

DNA – Extraktion mit Haushaltsmitteln

A. Wenzel, K. Röllke

Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld, annkathrin.wenzel@uni-bielefeld.de

Dieser Artikel soll eine Möglichkeit aufzeigen in einer Unterrichtsreihe zum Thema „Aufbau der DNA“ ein einleitendes Experiment durchzuführen. Bei dem Experiment kann nur mithilfe von wenigen Haushaltsmitteln DNA aus Gemüse extrahiert und sichtbar gemacht werden.

Stichwörter: DNA, Aufbau der DNA, Experiment

1 Einleitung

Im heutigen Biologieunterricht ist das Experiment, insbesondere durch den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung, vom Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen stark gefordert und in den Kernlehrplänen verankert. Die Bedeutung von Experimenten wird durch das empirisch überprüfte Konzept des „Science through Inquiry“ gestützt. Dabei wird davon ausgegangen, dass naturwissenschaftliches bedeutsames Wissen nicht nur durch reine Vermittlung und passive Aufnahme erlernt wird, sondern durch spannende Fragen, Probleme oder Beobachtungen (Frischknecht-Tobler und Labudde, 2013). Bereits im Jahr 2000 konnte Manfred Hesse nachweisen, dass sich Erwachsene häufig an praktische Arbeiten, wie Experimente, aus ihrem Biologieunterricht erinnern konnten. Der Anteil dieser praktischen Arbeiten war aber aus Sicht der Studienteilnehmer zu gering. Daraus wird deutlich, welchen hohen Stellenwert Experimente für den Unterricht haben. Zudem kann das Experimentieren zu einer positiven Lernmotivation beitragen (Frischknecht-Tobler und Labudde, 2013). Neben der Erkenntnisgewinnung können Experimente auch zum Einstieg in eine Stunde oder eine Unterrichtsreihe genutzt werden. Dabei können Beobachtungen im Mittelpunkt stehen, welche einen Denkprozess anregen und im weiteren Verlauf des Unterrichts näher thematisiert werden (Stripf, 2010). Das im Folgenden beschriebene Experiment kann zum Einstieg in eine Unterrichtsreihe zum Aufbau der DNA dienen. Die Schülerinnen und Schüler sollen dazu angeregt werden sich mit dem Aufbau und der Struktur der DNA auseinanderzusetzen, um eine Modellvorstellung davon zu entwickeln.

2 Theoretischer Hintergrund

Im folgenden Abschnitt wird ein vereinfachter Überblick über den Aufbau der DNA und die Entdeckung gegeben.

1888 entdeckte Wilhelm Waldeyer durch die verbesserte mikroskopische Technik schleifenförmige Gebilde in einer menschlichen Zelle während der Zellteilung. Diese nannte er Chromosomen, da sie leicht angefärbt werden können (griechisch Chroma = Farbe) (Hampl et al., 2015). Wenige Jahre später vermuteten Theodor Boveri und Walter Sutton, dass die Chromosomen die Träger der Erbinformationen sind und prägten die Chromosomentheorie der Vererbung. Nach dieser Theorie liegen die Gene an spezifischen Orten, den Genorten bzw. Loci, entlang der Chromosomen, welche als Genträger weitergegeben werden. Dieses konnte experimentell von Thomas Hunt Morgan bewiesen werden. Er zeigte durch das gezielte Kreuzen phänotypisch unterschiedlicher Taufliegen (*Drosophila melanogaster*), dass ein bestimmtes Gen auf einem bestimmten Chromosom liegen muss (Campbell, 2016).

Chromosomen sind allerdings nur bei der Zellteilung sichtbar. Solange sich die Zelle nicht teilt liegt die Erbinformation in langen, dünnen Chromatinfäden vor. Dieses entspricht der Arbeitsform der DNA, da sie in dieser Form zugänglich ist und von spezifischen Enzymen transkribiert werden kann. Wenn die menschliche DNA linearisiert würde, hätte sie eine Gesamtlänge von ca. 2 m. Da der Zellkern nur einen Durchmesser von 5 μm hat, wird die DNA dicht gepackt. Dieses geschieht, indem sich die DNA um Proteine, die sogenannten Histone wickelt. Dieses ist möglich, da die Histone im zellulären Milieu, durch einen hohen Anteil basischer Aminosäuren, positiv geladen sind: Somit können Wechselwirkungen mit der negativ geladenen DNA entstehen. Ein Komplex aus Histonen und DNA wird Nucleosom genannt. Die Nucleosomen bilden eine komprimierte Spirale, welche sich noch einmal spiralisiert. Die entstandene Faser bildet danach noch einmal Schleifen aus und infolgedessen das Chromosom (Markl, 2011). In dieser Transportform kann die DNA nicht abgelesen werden, jedoch stellt sie eine kontrollierte Aufteilung sicher. Ein Chromosom besteht aus zwei Chromatiden oder Schwesterchromatiden, welche erbgleich sind. Diese sind am Centromer miteinander verbunden, je nach Lage des Centromers haben die Chromosomenarme unterschiedliche Längen und können als kurzer bzw. langer Arm bezeichnet werden (Hampl et al., 2015).

Beim Menschen enthalten alle somatischen Zellen 46 Chromosomen, welche sich in 44 Autosomen und 2 Gonosomen (Geschlechtschromosomen) unterteilen lassen. Frauen weisen zwei X-Chromosomen und Männer jeweils ein X- und ein Y-Chromosom auf. Wenn die Chromosomen anhand ihrer Größe, Lage des Centromers und ihrem durch Anfärbung entstehenden Bandenmuster sortiert werden, ergibt sich ein geordnetes Bild, das Karyogramm. Dabei ist auffällig, dass sich immer definierte Paare ergeben. Die beiden Chromosomen eines Paares sind homolog zueinander und somit kann von homologen Chromosomenpaaren gesprochen werden. Insgesamt setzt sich die Zelle aus 23 Paaren zusammen (die Gonosomen bilden auch ein Paar). Je ein Chromosom des Paares wird durch die Mutter (maternal) und durch den Vater (paternal) vererbt. Die für jede Art spezifische Anzahl an nicht homologen Chromosomen wird als haploider

(Chromosomen-) Satz (n) bezeichnet. Wenn, wie beim Menschen, in den somatischen Zellen ein doppelter Satz vorliegt wird dieser als diploider Satz bzw. als diploide Zelle ($2n$) bezeichnet (Campbell, 2016). Von der Anzahl der Chromosomen in einer Zelle lässt sich nicht auf die Entwicklungsstufe des Organismus schließen, so besitzt zum Beispiel die Haustaube 80 Chromosomen. Ausschlaggebender ist die Anzahl der Gene, ein menschliches Chromosom kann bis zu 3000 Gene enthalten (Hampl et al., 2015).

Ein Karyogramm ist ein wichtiges Hilfsmittel in der pränatalen Diagnostik, da Veränderungen in der Chromosomengestalt oder -anzahl chromosomale Krankheiten darstellen können (Campbell, 2016; Hampl et al., 2015). Ein Beispiel ist die Trisomie- 21 (auch bekannt als Down-Syndrom), bei dem das 21 Chromosom drei Mal in der Zelle vorliegt (Campbell, 2016).

Die Chromosomen bestehen wie bereits erwähnt aus Chromatinfäden, welche aus Proteinen und Nucleinsäuren bestehen. Bis in die 1940er Jahre wurden die Proteine aufgrund ihres heterogenen Aufbaus und der spezifischen Funktionen als mögliches Erbmaterial angesehen. Allerdings zeigten ein Experiment von dem Bakteriologen Oswald Avery und die Erkenntnisse des Chemikers Erwin Chargaff, dass die Desoxyribonucleinsäure (engl. **Desoxyribonucleinacid**) die Erbsubstanz darstellt (Campbell, 2016; Markl, 2011; Hampl et al., 2015). Der Aufbau der DNA wurde anschließend von Francis Crick und James D. Watson durch die Analyse verschiedener Modelle komplett entschlüsselt. So waren sie durch Röntgenkristallografie überzeugt, dass es sich bei dem DNA-Molekül um eine Helix handeln müsse und Dichtenmessungen deuteten auf eine Doppelhelix hin. Zudem war bereits bekannt, dass sie DNA ein Polymer aus Nucleotiden ist, welches jeweils wieder aus einer stickstoffhaltigen Base, einem Zucker (Desoxyribose) und einer Phosphatgruppe besteht (siehe Abbildung 1).

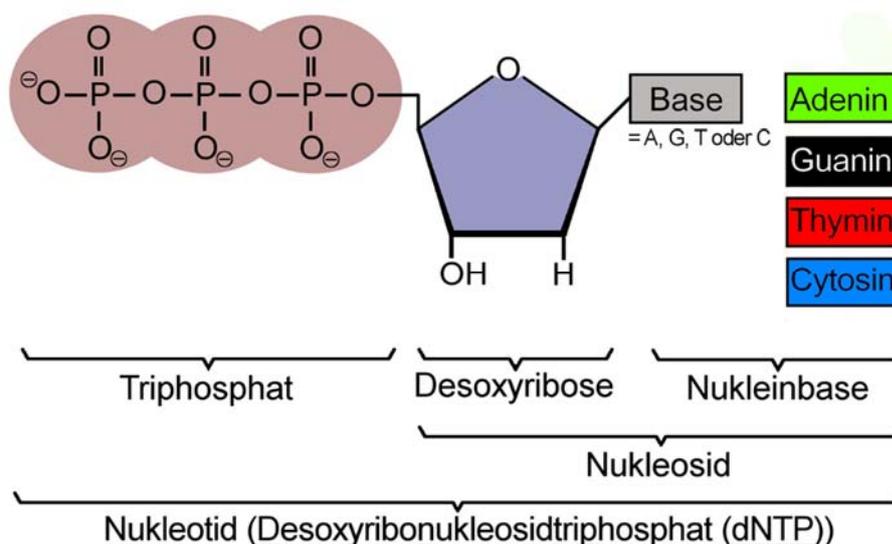


Abbildung 1: Modell eines freien Nucleotids (Quelle: *teutolab* – biotechnologie)

Der einzige Unterschied zwischen den vier verschiedenen Nucleotiden der DNA besteht in den Basen. Durch die Erkenntnis von Chargaff, dass die Menge von Adenin (A) und Thymin (T), sowie von Guanin (G) und Cytosin (C) immer gleich ist und die Tatsache, dass sich A und G als Purinderivate mit bityklischen Strukturen nur mit T und C als monozyklische Pyrimidinderivate paaren können, wenn der einheitliche Durchmesser der Doppelhelix von 2 nm erhalten bleiben soll, ergeben sich feste Basenpaare (bp). So bilden A und T eine komplementäre Basenpaarung mit zwei Wasserstoffbrückenbindungen und G und C eine Paarung mit drei Wasserstoffbrückenbindungen (siehe Abbildung 2). Die Basenpaarungen liegen im inneren der Doppelhelix, außen liegt das negativ geladene Phosphat-Zucker-Rückgrat. Durch dieses ist auch die Antiparallelität der Stränge begründet. Im Rückgrat der DNA wechseln sich Desoxyribose und Phosphat ab (siehe Abbildung 2). Eine Windung der Doppelhelix umfasst 10 bp und hat eine Länge von 3,4 nm (Campbell, 2016; Markl, 2011).

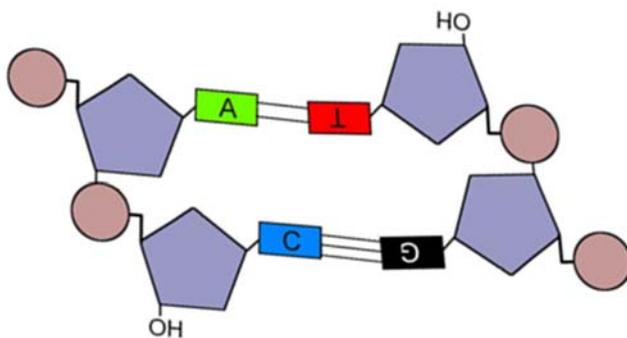


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Abschnittes der DNA mit Basenpaarungen von Adenin (A) mit Thymin (T), und von Cytosin (C) mit Guanin (G) mit Wasserstoffbrückenbindungen und dem Zucker-Phosphat-Rückgrat aus Desoxyribosen (Fünfeck) und Phosphaten (Kreise) (Quelle: *teutolab-biotechnologie*)

Mithilfe dieser DNA Struktur lassen sich alle Eigenschaften der DNA und die biologischen Funktionen erklären. So können die genetischen Informationen eines Organismus in Form von unterschiedlichen Basenabfolgen codiert und gespeichert werden. Durch einfache Änderungen der Basensequenz sind Mutationen möglich und durch die komplementäre Basenpaarung kann die DNA exakt repliziert werden (Markl, 2011).

3 Umsetzung in der Schule

Der Aufbau der DNA wird in jeder Schulform thematisiert. Das Folgende Kapitel gibt einen kurzen Kernlehrplanbezug. Danach wird aufgezeigt wie das Experiment zur DNA-Extraktion mit Haushaltsmitteln in den Unterricht bzw. eine Unterrichtseinheit eingebettet werden kann und wie die einzelnen Versuchsschritte durchzuführen sind.

3.1 Kernlehrplanbezug

Im Biologieunterricht der Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen wird der Aufbau der DNA in jeder Schulform behandelt. In der Realschule, der Hauptschule und der Gesamtschule sollen die DNA und die Chromosomen im Inhaltsfeld „Gene und Vererbung“ thematisiert werden. Am Ende der Jahrgangsstufe 10 sollen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise den Aufbau der DNA und der Chromosomen mit geeigneten Darstellungen fachlich korrekt präsentieren können (MSW NRW, 2011a; MSW NRW, 2011b; MSW NRW, 2013). Im Gymnasium wird die DNA im Basiskonzept „Struktur und Funktion“ unter dem Punkt „Reproduktion und Vererbung“ behandelt (MSW NRW, 2008). Je nach Schulform werden nach der Thematisierung des Aufbaus der DNA noch weitere Aspekte, wie zum Beispiel die Replikation (MSW NRW, 2011a), angeschlossen. In der Sekundarstufe II wird der Aufbau der DNA in den Inhaltsfeldern „Biologie der Zelle“ und „Genetik“ erneut thematisiert. So sollen im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung der Aufbau mithilfe eines Strukturmodelles erklärt werden können.

3.2 Einbettung in die Unterrichtsreihe

Wie bereits erwähnt, soll der dargestellte Versuch dem Einstieg in eine Unterrichtsreihe zum Aufbau der DNA dienen. In der ersten Unterrichtsdoppelstunde dieser Unterrichtseinheit sollte zunächst an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler angeknüpft werden. Es sollte erarbeitet werden, dass jedes Lebewesen und jeder Organismus DNA besitzt. Daraus ergibt sich die Frage, wie DNA aufgebaut ist. Vor dem Experiment können die Vorstellungen und die Vermutungen der Schülerinnen und Schüler gesammelt werden. Anschließend folgt das Experiment. Dieses sollte selbstständig, mithilfe der Experimentieranleitung (Arbeitsmaterial A), von den Schülerinnen und Schülern in Partnerarbeit durchgeführt werden. Für das durchführen des Experimentes und das Aufräumen des Arbeitsplatzes sollten ca. 30 Minuten eingeplant werden. Je nach Lerngruppe können eine gemeinsame Vorbereitung des Experimentes bzw. vorangehende Erklärungen sinnvoll sein. Neben dem Experimentieren haben die Schülerinnen und Schüler den Auftrag die Frage: Wie sieht die gewonnene DNA aus? zu beantworten. Beim erfolgreichen Experimentieren sollten dünne weiße Fäden zu sehen sein. Nach Beendigung des Experimentes folgt die Sicherung der Beobachtungen und ein Rückbezug auf die zuvor gesammelten Vorstellungen bzw. Vermutungen. Abschluss der Stunde sollte der Ausblick sein, sich in den nächsten ein bis zwei Doppelstunden noch genauer mit dem Aufbau der DNA zu beschäftigen. Insbesondere sollte dann auf die Aufspiralisierung zu Chromosomen und das Karyogramm eingegangen werden. Hier könnten Modelle mithilfe von Pfeifenreinigern gebastelt werden (Arbeitsmaterial B). Für einen genaueren Einblick in den Aufbau der DNA wäre eine Thematisierung der DNA als Nukleinsäure und die damit verbundene Doppelhelix wünschenswert. Eine mögliche Unterrichtsreihe ist im Arbeitsmaterial C skizziert. Die entsprechenden Texte für die Schülerinnen und Schüler können dabei auf Grundlage des Kapitels 2 und einer Literaturrecherche selber verfasst werden oder es

kann auf die vorhandenen Schulbücher zurückgegriffen werden, zum Beispiel das Fachwerk Biologie 2 Teil B für NRW.

3.3 Das Experiment

Das Experiment kann von den Schülerinnen und Schülern selbständig in Zweiergruppen durchgeführt werden. Zuerst sollten sie sich alle benötigten Materialien bereitstellen, um einen möglichst geregelten Ablauf garantieren zu können. Die Ausnahme stellt der Alkohol dar, da dieser eiskalt sein und somit möglichst lange auf Eis bzw. im Gefrierfach gelagert werden sollte.

Wenn alles vorbereitet ist, geben die Schülerinnen und Schüler das in Stücke geschnittene Probematerial vom untersuchten Gemüse, $\frac{1}{2}$ Teelöffel Salz und ca. 10 ml Wasser in den Mörser (siehe Abbildung 3)



Abbildung 3: Vorbereitetes Probematerial (Quelle: *teutolab*-biotechnologie)

Die Bestandteile werden nun mit dem Pistill zerrieben, bis eine Art Brei entstanden ist. Es sollten keine festen Bestandteile mehr zu erkennen sein, Ausnahmen bilden Schalen o.Ä. (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Zerkleinertes Probematerial (Quelle: *teutolab*-biotechnologie)

Danach wird das Gemisch in ein Sieb gegeben und mit den restlichen 90 ml Wasser durchgespült. Der Durchfluss wird mit einem Becherglas aufgefangen.

Es werden 2 TL Spülmittel dazu gegeben. Mit einem Teelöffel kann kräftig umgerührt werden, damit sich das Spülmittel gut verteilt (siehe Abbildung 5). Die enthaltenden Detergenzien zerstören die Zellmembran. Daher sollte es 8 bis 10 Minuten stehen gelassen werden.

Nach der Ruhezeit werden 25 ml Ananassaft hinzugegeben und leicht umgerührt. Dabei sollte vorsichtig vorgegangen werden, da bei zu starkem Rühren die DNA bricht und nachher schwieriger zu sehen ist.



Abbildung 5: Zellextrakt (Quelle: *teutolab*-biotechnologie)

Anschließend werden 5 ml des Gemisches in ein Falcon Röhrchen gegeben. Dazu werden 5 ml des eiskalten Alkohols gegeben. Entscheidend ist, dass sich zwei Phasen bilden. Daher muss beim Einfüllen des Alkohols vorsichtig und langsam vorgegangen werden. Am besten wird das Falcon Röhrchen schräg gehalten und der Alkohol langsam an der Seite herunterlaufen gelassen. So sollten sich die zwei Schichten bilden.

Bis die DNA ausfällt, kann es einige Minuten dauern. So lange sollte das Falcon Röhrchen stehen gelassen und beobachtet werden.

Die ausgefallene DNA ist als weißer Schleier beim Phasenübergang zu erkennen. Beim genauen Beobachten bzw. Hinschauen sollte die DNA als langer dünner Faden zu erkennen sein. Um das besser sehen zu können, kann es hilfreich sein, den Alkohol leicht mit einem Zahnstocher umzurühren.

Theoretisch könnte mit der extrahierten DNA noch weitergearbeitet werden. Im Labor wurde einmal die extrahiert DNA - Menge mithilfe eines NanoDrops gemessen. Es ergaben sich 122,5 bis 167 ng/ μ l DNA, was einer hohen DNA Menge entspricht. Die $OD_{260/280}$ Werten lagen bei ca. 1,1. Dieses deutet auf Verunreinigungen zum Beispiel durch Proteine hin (Brown, 2011).

In Vorversuchen hat sich Paprika als zuverlässiges Probematerial herausgestellt. Es kann aber auch weiteres Material untersucht werden, zum Beispiel Tomaten oder Erdbeeren. Dann könnte im Rahmen eines Forschungsauftrages innerhalb der Klasse bzw. des Kurses geschaut werden, ob die DNA überall gleich aussieht.



Abbildung 6: Ausfällung der DNA mithilfe von Alkohol (Quelle: *teutolab- biotechnologie*)

Arbeitsmaterial

A) DNA – Extraktion mit Haushaltsmitteln

Wie sieht die DNA aus?

Vermutungen: _____

Benötigte Materialien:

- Mörser und Pistill, Becherglas (ca. 150 ml), Teelöffel, Falcon Röhrchen (15 ml)
- Probematerial (ca. 1 Teelöffel voll, in Stücke geschnitten)
- 100 ml Wasser
- ½ TL Salz
- feines Sieb
- 2 TL Spülmittel
- 25 ml Ananassaft
- 5 ml eiskalter Alkohol (96 %) oder Brennspritus

Versuchsanleitung:

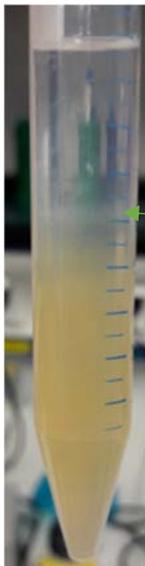
Schritt	Tätigkeit
1) Proben vorbereiten	2-3 Stücke Paprika und ½ Teelöffel (TL) Salz in einen Mörser geben.
2) Probe zerkleinern	Paprika, Salz und etwas Wasser (ca. 10 ml) mörsern, bis die Paprikastücke vollständig zerkleinert sind (die Schale bleibt erhalten)
3) Probe filtern	Den Brei durch ein Sieb in das Becherglas gießen, mit dem restlichen Wasser nachspülen.
4) Zellen zerstören	2 TL Spülmittel hinzugeben und kräftig verrühren. 8 - 10 min stehen lassen.
5) DNA ausfällen	25 ml Ananassaft hinzugeben. Vorsichtig und leicht umrühren. Achtung: Durch starkes Rühren bricht die DNA und ist nachher schlechter zu sehen. 5 ml des Gemisches in ein Falcon Röhrchen geben. Das Röhrchen schräg halten und langsam 5 ml eiskalten Alkohol hinzugeben, sodass er langsam an der Seite herunterläuft und sich zwei Phasen bilden.
6) Beobachtungen	Das Röhrchen beobachten. Es kann einige Minuten bis zur Veränderung dauern. Beobachtungen notieren.

Wie sieht die gewonnene DNA aus?

Beobachtungen: _____

Hinweise für die Lehrperson:

- Die benötigten Materialien sind vor der Versuchsanleitung aufgeführt.
- Der Alkohol muss frühzeitig auf Eis gestellt werden. Damit er schnell durchkühlt und für alle Gruppen eiskalt zur Verfügung steht, am besten in portionierten Mengen (Lagern im Gefrierschank ist auch möglich). Zudem dient dies der Minimierung des Unfallrisikos.
- Der Alkohol kann 96%iger Ethanol aus dem Chemikalienvorrat der Schule sein oder Brennspiritus (vergälltes Ethanol).
- Es müssen Schutzhandschuhe und Schutzbrille beim Arbeiten mit dem Alkohol getragen werden!



Ausgefällte DNA

Leider ist da auf Fotos nicht gut zu erkennen. Bei genauer Betrachtung lassen sich feine, sehr lange Fäden erkennen. Falls dieses auf den ersten Blick nicht der Fall sein sollte kann es hilfreich sein den Alkohol mit einem Zahnstocher vorsichtig umzurühren und auf Fadenartige Strukturen zu achten.

Abbildung 7: Ausgefällte DNA
(Quelle: *teutolab*- biotechnologie)

B) Arbeitsblatt zu Chromosomen

1. Bastelt mit Hilfe von Pfeifenreinigern und einem Gummiband ein Modell eines Chromosoms.
2. Füllt die Tabelle aus.
3. Wie viele Pfeifenreinigern würden benötigt, um den Chromosomensatz des Menschen darzustellen?

Modell

Fachausdruck

Normaler Pfeifenreiniger

Aufgewickelter Pfeifenreiniger

Vorgang der Aufwicklung

Zusammengebundene aufgewickelte Pfeifenreiniger

Verbindungsstelle

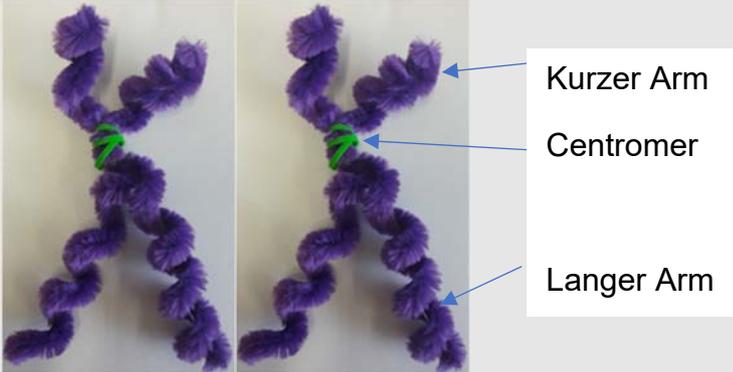
Zwei Paar gleich große und gestaltete, aufgewickelte und zusammengebundene Pfeifenreiniger

Bedeutung der unterschiedlichen Farben bei den Pfeifenreinigern

Lösungen des Arbeitsmaterials B

Lösungen

1. + 2.

Modell	Fachausdruck
Normaler Pfeifenreiniger	DNA - Doppelhelix
Aufgewickelter Pfeifenreiniger	Spiralisierte Chromatinfäden → 1-Chromatid- Chromosom
	
Vorgang der Aufwicklung	Kondensation
	
Zusammengebundene aufgewickelte Pfeifenreiniger	Chromosom bzw. ein 2- Chromatid-Chromosom
	
Verbindungsstelle	Centromer
Zwei Paar gleich große und gestaltete, aufgewickelte und zusammengebundene Pfeifenreiniger	Homologes Chromosomenpaar
	
Bedeutung der unterschiedlichen Farben bei den Pfeifenreinigern	Verschiedene Chromosomen

3. Der Mensch hat 23 Chromosomenpaare, also insgesamt 46 Chromosomen. Für ein Chromosom werden 2 Pfeifenreiniger benötigt. Insgesamt würden also 92 Pfeifenreiniger für eine Modell des menschlichen Genoms einer somatischen Zelle benötigt.

C) Tabellarische Unterrichtsverlaufspläne

Im Folgenden werden mögliche Doppelstunden zu der Unterrichtseinheit grob skizziert. Sie sollten auf die entsprechenden Gegebenheiten und die Schülerinnen und Schüler angepasst werden.

Doppelstunde Experiment

Dauer	Phase	Inhalt	Medien/ Material	Sozialform
5 min	Beginn	Begrüßung, Organisation und Vorstellung des neuen Themas	Tafel oder PPP	LV
10 min	Wiederholung	Wiederholung bzw. Anknüpfen an das Vorwissen der SuS (alle Lebewesen und Organismen besitzen DNA, DNA als Speicher der Erbinformationen etc.)		SLG
5 min	Vorstellungen generieren	Wie sieht DNA aus? → Sammeln der verschiedenen Vorstellungen	Tafel, OHP oder PPP	SLG
15 min	Einstieg in das Experiment	Erläuterung der Fragestellung und Zielsetzung des Experimentes. Gemeinsame Vorbereitung der Materialien und ggf. erklären wichtiger Versuchsschritte	Material zum Experimentieren (Arbeitsmaterial A)	SLG, LV, GA
35 min	Durchführung	Selbstständige Durchführung des Versuches und notieren der Beobachtungen.	Material zum Experimentieren (Arbeitsmaterial A)	GA
10 min	Auswertung	Vergleichen der verschiedenen Beobachtungen und Rückbezug auf die Vorstellungen.	Tafel, OHP oder PPP	SV, SLG
5 min	Abschluss und Ausblick	In den nächsten Stunden wird der Aufbau der DNA genauer geklärt		LV

Doppelstunde Chromosomen

Dauer	Phase	Inhalt	Medien/ Material	Sozialform
5 min	Beginn	Begrüßung, Organisation und Vorstellung des Stundenthemas		LV
5 min	Wiederholung	Wiederholung der Experimentiererergebnisse (→DNA als weiße Fäden)	Evtl. Tafel, OHP oder PPP	SLG
10 min	Vorstellungen generieren	Warum sind die weißen Fäden nicht beim Essen von Gemüse zu erkennen? →Aufspiralisierung Vorstellungen sammeln	Tafel, OHP oder PPP	SLG, SSG
20 min	Erarbeitung 1	Lesen des Textes über den Aufbau der Chromosomen, die Aufspiralisierung und das Karyogramm	Text (Buch oder AB)	EA
30 min	Erarbeitung 2 Basteln	Basteln eines Chromosomenpaares und ausfüllen des ABs	Arbeitsmaterial B 4 Pfeifenreiniger + 2 Gummibänder pro Gruppe	PA/ GA
15 min	Sicherung	Vergleichen der Ergebnisse (gebastelte Chromosomen und Tabelle) Rückbezug zu den Vorstellungen	Tafel, OHP oder PPP	SV, SLG
5 min	Abschluss und Ausblick	In der nächsten Stunde wird der Aufbau der Chromosomen insbesondere die Doppelhelix geklärt		LV

Doppelstunde DNA-Doppelhelix

Dauer	Phase	Inhalt	Medien/ Material	Sozialform
5 min	Beginn	Begrüßung, Organisation und Vorstellung des Stundenthemas		LV
5 min	Wiederholung	Was ist bereits alles über die DNA bekannt?	Evtl. Tafel, OHP oder PPP	SLG
15 min	Erarbeitung 1	Lesen des Textes zum Aufbau der DNA	Text (Buch oder AB)	EA
5 min	Sicherung 1	Besprechen des Textes mit den Nachbarn		PA
35 min	Erarbeitung 2	Nachbau der DNA: Alle SuS bekommen einen Zettel mit deinem DNA Bestandteil (z.B. Adenin, Desoxyribose, Phosphat, Wasserstoffbrückenbindungen etc.) auf den Rücken geklebt und stellen sich entsprechend auf um die DNA darzustellen. Alternative: Zettel auf den Boden legen ggf. mit Bildern →Besprechung	Zettel mit DNA Bestandteilen, Klebeband	GA
15 min	Sicherung 2	Tafelbild mit allen wichtigen Informationen und Skizzen erstellen (lassen) und übertragen	Tafel (bzw. OHP)	SV, SLG, EA
10 min	Abschluss der Unterrichtseinheit	Zusammenfassen der Erkenntnisse der letzten Schulstunden, evtl. letzten Frage klären.	Evtl. Tafel, OHP oder PPP	SV, SLG

GA = Gruppenarbeit

PA = Partnerarbeit

LV = Lehrervortrag

SV = Schülervortrag

SLG = Schüler - Lehrer- Gespräch

SSG = Schüler - Schüler - Gespräch

OHP = Overhead- Projektor

PPP = PowerPoint Präsentation

4 Literaturverzeichnis

- Brown, T. A. (2011). *Gentechnologie für Einsteiger* (6. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Campbell, N. A. (2016). *Campbell Biologie - Gymnasiale Oberstufe*. Pearson (2., aktualisierte und erweiterte Auflage.). München: Pearson Higher Education.
- Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2013). *Beobachten und Experimentieren*. In Labudde, P. (Hrsg.) *Fachdidaktik Naturwissenschaften* S.133-148. Haupt: Bern.
- Hesse, M. (2000). Erinnerungen an die Schulzeit – Ein Rückblick auf den erlebten Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 187 – 201.
- Hampl, U.; Janik, K.; Pohlmann, A.; Pondorf, P.; Rehbach, R.; Ritter, M.; Stelzig, I.; Zitzmann, J. (2015). *Fachwerk Biologie 2 - Teil B*. Nordrhein-Westfalen. Berlin: Cornelsen.
- Markl, Jürgen (Hrsg.) (2011). *Purves Biologie*. 9. Aufl., Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Biologie*. Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-g8/> (Stand: 25.03.2019)
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2011a). *Kernlehrplan für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen Lernbereich Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/hauptschule/naturwissenschaften/index.html> (Stand: 25.03.2019)
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2011b). *Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Biologie*. Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/realschule/biologie/index.html> (Stand: 25.03.2019)
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gesamtschule/naturwissenschaften/index.html> (Stand: 25.03.2019)
- Stripf, R. (Hrsg.) (2010). *Methoden-Handbuch Biologie 1*. Köln: Aulis-Verlag Deubner.