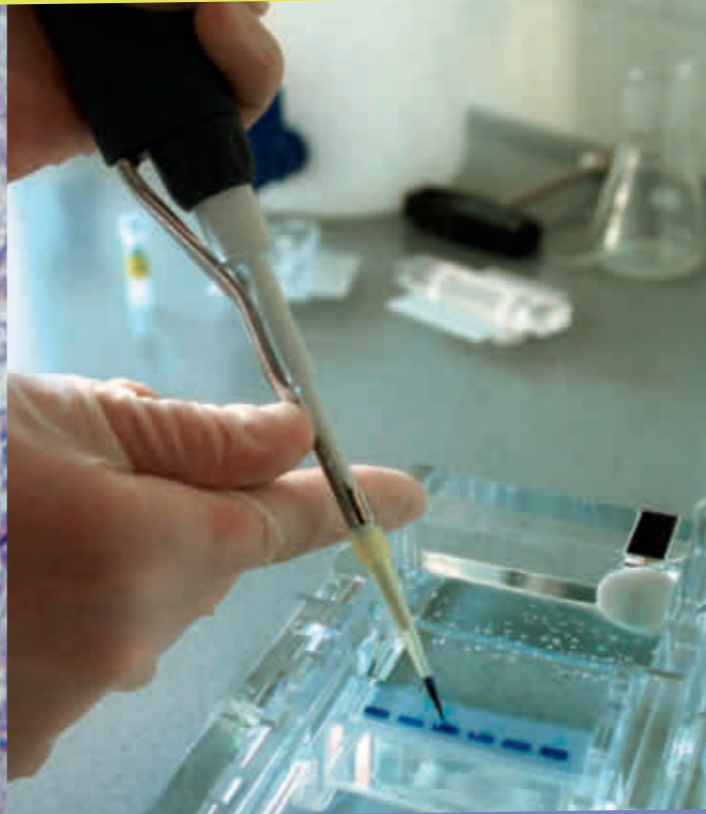
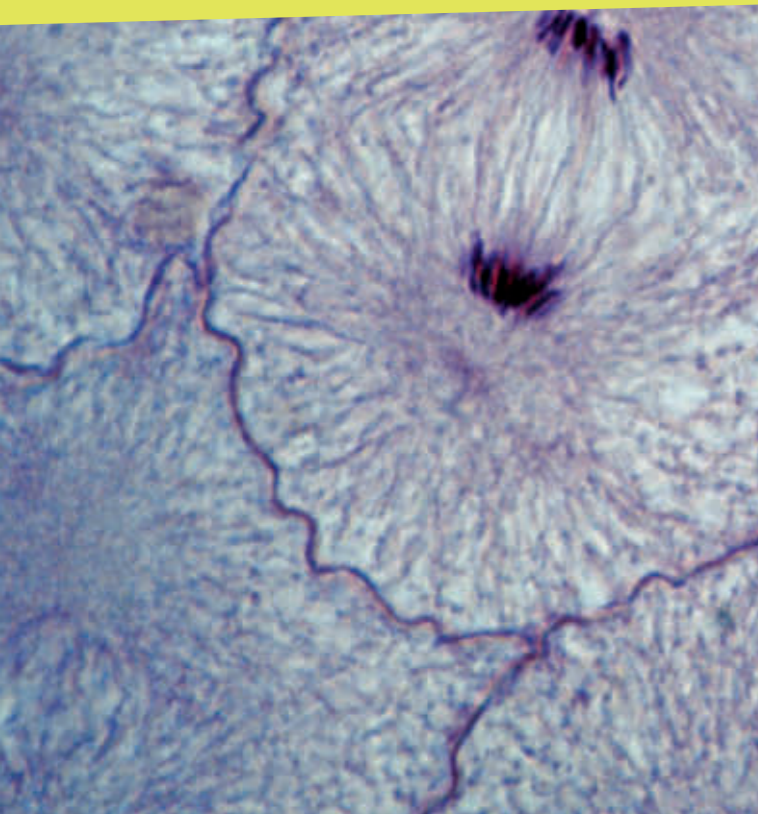


2 Genetik

Die DNA beeinflusst bei allen Lebewesen entscheidend die Ausprägung von Merkmalen. Sie wird vor einer Zellteilung verdoppelt. In Zellen treten sprunghafte, zufällige Veränderungen im genetischen Material auf. Diese Veränderungen können an die Folgegeneration weitergegeben werden, wenn das genetische Material der Keimzellen betroffen ist. Es können aber auch mithilfe biotechnologischer Verfahren gezielt Veränderungen im genetischen Material vorgenommen werden.

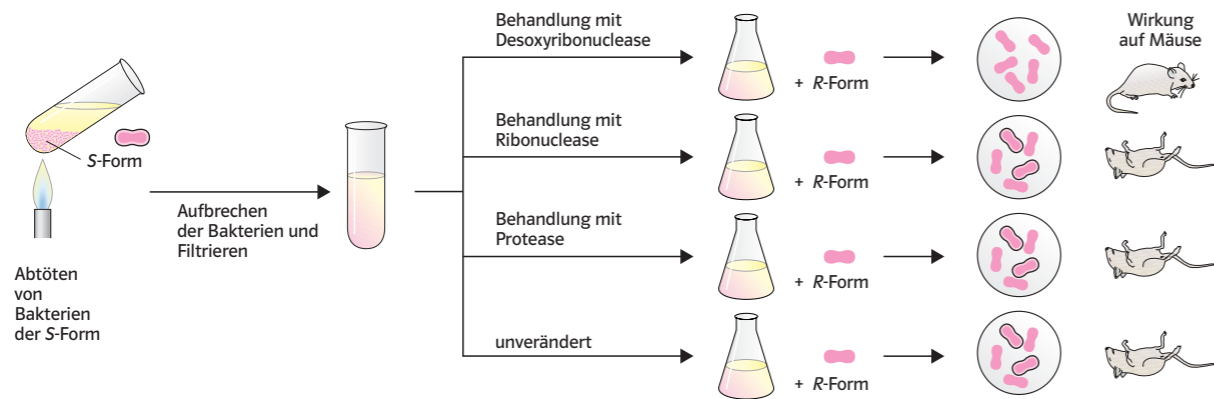
Das lernen Sie in diesem Kapitel

- >> Die DNA wird in Zellen vor einer Zellteilung identisch verdoppelt.
- >> Die Reihenfolge der DNA-Bausteine ist bedeutsam für die Ausprägung von Merkmalen bei einem Lebewesen.
- >> Bei der Proteinbiosynthese bestimmt die Reihenfolge der DNA-Bausteine die Reihenfolge der Aminosäuren in Proteinen.
- >> Veränderungen der DNA in Keimzellen können zu veränderten Merkmalen bei der Folgegeneration führen.
- >> Bei der Züchtung werden Individuen mit bestimmten Merkmalen zur Fortpflanzung ausgewählt.
- >> Mithilfe gentechnischer Methoden kann man das genetische Material von Lebewesen verändern.

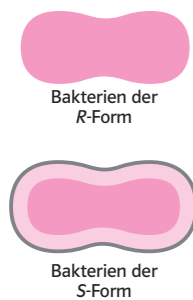


2.1 DNA – Träger der genetischen Information

Entdeckung der DNA



1 Experiment von Avery



Mitte des 19. Jahrhunderts begannen Chemiker und Mediziner mit der chemischen Analyse von Zellbestandteilen. Bei der Untersuchung von Zellkernen in seinem Labor im Tübinger Schloss entdeckte JOHANN FRIEDRICH MIESCHER (1844 – 1895) einen Stoff mit bisher unbekanntem Eigenschaften. Er nannte ihn Nuclein, heute wird er als *Desoxyribonucleinsäure* (DNS oder engl. *DNA*) bezeichnet.

In Extrakten aus Zellkernen hatte MIESCHER Proteine gefunden, die sich mit Säure ausfällen ließen, sowie eine weitere Substanz, die sich nicht so ausfällen ließ. Dieser Stoff, die DNA, wird nicht von Proteasen zersetzt. Damit konnte man Ende des 19. Jahrhunderts zwei mögliche Stoffklassen für das genetische Material.

Die stoffliche Natur der Erbsubstanz

Anfang des 20. Jahrhunderts experimentierte FREDERIC GRIFFITH (1877 – 1941) mit zwei Stämmen der Bakterienart *Streptococcus pneumoniae*, dem Erreger der Lungenentzündung. Eine Infektion mit Bakterien in der glatten S-Form (mit Schleimkapsel) führte bei Mäusen zum Tode, eine Infektion mit Bakterien der rauen R-Form jedoch nicht (s. Randspalte). Injizierte er aber eine Mischung aus der abgetöteten S-Form und der lebenden R-Form, starben die Mäuse. GRIFFITH schloss daraus, dass ein Stoff aus der abgetöteten S-Form die R-Form so ver-

ändert hatte, dass sie zur tödlichen S-Form wurde. GRIFFITH wies auf diese Weise nach, dass Vererbung an einen Stoff gebunden ist.

DNA als Erbsubstanz

Eine Arbeitsgruppe um den amerikanischen Bakteriologen OSWALD AVERY (1877 – 1955) experimentierte mit den gleichen Bakterienstämmen wie GRIFFITH. Sie gaben unterschiedliche Enzyme zu den aufgebrochenen Zellen der ursprünglich infektiösen S-Form und gaben sie anschließend zur R-Form (Abb. 1). Ribonuclease und proteinabbauende Protease verhinderten nicht die Entstehung infektiöser Bakterien. Im Ansatz mit dem DNA-abbauenden Enzym Desoxyribonuclease ging die Fähigkeit zur Bildung einer Schleimhülle verloren. AVERY konnte damit zeigen, dass DNA die Erbsubstanz ist.

AUFGABEN >>

- 1 Beschreiben Sie die Auswirkungen der Enzymzugaben zu den Ansätzen mit Fragmenten der S-Form.
- 2 Erklären Sie, ob AVERY Proteine als genetisches Material ausschließen konnte.
- 3 Erklären Sie, welche Bedeutung der vierte Ansatz in AVERYS Experiment hat (Abb. 1).

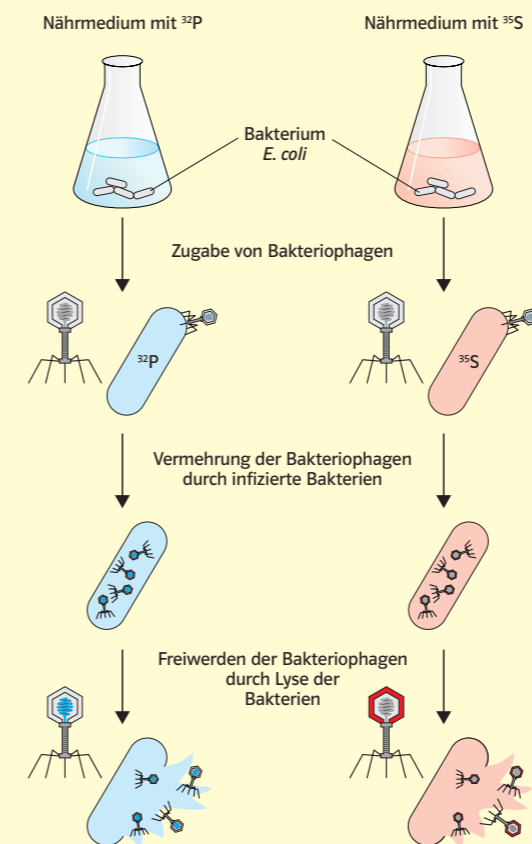
Material

Das Experiment von Hershey und Chase

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war bekannt, dass Vererbung auf einer stofflichen Grundlage beruht. Nach den Ergebnissen von OSWALD AVERY ist das genetische Material die DNA und nicht Proteine. ALFRED HERSHEY (1908 – 1997) und MARTHA CHASE (1927 – 2003) bestätigten dies mithilfe eines anderen Versuchsansatzes. Sie verwendeten ein Virus, das Bakterien befällt, den Bakteriophagen T2, und das Bakterium *Escherichia coli* (*E. coli*).

Erzeugung radioaktiv markierter Phagen

Von Phosphor und Schwefel gibt es neben den häufig vorkommenden, nicht radioaktiven Isotopen die radioaktiven Isotope ^{32}P und ^{35}S .



1 Erzeugung radioaktiv markierter Phagen

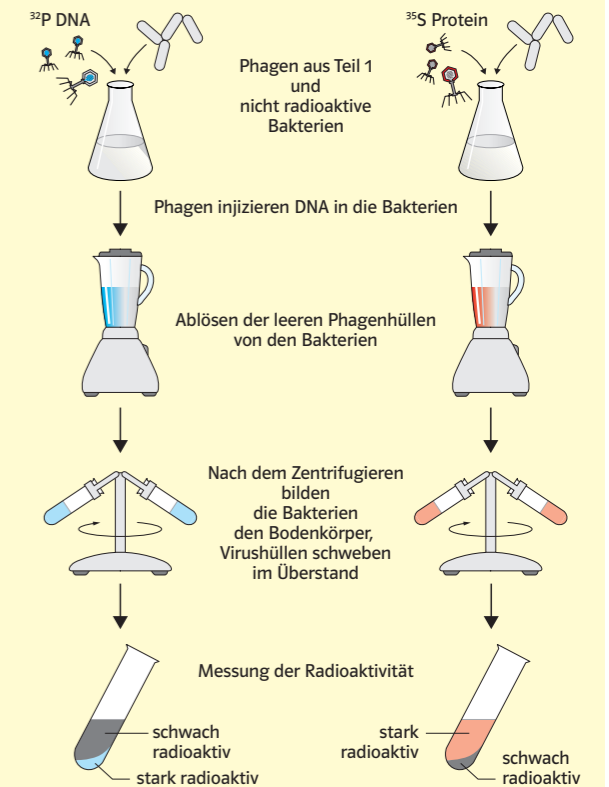
AUFGABEN >>

- 1 Beschreiben Sie das in Abb. 1 dargestellte Verfahren zur Erzeugung radioaktiv markierter Bakteriophagen.
- 2 Erläutern Sie die Bedeutung der beiden parallelen Versuchsansätze.

Der Bakteriophage besteht aus einer Proteinhülle, in der Schwefelatome vorkommen, und darin enthaltener DNA mit vielen Phosphoratomen. Bei der Infektion gelangt die Phagen-DNA in das Bakterium, nicht jedoch die Proteinhülle. Vom Phagen infizierte Bakterien produzieren beide Viruskomponenten. Diese lagern sich zu Phagen zusammen. Sie werden in die Umgebung freigesetzt, wenn die Bakterienmembran aufbricht.

Identifizierung des genetischen Materials

Nach einem Phagenbefall produzieren die Bakterienzellen DNA und Hüllen der Bakteriophagen. Sie müssen also über das genetische Material der Bakteriophagen verfügen.

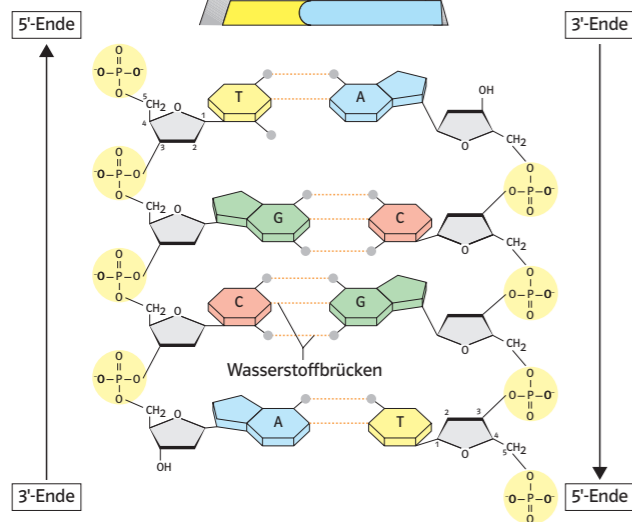
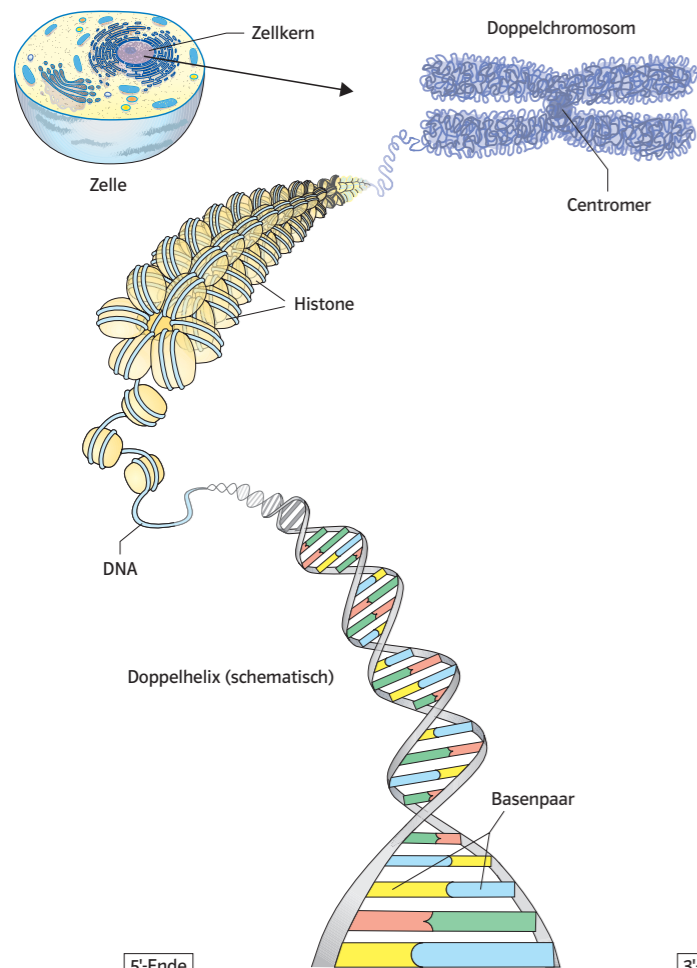


2 Versuchsdurchführung nach Hershey und Chase

AUFGABEN >>

- 3 Beschreiben Sie den Ablauf des Experiments mithilfe von Abb. 1 und 2.
- 4 Erklären Sie die Verteilung der Radioaktivität nach der Zentrifugation.
- 5 Mit diesem Experiment konnten HERSHEY und CHASE nachweisen, dass DNA das genetische Material darstellt. Erläutern Sie diese Schlussfolgerung.

Die Nucleinsäuren DNA und RNA



1 Molekularer Aufbau der DNA

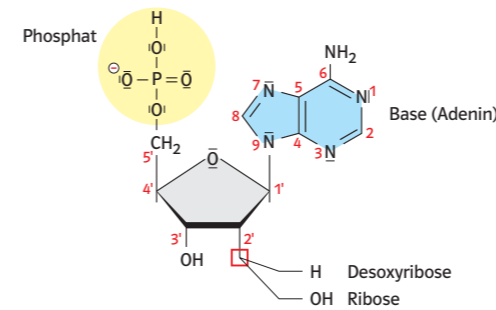
Im Jahr 1962 erhielten FRANCIS CRICK (1916 – 2004), JAMES WATSON und MAURICE WILKINS (1916 – 2004) den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin für ihr Modell der räumlichen Struktur der DNA. Hierfür nutzten sie Daten und Entdeckungen anderer Wissenschaftler, z. B. von ROSALIND FRANKLIN (1920 – 1958), und entwickelten daraus ein Modell, das die räumliche Struktur der DNA zeigt.

Bau der Nucleotide

WATSON und CRICK war bereits bekannt, dass die DNA aus unverzweigten Ketten besteht, in denen vier verschiedene Bausteine, die man *Nucleotide* nennt, miteinander verknüpft sind. In einem Nucleotid sind jeweils ein Molekül der Desoxyribose, des Phosphats und einer organischen Base miteinander verbunden (Abb. 2). Die Kohlenstoffatome der Desoxyribose werden mit 1' bis 5' nummeriert. Die Base ist immer an das 1', das Phosphat an das 5'-Kohlenstoffatom der Desoxyribose gebunden (Abb. 2). In der DNA kommen vier verschiedene Nucleotide vor, die jeweils eine der Basen Adenin, Thymin, Guanin oder Cytosin enthalten (Abb. 3).

Bau der DNA

Die Nucleotide der DNA-Kette sind durch Bindungen zwischen Phosphat und Desoxyribose miteinander verknüpft. Dies wird auch als Zucker-Phosphat-Rückgrat bezeichnet. Ein DNA-Strang endet unabhängig von seiner Gesamtlänge an einem Ende mit einer Hydroxygruppe am 3'-C-Atom (3'-Ende) und am anderen Ende mit dem Phosphat am 5'-C-Atom (5'-Ende). Zwei DNA-Stränge bilden einen Doppelstrang, in dem sich immer zwei Basen gegenüberliegen. Diese werden durch Wasserstoffbrücken zusammengehalten. Dabei liegt das 5'-Ende des einen Strangs dem 3'-Ende des anderen Strangs gegenüber. Man sagt, die Stränge verlaufen *antiparallel* (Abb. 1). Sie bilden zusammen eine schraubenförmige Struktur, die man als *Doppelhelix* (gr. *Helix* = Windung) bezeichnet. Die beiden Stränge winden sich dabei wie bei einer Wendeltreppe um eine gemeinsame Achse (Abb. 1).



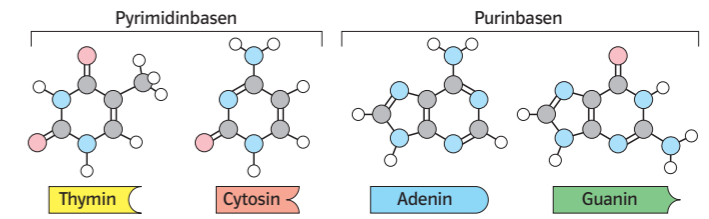
2 Bau eines Nucleotids

Mitentscheidend für den Erfolg von WATSON und CRICK war die von ERWIN CHARGAFF (1905 – 2002) entdeckte Regel, dass in der DNA immer ebenso viele Moleküle Adenin wie Thymin auftreten und auch die Anzahl der Cytosin- und Guaninmoleküle übereinstimmt. Daraus wurde auf die Basenpaarungen zwischen den DNA-Strängen geschlossen. Adenin und Thymin werden von zwei, Cytosin und Guanin von drei Wasserstoffbrücken zusammengehalten. Man sagt Adenin ist *komplementär* zu Thymin, Cytosin ist komplementär zu Guanin. Auch die beiden Stränge bezeichnet man als zueinander komplementär. Die Reihenfolge der Nucleotide wird mit der Reihenfolge der Basen beschrieben und als *Basensequenz* bezeichnet. Mit der Basensequenz des einen Strangs ist zugleich die Basensequenz des anderen Strangs festgelegt. Die Länge eines DNA-Doppelstrangs wird durch die Anzahl der Basenpaare (Bp) angegeben.

[> Schlüssel-Schloss-Prinzip]

Chromosomen

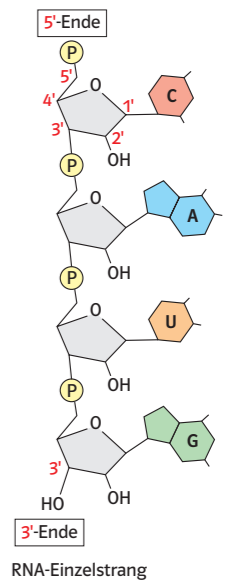
Bei Eukaryoten liegt die DNA während der Mitose aufgewickelt als *Chromosomen* vor (Abb. 1). DNA macht dabei weniger als die Hälfte der Masse eines Chromosoms aus. Der Rest besteht aus Proteinen, meistens *Histone*, auf die die DNA aufgewickelt wird. Die Chromosomen sind deshalb wesentlich kürzer als die DNA-Fäden. Man sagt, die DNA ist verdichtet. Vor der Zellteilung wird die DNA verdoppelt. In den anschließend vorliegenden Doppelchromosomen liegt die DNA noch stärker verdichtet vor.



3 Aufbau der Basen

Ribonucleinsäure (RNA)

Zellen enthalten neben DNA auch *Ribonucleinsäure (RNA)* als genetisches Material (s. Randspalte). Ribonucleinsäuren bestehen ebenfalls aus langen Ketten miteinander verknüpfter Nucleotide, die jedoch Ribose-reste anstelle der Desoxyribose-reste enthalten (Abb. 2). Der Zucker Ribose hat eine OH-Gruppe anstelle eines Wasserstoffatoms. Thymin kommt in der RNA nicht vor. Es wird durch Uracil (U) ersetzt, das ebenfalls komplementär zu Adenin ist. RNA-Moleküle sind meist einsträngig. Sie können aber auch Doppelstränge bilden, sowohl untereinander als auch mit DNA-Einzelsträngen. Trotz gleichartiger Verknüpfung der Nucleotide ist RNA wesentlich kurzlebiger als DNA. In eukaryotischen Zellen haben RNA-Moleküle viele unterschiedliche Funktionen. Ähnlich wie Enzyme katalysieren sie z. B. chemische Reaktionen.



AUFGABEN >>

- 1 Beschreiben Sie die Struktur eines DNA-Doppelstrangs. Nehmen Sie Bezug auf die Verknüpfungen der Nucleotide, die Richtungen der Stränge und die Anzahl der Wasserstoffbrücken zwischen den Basen.
- 2 Nennen Sie Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Bau von DNA- und RNA-Molekülen.
- 3 Bei der Analyse eines 900 Bp langen DNA-Strangs erhielt man 250 Adeninmoleküle. Berechnen Sie die Anzahl der anderen Basenmoleküle des Strangs und begründen Sie Ihre Lösung mithilfe der Regel von CHARGAFF.

Praktikum


DNA-Isolierung

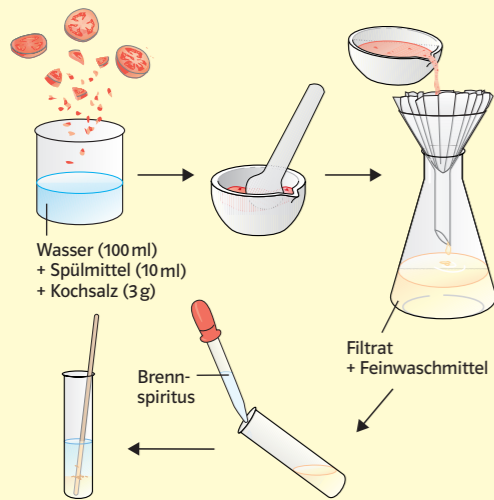
Mit einfachen Methoden lässt sich im Biologieunterricht das genetische Material aus Zellen isolieren. Für Forschungszwecke

gibt es heute molekularbiologische Methoden, um hochreine DNA zu gewinnen.

DNA-Isolierung aus Obst und Gemüse

Mit einfachen Haushaltschemikalien lässt sich das genetische Material aus Pflanzenzellen leicht sichtbar machen. Dazu ist nahezu jedes Obst oder Gemüse geeignet.

Material  Tomaten (oder z. B. Kiwi, Apfel, Zucchini), Ethanol oder Brennspiritus (eiskalt), Kochsalz, Spülmittel, Feinwaschpulver (enthält Proteasen), Küchenmesser, Schneidebrett, Mörser, Becherglas, Erlenmeyerkolben, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Trichter, Filterpapier, Holzstab



1 Vorgehen bei der DNA-Isolierung

Durchführung

Zerkleinern Sie eine halbe Tomate (bzw. ein anderes Gemüse oder Obst) mit dem Messer. Vermischen Sie in einem Becherglas 100 ml Wasser mit 10 ml Spülmittel und 3 g Kochsalz. Geben Sie die Tomatenstücke mit der Spülmittel-Kochsalz-Lösung in einen Mörser und zerreiben Sie das Gemüse. Lassen Sie die Mischung für ca. 10 min stehen und filtrieren Sie diese anschließend. Geben Sie einige Körnchen Feinwaschpulver zum Filtrat und schwenken Sie das Gefäß vorsichtig, bis sich das Feinwaschpulver löst.


Geben Sie schließlich einen Teil des Filtrats in ein Reagenzglas und übersichtigen Sie es vorsichtig mit 10 ml eiskaltem Ethanol bzw. Brennspiritus. DNA ist in Ethanol schlechter löslich als in Wasser. Deshalb fällt die DNA aus der Lösung aus und wird an der Grenzschicht als Schlieren sichtbar. Diese Schlieren lassen sich um einen Holzstab wickeln und aus der Flüssigkeit entnehmen.

AUFGABEN >>

- 1 Ordnen Sie die folgenden Funktionen den einzelnen Schritten der DNA-Isolierung zu:
 - DNA von Proteinen befreien
 - Zellwände zerstören
 - Zellmembranen auflösen
 - DNA aus der Lösung fällen
- 2 Beschreiben Sie, wie mit DNase geprüft werden könnte, ob bei diesem Versuch reine DNA gewonnen werden konnte.

DNA-Isolierung aus Mundschleimhaut

Mundschleimhautzellen lassen sich leicht vom Wangeninneren ablösen, um ihr genetisches Material zu gewinnen.

Material  Ethanol oder Brennspiritus (eiskalt), Kochsalz, Spülmittel, Feinwaschpulver (enthält Proteasen), Trinkglas, Teelöffel, Reagenzglas mit Stopfen, Becherglas, Eiswürfel

Durchführung

Geben Sie einen viertel Teelöffel Kochsalz in ein mit 100 ml Wasser gefülltes Glas. Spülen Sie den Mund (vor allem die Wangeninnenseiten) 2 min intensiv mit einem Schluck der Kochsalzlösung. Geben Sie das „Spülwasser“ in ein Reagenz-

glas mit 10 ml Spülmittel und fügen Sie einige Körnchen Feinwaschmittel hinzu. Verschließen Sie das Reagenzglas, schwenken Sie es vorsichtig, um Schaumbildung zu vermeiden. Übersichtigen Sie die Lösung vorsichtig mit eiskaltem Ethanol bzw. Brennspiritus. Stellen Sie das Reagenzglas für fünf Minuten auf Eis. An der Phasengrenze bilden sich Schlieren, die DNA enthalten.

AUFGABE >>

- 3 Erläutern Sie, weshalb sich DNA aus tierischen Zellen leichter isolieren lässt als aus pflanzlichen Zellen.

Material

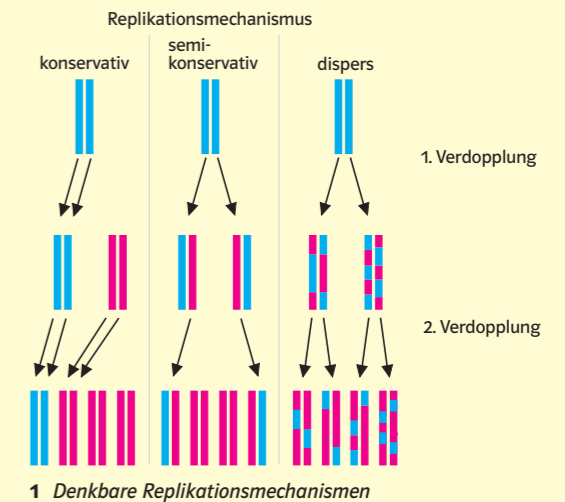
Replikation der DNA

Bei einer Teilung von Körperzellen entstehen zwei genetisch identische Tochterzellen. Vor der Teilung muss die DNA in der Ausgangszelle folglich verdoppelt werden. Dieser Vorgang heißt *Replikation*.

Alle Chromosomen der Ausgangszelle werden dabei identisch verdoppelt. Der Mechanismus der Replikation wurde von MATTHEW MESELSON und FRANKLIN STAHL aufgeklärt.

Mechanismus der Replikation

Ein DNA-Doppelstrang besteht aus zwei komplementären, durch Wasserstoffbrücken verbundenen Einzelsträngen, die vor einer Zellteilung verdoppelt werden. Es gibt theoretisch mehrere Möglichkeiten, wie DNA in einer Zelle verdoppelt werden könnte (Abb. 1). Diese Möglichkeiten unterscheiden sich in ihrem Mechanismus und hätten eine jeweils andere Anordnung von Vorlage und Kopie zueinander zur Folge.



1 Denkbare Replikationsmechanismen

AUFGABEN >>

- 1 Beschreiben Sie die drei unterschiedlichen, theoretisch möglichen Replikationsmechanismen mithilfe von Abb. 1.
- 2 Erläutern Sie, welcher Mechanismus aufgrund der bisherigen Kenntnisse zum Bau der DNA am wahrscheinlichsten ist.

Das Meselson-Stahl-Experiment

MESELSON und STAHL untersuchten 1958 den Mechanismus der Replikation. Hierfür kultivierten sie *Escherichia coli*-Bakterien in einem Nährmedium, das anstelle des in der Natur häufig vorkommenden, leichten ^{14}N -Isotops als einzige Stickstoffquelle das schwere Isotop ^{15}N enthielt. Bakterien können je nach Verfügbarkeit beide Stickstoff-Isotope gleichermaßen in ihre Zellbestandteile einbauen, so auch

in Basen ihrer DNA. DNA, die das schwere Isotop ^{15}N enthält, hat eine höhere Dichte. Nach vielen Zellteilungen und DNA-Verdopplungen wurde die DNA aus den Bakterien isoliert und eine *Dichtegradienten-Zentrifugation* durchgeführt. Dabei erfolgt eine Auftrennung in einem Dichtegradienten: Die DNA sinkt im Zentrifugenröhrchen ab, bis ihre Dichte der Dichte des Mediums entspricht (s. Seite 41). Anschließend wurden die Bakterien in ein Medium mit ^{14}N überführt. Nach einer Replikation (bei *E. coli* ca. 20 Minuten) bzw. zwei Replikationen wurde erneut DNA isoliert und zentrifugiert (Abb. 2).

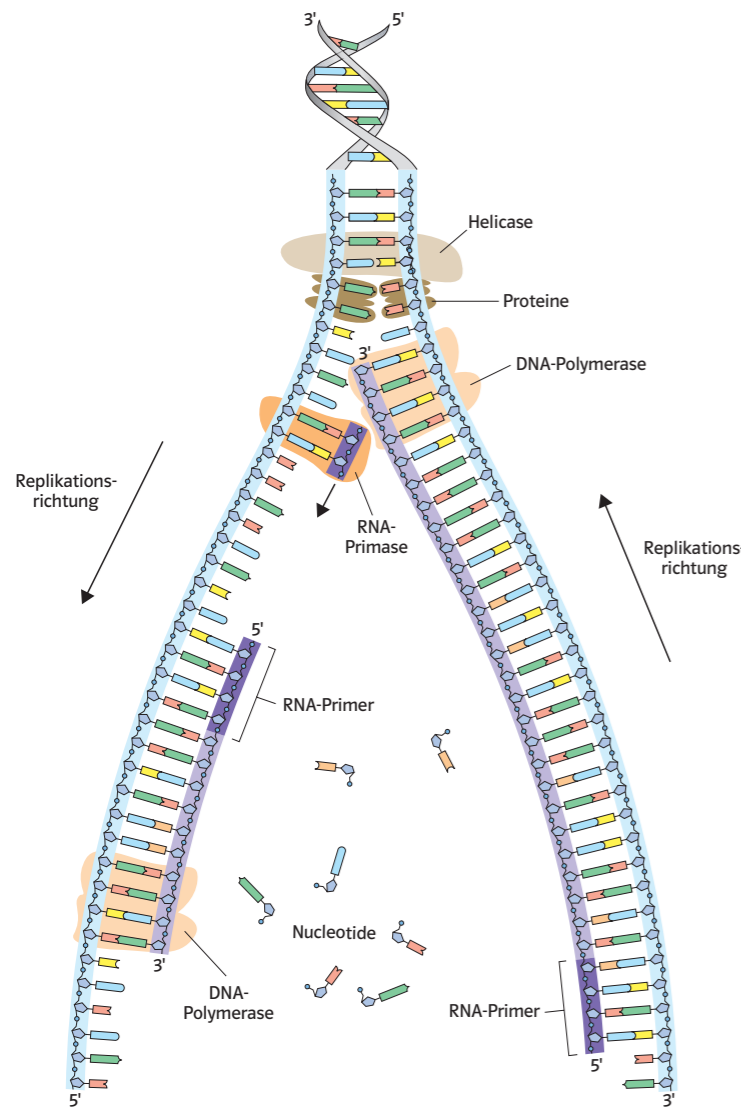


2 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

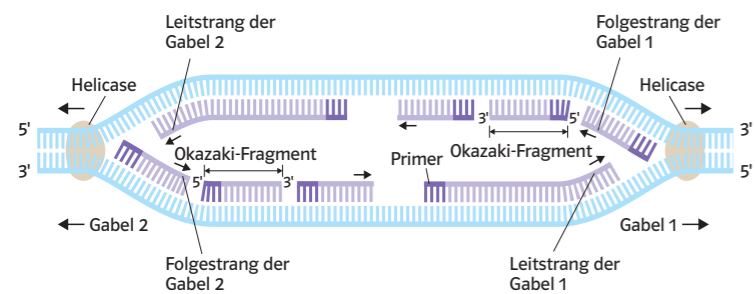
AUFGABEN >>

- 3 Beschreiben Sie anhand des Meselson-Stahl-Experiments die Methode der Isotopenmarkierung.
- 4 Erläutern Sie mithilfe eines dafür geeigneten Replikationsmechanismus (Abb. 1) das Zustandekommen der unterschiedlichen Banden bei den drei Zentrifugationen (Abb. 2).
- 5 Leiten Sie mithilfe von Abb. 1 ab, zu welchen Ergebnissen die Dichtegradienten-Zentrifugation bei den beiden anderen theoretisch möglichen Replikationsmechanismen führen würde.

Replikation — Verdopplung der DNA



1 Ablauf der Replikation



2 Replikationsgabel

Der von MESELSON und STAHL entdeckte semikonservative Verdopplungsmechanismus der DNA vor einer Zellteilung bewirkt, dass die entstehenden Zellen die gleiche chromosomale DNA wie die Ausgangszelle erhalten. Dieser Vorgang wird als *Replikation* bezeichnet. Nach der Replikation liegen zwei neue DNA-Doppelstränge vor, die aus je einem neuen und einem ursprünglichen Einzelstrang bestehen.

Startpunkte der Replikation

Die Verdopplung eines DNA-Doppelstrangs startet an mehreren Stellen jedes Chromosoms. Man nimmt an, dass ein Chromosom des Menschen bis zu 20 000 Replikationsstartpunkte hat. Aus mehreren Enzymen bestehende Komplexe erkennen die Startpunkte. Diese *Helicasen* entspiralisieren die Doppelhelix und trennen dann die Stränge unter ATP-Verbrauch auf. Dabei entsteht eine sogenannte *Replikationsgabel* (Abb. 2). Da sich Helicasen in beide Richtungen bewegen, entstehen von jedem Startpunkt aus zwei Replikationsgabeln. An die getrennten Stränge lagern sich Proteine so an, dass die spontane Rückbildung des Doppelstrangs verhindert wird, die Basen jedoch für Enzyme zugänglich bleiben.

Synthese neuer DNA-Stränge

Zur Synthese der neuen Stränge lagern sich komplementäre Nucleotide an die Einzelstränge an und werden miteinander verknüpft. Enzyme, die die Verknüpfung von Nucleotiden zu Ketten katalysieren, nennt man *Polymerasen*. Dabei werden die Stränge schrittweise verlängert, indem neue Nucleotide mit der Hydroxygruppe am freien 3'-Ende der vorausgehenden Kette reagieren. Polymerasen können die Synthese eines neuen Strangs deshalb nur in 5'—3'-Richtung katalysieren. Dabei laufen sie an dem als Vorlage dienenden Strang in 3'—5'-Richtung entlang. Im Gegensatz zu RNA-Polymerasen können die DNA-Polymerasen keine Stränge anfangen. Sie benötigen dazu den Abschnitt eines Doppelstrangs. Er wird mithilfe einer RNA-Polymerase erzeugt, die einen kurzen RNA-Strang synthetisiert.

Er wird als *Primer*, die RNA-Polymerase als Primase bezeichnet (Abb. 1). Nach ungefähr 10 Nucleotiden wird die Primer-Synthese beendet, und eine DNA-Polymerase beginnt mit der Synthese des DNA-Strangs (Abb. 1).

Gegenläufigkeit der DNA-Stränge

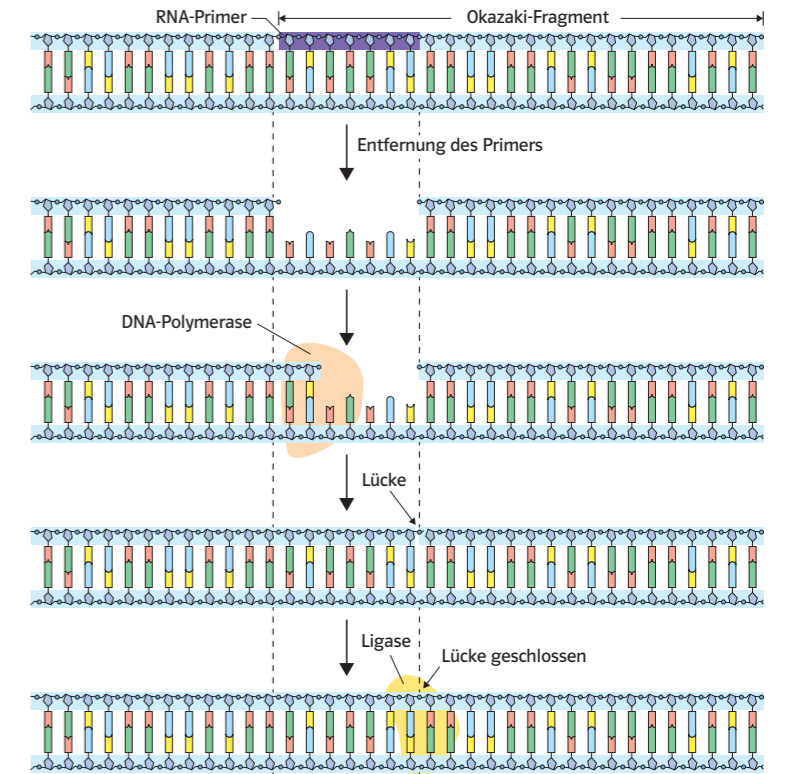
Die beiden Stränge der DNA-Doppelhelix sind gegenläufig (*antiparallel*). Die Polymerasen laufen somit an den beiden als Vorlagen dienenden Strängen in entgegengesetzte Richtungen (Abb. 1). An jeder Replikationsgabel kann deshalb nur ein Strang kontinuierlich wachsen, während der andere immer wieder neu begonnen werden muss, wenn sich die Helicase ein Stück weiterbewegt hat. Der kontinuierlich wachsende Strang wird als *Leitstrang*, der andere als *Folgestrang* bezeichnet. Am Folgestrang entstehen zunächst 100 bis 200 Nucleotide lange Abschnitte, sogenannte *Okazaki-Fragmente* (Abb. 2).

Ersatz der RNA-Primer durch DNA

Die RNA-Primer werden schließlich mithilfe von spezifischen Enzymen wieder entfernt und von der DNA-Polymerase durch DNA-Nucleotide ersetzt (Abb. 3). Am letzten Nucleotid entsteht eine Lücke. Das Enzym DNA-Ligase schließt sie unter ATP-Verbrauch.

Chromosomenenden

Die Primer an den äußersten 5'-Enden der neu synthetisierten Tochterstränge können zwar beseitigt, aber nicht ersetzt werden, da die DNA-Polymerase nicht imstande ist, am 5'-Ende einen Strang zu beginnen. Somit wird die DNA an den 5'-Enden bei jeder Replikation ein Stück kürzer. An den Enden eukaryotischer Chromosomen befinden sich besondere Strukturen aus DNA und Protein, die *Telomere*. Sie tragen keine genetische Information, sodass durch ihre Verkürzung auch keine Information verloren geht. Telomere verhindern u. a. die Fusion mit anderen Chromosomen. In menschlichen Keimbahnzellen und einigen Stammzellen ist das Enzym *Telomerase* aktiv. Es kann an die 3'-Enden der Telomer-DNA kurze Stücke anfügen und so deren Verkürzung ausgleichen.



3 Ersatz des RNA-Primers durch DNA

Replikationsgenauigkeit

Bei der Replikation wird manchmal eine falsche Base eingebaut. Dies wird meist korrigiert. DNA-Polymerasen haben eine Korrekturlesefunktion, die bereits während der Replikation falsche Basenpaarungen korrigiert. Reparaturenzyme beseitigen Fehlpaarungen nach der Replikation.

[▶ Reproduktion]

AUFGABEN >>

- 1 Entwerfen Sie ein Verlaufsschema zum Ablauf der Replikation.
- 2 An den Replikationsstartpunkten findet man sehr viel mehr A—T- als G—C-Basenpaare. Stellen Sie eine Hypothese auf, worin der Vorteil dieser Tatsache liegen könnte.
- 3 Erklären Sie, warum jeder der beiden neuen Doppelstränge im Lauf der Replikation Okazaki-Fragmente enthält.