

Ulrich E. Stempel

# DNA Experimente

Spannende Experimente im eigenen DNA-Labor

- Schritt für Schritt zum eigenen DNA-Labor
- Die eigene DNA sichtbar machen
- DNA beeinflussen

Ulrich E. Stempel  
**DNA Experimente**

Ulrich E. Stempel

# DNA Experimente

Spannende Experimente im eigenen DNA-Labor

- Schritt für Schritt zum eigenen DNA-Labor
- Die eigene DNA sichtbar machen
- DNA beeinflussen

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2016 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

**Autor:** Ulrich E. Stempel

**Lektorat:** Ulrich Dorn

**Satz:** Nelli Ferderer, [nelli@ferderer.de](mailto:nelli@ferderer.de)

**art & design:** [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)

ISBN 978-3-645-25335-2

# VORWORT

---

Mit DNA-Gentechnik selbst zu experimentieren – ist das möglich? Kann jeder die eigenen Gene untersuchen oder gar Gene manipulieren?

Beim Thema DNA denkt man an eine komplizierte Laborausstattung und spezielle Chemikalien. Hier im Buch wird anschaulich gezeigt, wie man mit einfachen Mitteln z. B. seine eigene DNA sichtbar machen kann. Das gelingt nicht nur bei den menschlichen Zellen, es ist ebenso bei Pflanzen, Gemüse, Früchten und Tieren möglich. Die vorgestellten Versuchsaufbauten und Experimente eröffnen umfangreiche Möglichkeiten, einen inspirierenden Einblick in die Welt der Molekularbiologie zu erhalten.

Nahezu jede Zelle eines lebendigen Organismus und natürlich auch des Menschen (bis auf die roten Blutkörperchen beim Menschen) besitzt den kompletten Bauplan für ihren Aufbau und für alle erforderlichen Funktionen. Dieses Informationspaket ist in den Genen gespeichert, die sich aus einer einzigartigen Kombination von nur vier unterschiedlichen Bausteinen zusammensetzen. Man spricht von auch von der Blaupause (Blueprint) des Lebens.

Es ist faszinierend, wenn man seine eigene DNA das erste Mal isoliert hat und quasi in den eigenen Händen halten kann. Mit weiterführenden technischen Methoden, wie z. B. der Elektrophorese, ist es darüber hinaus möglich, Experimente zur Gentyppisierung und zur Darstellung spezifischer Genabschnitte durchzuführen.

Auch zu der Frage, inwieweit das Erbmateriale beeinflusst oder gar verändert werden kann, gibt es inspirierende Informationen und praxisbezogene Experimente. Durch das praktische Wissen über die Möglichkeiten der Molekularbiologie kann jeder Mensch mit dazu beitragen, dass in der Welt gentechnisch kein Unfug getrieben wird.

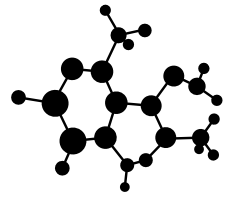
Ich wünsche Ihnen einen erfolgreichen Einstieg in die DNA-Forschung und gutes Gelingen der beschriebenen Experimente.

Ihr Ulrich Stempel

# Inhalt

---

VORWORT .....	5
1. DNA, DER EINSTIEG .....	10
1.1 Die Entdeckung der DNA .....	10
1.2 Das Erklärungsmodell zur DNA .....	11
1.3 Chromosomen und Gene .....	16
1.3.1 Der Mensch und seine Chromosomen .....	18
1.4 DNA – identische Verdopplung .....	18
1.5 Was weiß man über die DNA wirklich? .....	19
2. PRAKTISCHE EXPERIMENTE .....	20
2.1 Das eigene DNA-Labor .....	21
2.1.1 Spezielle Gerätschaften und Stoffe .....	21
2.1.2 Menschliche DNA isolieren und sichtbar machen .....	25
2.1.3 DNA aus Haaren? .....	29
2.1.4 DNA von Zwiebel und Tomate isolieren und sichtbar machen .....	30
2.1.5 DNA aus Erdbeeren oder Himbeeren gewinnen .....	35
2.2 Hinweise und Erklärungen .....	39
2.2.1 Identifikation von DNA .....	40
3. ZENTRIFUGIEREN VON STOFFEN .....	42
3.1 Zentrifuge selbst aufbauen .....	42
3.1.1 Der Zusammenbau Schritt für Schritt .....	43
3.1.2 Zentrifuge mit hohem Drehzahlbereich .....	48




---

4.	DNA-VERVIELFÄLTIGUNG IM HEIMLABOR .....	50
4.1	Das Prinzip der Vervielfältigung .....	50
4.2	Praktische Experimente .....	52
4.2.1	Zusatzcocktail Mastermix .....	52
4.2.2	PCR-Maschinen .....	53
4.3	Low-Cost-PCR-Thermocycler .....	55
4.4	Mögliche PCR-Probleme .....	57
5.	ELEKTROPHORESE .....	58
5.1	Die Gelelektrophorese .....	59
5.1.1	Gel anfertigen .....	60
5.1.2	Gelbox .....	62
5.1.3	Zubereitung des Gels aus Agar-Agar .....	66
5.1.4	Leitflüssigkeit, TBE-Puffer .....	67
5.1.5	DNA-Probe vorbereiten .....	68
5.1.6	Gel beladen .....	69
5.1.7	Gelprozess .....	73
5.1.8	Restriktionsenzyme .....	75
5.1.9	DNA-Marker .....	77
5.1.10	Visualisierung von DNA durch Einfärben .....	78
5.2	Was wird sichtbar? – Auswertung .....	81
5.2.1	Elektrophoresegeräte im Handel .....	83

6.	DIE DNA BEEINFLUSSEN .....	84
6.1	Epigenetik .....	84
6.1.1	Genregulation .....	84
6.2	Genetischer Urcode .....	87
6.3	Praktische Experimente .....	89
6.3.1	Elektrostatische Experimentierbox .....	89
6.3.2	Der Aufbau Schritt für Schritt .....	91
6.3.3	Hochspannungsgenerator .....	93
6.3.4	Gekaufter Hochspannungsgenerator .....	97
6.3.5	Messung der Hochspannung .....	98
6.3.6	Anwendung für die DNA-Saatgutbehandlung .....	100
6.4	Konkretes Wachstumsexperiment .....	102
6.4.1	Kressesamen, Vergleichstest .....	103
6.5	UV-Licht und DNA .....	107
6.5.1	Nährboden für Bakterien mit Standard-Nähragar .....	108
6.5.2	Zubereitung eines Standardnährbodens .....	109
6.5.3	Bakterienbrutschrank selber bauen .....	113
6.5.4	DNA-Experiment mit UV-Licht .....	117
6.5.5	Bakterien auf einfachste Art selbst isolieren .....	120
7.	DNA-SPEZIALWISSEN .....	122
7.1	Was bedeutet der Begriff Genom? .....	122
7.2	DNA-Reparatur .....	122



---

8.	GENMANIPULATION .....	126
8.1	Klare Grenzen .....	126
8.2	Gentransformation .....	127
8.2.1	Lichtgeneinbau in das Escherichia-coli-Bakterium .....	129
8.3	Leuchtende Bakterien .....	131
8.3.1	Das kleine Leuchtlabor .....	132
8.4	Das CRISPR/Cas-System – die Genschere .....	134
9.	BIOHACKERBEWEGUNG .....	136
9.1	Experimentiermöglichkeit »biologische Brennstoffzelle« .....	140
9.2	Grätzelzelle .....	141
10.	ANHANG .....	144
10.1	DNA-Modell selbst anfertigen .....	144
10.1.1	Der Zusammenbau Schritt für Schritt .....	145
10.2	Links, Liefernachweise und Materialien .....	149
10.2.1	Lieferadressen der Bezugsfirmen .....	150
10.2.2	Links .....	154
	INDEX .....	156
	BILDNACHWEIS .....	160

# DNA, DER EINSTIEG

---

*Das Erbmateriale – kurz: die DNA – kann man in allen Lebewesen und in wenigen Virentypen finden. Es handelt sich um winzig kleine Biomoleküle, die als Träger der Erbinformation gesehen werden. Im innersten Kern der Zellen befindet sich ein kompletter Plan, wie ein Lebewesen auszusehen hat und wie es funktionieren soll. Um an den Plan heranzukommen, muss man erst einmal das Trägermedium der Information sichtbar machen. Um den Plan aber lesen zu können, braucht man das Wissen über die Codes, die im Wesentlichen durch die Bausteine Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin dort verankert sind.*

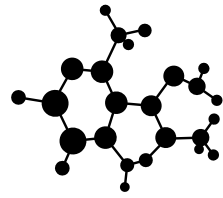
Und mehr noch, alle Lebewesen, seien es die Menschen, die Tiere, die Pflanzen, ja selbst Pilze und Viren, tragen den gleichen Code, haben quasi das gleiche biologische Betriebssystem.

Die theoretischen wissenschaftlichen Grundlagen zum umfassenden Thema DNA werden in diesem Buch so komprimiert wie möglich gehalten, ansonsten würde es den Rahmen sprengen. Bei tiefer gehendem Interesse des Lesers wird empfohlen, sich anhand der umfangreich zur Verfügung stehenden Informationen, z. B. im Internet (siehe auch Links im Anhang) weiter zu informieren. Der Hauptfokus dieses Buchs liegt darauf, Erbmateriale DNA anhand eigener praktischer Experimente zu erforschen sowie sichtbar und erfahrbar zu machen.

## 1.1 DIE ENTDECKUNG DER DNA

Die Entdeckung der DNA als Zentrum der Erbinformation geht im Wesentlichen auf den amerikanischen Mediziner und Biochemiker Oswald Theodore Avery (1877–1955) zurück. Avery, der ab 1913 beim Rockefeller-Institut in New York arbeitete, machte in den 1940er-Jahren zusammen mit seinen Mitarbeitern die Entdeckung, dass die Erbsubstanz von Pneumokokken (Bakterien, siehe auch Streptokokken) durch Zugabe fremder DNA verändert werden kann. Damit gab es einen ersten schlüssigen Anhaltspunkt und Beweis, dass die DNA-Moleküle, die genetische Informationen enthalten müssen, auch übertragen werden können. Bis dahin war es allgemeiner wissenschaftlicher Standard, dass Proteine die Träger der Erbinformation seien.

Die wesentlichen Erkenntnisschritte, auf die Avery aufbauen konnte, kamen von den folgenden Wissenschaftlern und Forschern:



- 1869 entdeckte der Schweizer Arzt Friedrich Miescher in den Zellkernen der Lymphozyten einen Extrakt, den er als Nuklein bezeichnete.
- 1889 isolierte der Deutsche Richard Altmann aus dem von Miescher entdeckten Nuklein die Proteine und die Nukleinsäure.
- 1896 entdeckte der Deutsche Albrecht Kossel in der Nukleinsäure die vier Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin.
- 1919 erforschte Phoebus Levene die Bestandteile der DNA, und zwar Basen, Zucker und Phosphatreste.
- 1937 veröffentlichte William Astbury Röntgenbeugungsmuster, die eine sich wiederholende Struktur der DNA zeigen.

### Was steckt hinter der Abkürzung DNA?

Hinter der Abkürzung DNA steckt der Begriff »Desoxyribonukleinsäure«, die korrekt mit DNS abgekürzt wird. Das Wort setzt sich zusammen aus Des-, Oxygenium (Sauerstoff), Ribose (= Desoxyribose) und Nukleinsäure. Im üblichen Sprachgebrauch hat sich der englische Begriff bzw. die Abkürzung DNA eingebürgert (Deoxyribonucleic Acid), auch wenn es gute Gründe für die Abkürzung DNS gibt. In diesem Buch wird der Begriff »DNA« verwendet.

## 1.2 DAS ERKLÄRUNGSMODELL ZUR DNA

Anfang der 1950er-Jahre machten sich viele Wissenschaftler – so auch die beiden Wissenschaftler Watson und Crick – daran, die bis dahin verborgenen Geheimnisse der DNA weiter zu erforschen und vor allem ein schlüssiges Funktionsmodell dazu zu finden. Watson und Crick hatten die Vision, die Zusammenhänge und die Struktur der DNA zu ergründen, und wollten sich damit den Nobelpreis holen. Was sie durch die Forschungen der Kollegen bis dahin wussten, war, dass vier unterschiedliche Basen im Spiel sind und auch Phosphat und Zucker dazugehören. Unklar war, in welcher Weise und Struktur diese Bausteine miteinander verknüpft sind.

Durch viel Pusselarbeit und eine große Portion Glück fügten sich mehrere Informationen und Hinweise für die beiden spielerisch zusammen – so z. B. auch Röntgenaufnahmen, die die Biochemikerin Rosalind Franklin und der Physiker Maurice Wilkins auf kristallisierter DNA gemacht hatten. Natürlich war es eine lange Geschichte mit vielen Sackgassen und Fehlversuchen. Letztlich waren die beiden erfolgreich und erhielten den Nobelpreis. Und so ist das heute bekannte dreidimensionale Doppelhelix-DNA-Modell ursprünglich aus mehreren gebastelten Papp- und Drahtmodellen entstanden, das zu Ehren der Wissenschaftler den Namen Watson-Crick-Modell trägt.

Auch wenn es schon sehr viele Erkenntnisse gibt, so sind die Forschungen im Bereich der Erbinformationen noch lange nicht abgeschlossen, und man kann gespannt sein, ob und wann neue, komplexere Erkenntnisse und dazu passende Modelle entdeckt werden.

### **DNA-Modell - Zusammenfassung**

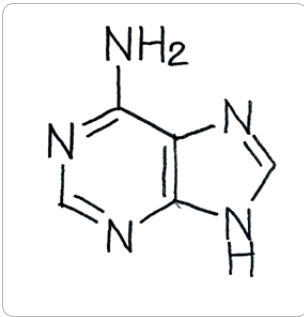
Nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Modell ist die DNA in Form einer Doppelhelix mit zwei Strängen aufgebaut. Chemisch gesehen, handelt es sich um Nukleinsäuren, die lange Kettenmoleküle (Polymere) bilden. Die Kettenmoleküle bestehen aus vier verschiedenen Bausteinen, den Nukleotiden. Jedes dieser vier Nukleotiden besteht aus:

- Zucker (Desoxyribose),
- Phosphat und
- einer von vier organischen Basen A, T, G und C (A = Adenin, T = Thymin, G = Guanin und C = Cytosin).

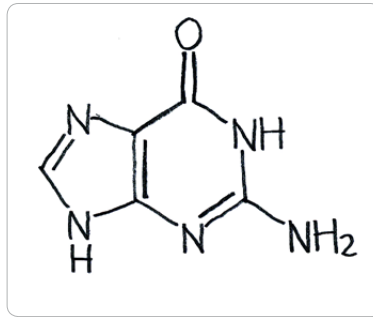
Mit dem Watson-Crick-Modell kann man die Struktur und gleichzeitig den Verdopplungs-Mechanismus (Replikation) erklären.

Die einzelnen Bestandteile des Watson-Crick-Modells werden nachfolgend erläutert. Bildlich vorstellen kann man sich das Modell und die Anordnung der DNA wie eine Wendeltreppe oder, besser noch, wie eine Kombination aus Leiter und Wendeltreppe. Schauen wir uns erst einmal die »Sprossen der Leiter« an. Sie bestehen im Wesentlichen aus den Basenpaaren Adenin/Thymin sowie Cytosin/Guanin und den Wasserstoffbrücken.

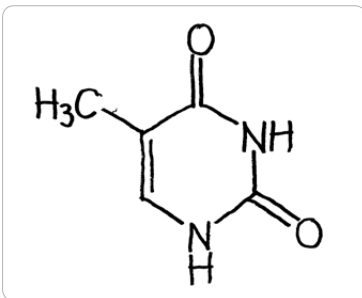
Das in der Abbildung aufgeführte  $\text{NH}_2$  wird als Amin bezeichnet, es ist ein Derivat (Abkömmling) des Ammoniaks ( $\text{NH}_3$ ). Es ist die funktionelle Gruppe (Aminogruppe  $\text{R-NH}_2$ ), die allen Aminosäuren gemein ist, und diese sind die Grundlage für die Proteinherstellung.



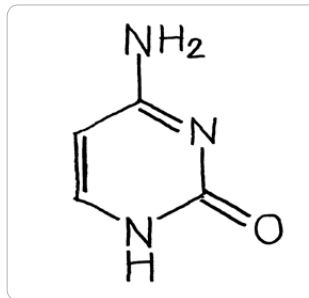
Die Base Adenin.



Die Base Guanin.



Die Base Thymin.



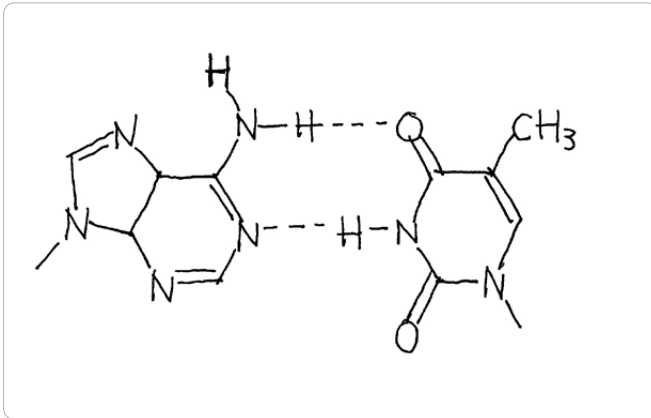
Die Base Cytosin.

Spezielle Kontrollenzyme sorgen dafür, dass sich nur bestimmte Basen verbinden können, so Adenin mit Thymin und Guanin mit Cytosin. Die gepaarten Basen liegen in einer (Sprossen-)Ebene. Die Anteile der Paare Cytosin/Guanin und Adenin/Thymin in der DNA sind gleich. Die Basensequenz ist aperiodisch, das heißt mit unterschiedlichen Kombinationen.

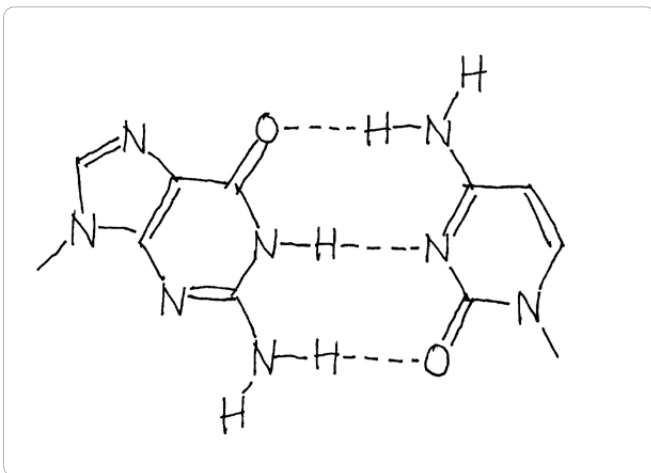
### Basentriplets

Spannend ist, dass sich mit vier unterschiedlichen Nukleobasen erst einmal nur vier Aminosäuren kombinieren (codieren) lassen würden. Wenn die Natur aber Kombinationen aus je zwei aufeinanderfolgenden Basen bildet, sind schon 16 Kombinationen möglich. Um weitere Kombinationen zu gestalten, schreibt die Natur mit diesen Kombinationen »DNA-Wörter« mit der Bezeichnung »Basentriplets«. Die Triplets (tri = 3) bestehen jeweils aus drei Buchstaben. Dadurch sind 64 Kombinationen möglich.

Bei der Adenin/Thymin-Paarung gibt es zwei Wasserstoffbrücken, bei der Cytosin/Guanin-Paarung sind es drei Wasserstoffbrücken. Interessant ist auch, dass unser Ur-element Wasserstoff die Basenpaare verbindet und damit den wesentlichen Kontaktpunkt für die beiden DNA-Stränge darstellt.



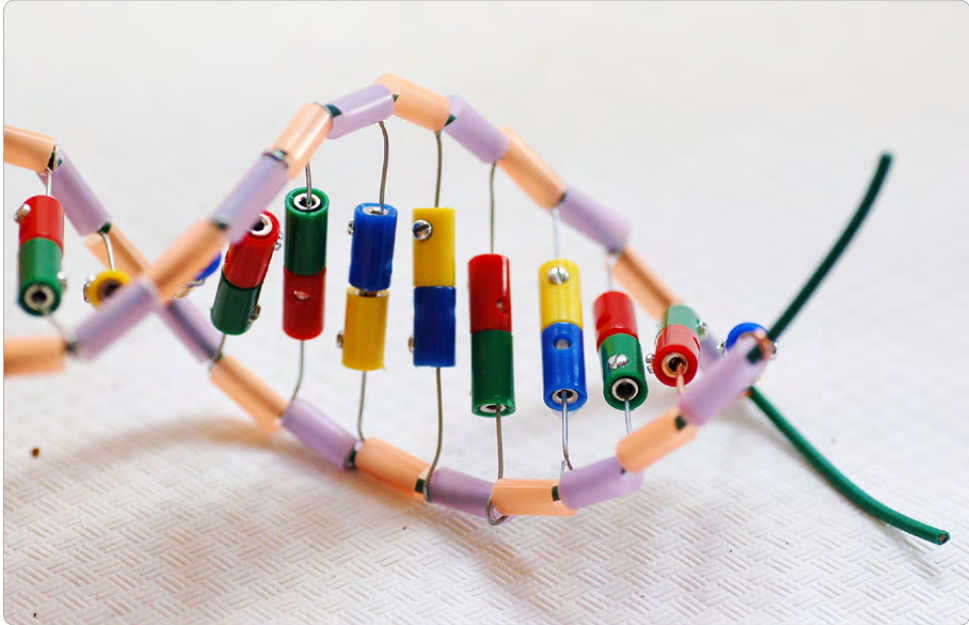
Das Basenpaar Adenin und Thymin mit zwei Wasserstoffbrücken (H).



Das Basenpaar Guanin und Cytosin, mit drei Wasserstoffbrücken (H).

Die Seitenteile der Leiter (Stränge) sind gegenläufig und spiralg verdreht, was eine besonders stabile und kompakte Struktur ergibt.

Die Stränge bestehen aus einer Kette, in der sich Phosphat und Zucker abwechseln. An die jeweiligen Zuckermoleküle (Desoxyribose) sind die Sprossen mit den Basenpaaren gekoppelt.



*DNA-Struktur mit den beiden Strängen.*

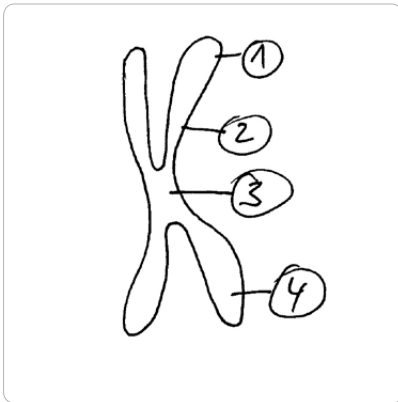
Faszinierend an der DNA ist, dass die Stränge mit einzigartigen Sprossenkombinationen versehen und so unverwechselbar und bei jedem Lebewesen einzigartig sind. Deshalb reichen vom Prinzip her wenige Zellen aus, um z. B. einen Menschen anhand seiner DNA zu identifizieren.

Die Funktion und die Aufgaben einiger Gene, z. B. zur Art und Ausbildung des Körperbaus, sind bekannt und gut erforscht. Gleichzeitig gibt es immer noch Anordnungen und Funktionen, die viele Fragen aufwerfen, vor allem im Bereich der menschlichen Psyche. Man bedenke, dass es in nahezu jeder Zelle eines Menschen etwa drei Milliarden DNA-Basenpaare gibt.

Um einen Eindruck von der Vielfalt und dem Umfang der Erbinformationen zu bekommen, sollte man sich vorstellen, alle DNA-Moleküle eines menschlichen Körpers (aller Zellen) aneinanderzureihen. Die entstehende Strecke wäre mehrere Milliarden Kilometer lang.

## 1.3 CHROMOSOMEN UND GENE

Um die Einbindung der DNA im Zellkörper zu verstehen, ist es sinnvoll, sich auch die Chromosomen anzusehen. Wissenschaftlich war das Chromosom lange vor der Entdeckung der DNA als Zellbestandteil bekannt, da es, in bestimmten Phasen der Zellteilung, durch spezielle Methoden der Einfärbung sichtbar gemacht werden konnte. Aus dieser Eigenschaft heraus entstand der Name Chromosom, der so viel bedeutet wie »färbbarer Zellbaustein«.



### Chromosom und Genfaden

Jedes Chromosom besteht aus einem vollständigen Genfaden, die Substanz dieser Genfäden ist der komplette Lebensplan bzw. das komplette DNA-Material.

*Prinzipieller Aufbau eines Chromosoms.*

#### Zuordnungen:

- ❶ Chromatid. Das Chromosom besteht normalerweise (Ausnahme XY-Chromosom) aus zwei identischen Chromatiden, die ca. 0,2 bis 20 µm lang sind.
- ❷ Langer Arm.
- ❸ Als Centromer wird der Punkt bezeichnet, an dem sich die beiden Chromatiden berühren.
- ❹ Kurzer Arm.

Je nach Art von Lebewesen gibt es eine unterschiedliche Anzahl von Chromosomen und Anordnungen. Der DNA-Doppelstrang eines Menschen ist insgesamt ca. 100 Zentimeter lang – ein Wunderwerk der Schöpfung, dass all das in einer kleinen Zelle Platz hat.

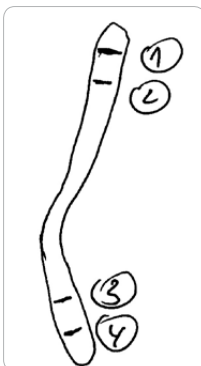
Die Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*), umgangssprachlich Obst- oder Essigfliege genannt, wurde genetisch bestens und in allen Einzelheiten erforscht.

Der Grund: leichte Handhabung, schnelle Generationsdauer (ca. zehn Tage) und viele Nachkommen (ca. 400 pro Generation). Das DNA-Material besteht aus nur vier Chromosomenpaaren (acht Chromosomen). Die Mutationen der Gene kann man deutlich z. B. an der Augenfarbe und der Flügellänge erkennen.



ORGANISMUS, LEBEWESEN	CHROMOSOM(EN) PRO ZELLE
Bakterien	1 + einige Plasmide*
Fruchtfliege ( <i>Drosophila melanogaster</i> )	8
Championpilz	8
Malaria-Erreger ( <i>Plasmodium falciparum</i> , Einzeller)	14, ca. 6.500 Gene
Opossum	18
Reis	24
Tomate	24
Hefe	32
Schwein	38
Maus	40
Fledermaus	44
Mensch	46
Schimpanse	48
Rind	60
Pferd	66
Hund	78
Huhn	78
Amsel	80
Karpfen	104

\* *kleine DNA-Ringe in Bakterienzellen*



*Chromosom einer Fruchtfliege  
und Lage der Gene.*

**Zuordnung:**

- ➊ Körpergröße
- ➋ Körperfarbe
- ➌ Augenfarbe
- ➍ Flügellänge

## 1.3.1 Der Mensch und seine Chromosomen

Menschen haben 46 Chromosomen, die sich in zwei Paare zu jeweils 23 Chromosomen aufteilen. Ein Chromosom, das mit einem weiteren Chromosom in der Ausformung und in den Genen übereinstimmt, wird als homologes Chromosom bezeichnet. Jede diploide Zelle hat einen Satz homologer Chromosomen: jeweils ein Chromosom, das vom Vater stammt, und ein Chromosom, das von der Mutter kommt. Diese beiden Chromosomen sind miteinander verbunden. Das letzte Chromosomenpaar mit der Nummer 23 ist kein homologes Chromosom, und die Paarteile sind unterschiedlich ausgebildet – bei der Frau als XX- und beim Mann als XY-Chromosom.

### Gene

Sehr vereinfacht ausgedrückt, beschreibt der Begriff »Gen« einen Abschnitt des DNA-Materials, der eine Konstruktionsinformation, auch als Erbanlage bezeichnet, weitergibt. Das Gen kann z. B. spezielle körperliche Eigenschaften, wie Augenfarbe, Haarfarbe, Körpergröße etc., an die nächste Generation zur Ausführung im Stoffkörper weitergeben.

Definiert wird so ein spezielles Gen durch die Anfangsbuchstaben der Basen A, T, G und C (A = Adenin, T = Thymin, G = Guanin und C = Cytosin).

Ein Beispiel dafür, wie ein Genabschnitt beginnen könnte, ist: CACGAATGCTA.

Wissenschaftlich vertieft, wird es sehr viel komplexer und geht in den Bereich der RNA bzw. RNS. Die RNA ist eine chemische Schnittstelle und erfüllt Umsetzungsaufgaben von der genetischen Information zur körperlichen Manifestation.

## 1.4 DNA - IDENTISCHE VERDOPPLUNG

Dadurch, dass sich die DNA bzw. die Erbinformation bei jeder Zellteilung verdoppeln bzw. vervielfältigen kann (Replikation = identische Verdopplung), wird es erst möglich, dass Erbinformationen weitergegeben werden. Das Verfahren nennt man semi-konservatives Prinzip.

**Das Prinzip funktioniert sehr vereinfacht dargestellt so:**

- Die Wasserstoffbrücken des DNA-Strangs werden mithilfe von Enzymen wie ein Reißverschluss aufgetrennt. Dann werden die Stränge repliziert. Denn die Stränge, die aufgetrennt wurden, bestehen (bildlich gesprochen) nur noch aus einer halben Seite des Reißverschlusses bzw. einer Base.

- Damit wieder zwei vollständige Stränge entstehen, wird ein neuer Gegenstrang benötigt, der ergänzend zum vorhandenen in der korrekten Kombination gebildet werden muss, sodass nach der Replikation (identischen Verdopplung) die beiden neuen Moleküle aus einem alten Strang und einem komplett neu gebildeten Strang bestehen.

Man kann auch hier feststellen, dass automatisch (durch die passenden Wasserstoffbrücken) nur die passenden Basen Adenin und Thymin sowie Guanin und Cytosin verknüpft werden. Andere Paarkombinationen als die oben beschriebenen gibt es nicht bzw. werden durch entsprechende Enzyme verhindert.

**Zusammenfassung:** Die zwei ergänzenden Stränge ergeben für das Leben erst dadurch Sinn, dass die vorhandene DNA-Doppelhelix identisch kopiert werden kann. Die Doppelhelix teilt sich in zwei einzelne Stränge, die Basenpaare lösen sich voneinander, und anschließend werden die »einsamen« Basen der beiden Einzelstränge komplementär wieder ergänzt. Der Vorgang wird durch Enzyme unterstützt.

An jede einsame Base, etwa an Adenin, setzt sich also ein Thymin-Molekül, an jedes einsame Guanin dockt ein Cytosin-Molekül an – vereinfacht formuliert. Auf diese Weise entstehen aus den beiden DNA-Einzelsträngen zwei neue DNA-Doppelhelixstränge. Dieser Vorgang findet während der Zellteilung für jede neue Zelle statt.

## 1.5 WAS WEISS MAN ÜBER DIE DNA WIRKLICH?

Die wissenschaftlichen Erklärungsmodelle um die DNA-Funktionen sind sehr komplex, und man versucht, die Vorgänge schlüssig zu erforschen und zu beschreiben. Gleichzeitig ist klar, dass es sich »nur« um abstrahierte Erklärungsmodelle handelt. Wissenschaftler streiten sich über die Frage, in welchem Umfang die DNA bisher tatsächlich erforscht wurde. Die einen behaupten, dass es keine wesentlichen Teile mehr zu entdecken gäbe, die anderen gehen davon aus, dass erst ein kleiner Teil des gesamten »Erbschaftswunders« erforscht und verstanden werde.

Anstatt an dieser Stelle in weitere vertiefende Theorien einzusteigen, wenden wir uns erst einmal den praktischen Experimenten zu. Wer sich für weitere theoretische Grundlagen interessiert, findet sie in Kapitel 7, »DNA-Spezialwissen«.

# PRAKTISCHE EXPERIMENTE

---

*Die Experimente in diesem Buch sind so einfach wie möglich aufgebaut und lassen sich in der Regel mit einfachen Mitteln durchführen. Dennoch ist es immer wieder das Forscher-schicksal, dass nicht bei jedem Durchlauf tatsächlich alles auf Anhieb funktioniert. Geduld ist gefragt, und wenn es nicht beim ersten Mal klappt, hilft es meist, es einfach noch mal zu probieren.*

Ich empfehle, die im Buch aufgeführte Reihenfolge zu nutzen, da die Kapitel und die Informationen aufeinander aufbauen und die an einfachen Experimenten gemachten Erfahrungen bei komplexeren Experimenten hilfreich sind.

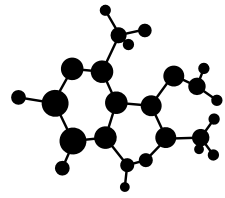
## Warn- und Sicherheitshinweise

Bei allen Experimenten sind die allgemeinen und die speziellen Warnhinweise und die Sicherheitshinweise zu beachten!

**Allgemeiner Warnhinweis:** Die im Buch vorgestellten Experimente und Anleitungen sind mehrfach praktisch erprobt und nach bestem Wissen optimiert. Dennoch ist es nicht auszuschließen, dass es bei experimentell Ungeübten »Missgeschicke« geben kann. Der Verlag und der Autor können dafür keine Haftung übernehmen.

**Sicherheitshinweise:** Bei den Experimenten mit DNA-Material, Substanzen und lebenden Bakterien sind folgende Regeln zu beachten:

- Während der Experimente nicht essen, trinken oder rauchen.
- Schutzhandschuhe (Einweghandschuhe) und Schutzbrille tragen.
- Die bei der Arbeit benutzten Geräte sind vorher und anschließend mit Alkohol, z. B. Ethanol (mindestens 70%ig), zu desinfizieren oder mindestens fünf Minuten bei 120 °C abzukochen (Dampfkochtopf).
- Nach den Experimenten mit Bakterien die Hände gründlich waschen bzw. z. B. mit Ethanol desinfizieren.



## 2.1 DAS EIGENE DNA-LABOR

Um die ersten Schritte zu unternehmen, DNA-Material zu isolieren und sichtbar zu machen, werden einige einfache Gerätschaften und Hilfsstoffe benötigt. Je nachdem, ob man vorhat, die DNA von menschlichen Zellen, von Tieren, Pflanzen oder Früchten sichtbar zu machen, weichen der Experimentieraufbau und der Ablauf geringfügig voneinander ab.

### 2.1.1 Spezielle Gerätschaften und Stoffe

DNA-Quellen sind in unserer Welt überall im Überfluss vorhanden. Neben menschlicher DNA eignen sich Gemüse und Früchte wie z. B. Zwiebeln, Tomaten, Spinat, Erbsen, Hefe, Erdbeeren, Himbeeren, Kiwis, Bananen und vieles andere mehr als DNA-Quelle.

Die Grundausstattung sowie die Grundstoffe für das eigene DNA-Labor findet man problemlos in der eigenen Küche, einige weitere Stoffe wie z. B. Enzyme gibt es in jedem Supermarkt. Ein paar spezielle Gerätschaften kann man in Apotheken bekommen oder bei Lieferanten für Arztpraxen oder Labortechnik online bestellen. (Lieferrichtweise gibt es am Ende des Buchs im Anhang.)

In diesem Kapitel werden die erforderlichen Gerätschaften und Stoffe zur Sichtbarmachung der DNA beschrieben und auch, welche möglichen Alternativen geeignet sind. Vor allem um pflanzliche DNA zu untersuchen, ist ein normaler Küchenmixer sehr hilfreich. Durch den Mixvorgang werden die Zellen voneinander getrennt, und man bekommt eine »Zellsuppe«.

Wenn kein Mixer zur Verfügung steht, kann man weiche Früchte wie z. B. Erdbeeren oder Himbeeren einfach mit einem Mörser per Hand zerquetschen. Oder noch einfacher: Man packt ein paar Früchte in einen Plastikbeutel und drückt diesen von außen zusammen.



*Plastikbeutel  
mit zerdrückten  
Himbeeren.*

Des Weiteren tut ein Küchensieb gute Dienste, um die DNA-Suppe weiter zu konzentrieren. In Labors wird dazu eine Zentrifuge verwendet.

Außerdem werden unterschiedliche Größen von Gefäßen gebraucht. Auch hier kann man sich meist in der Küche bedienen. Als kleine Glasgefäße sind Schnapsgläser gut geeignet, sehr schön sind natürlich Reagenzgläser, sollten sie zur Verfügung stehen. Wichtig zu wissen ist, dass DNA-Material von Glas absorbiert wird! Deshalb eignen sich für viele Anwendungen transparente Kunststoffgefäße und Kunststoffreagenzgläser besser.

Und man benötigt etwas normales Speisesalz (NaCl). Das Salz erhöht die Löslichkeit der DNA (die sonst haftet oder klumpt).

Eiskaltes Wasser oder Eiswürfel können bei einzelnen Prozessen hilfreich sein, um zu kühlen.

Spülmittel oder Enzyme brechen die Zellmembrane auf, sodass die DNA frei wird. Je nach Zusammensetzung funktioniert auch das Gewürz »Fleischzartmacher« (Papayaextrakt) aus dem Supermarkt. Kontaktlinsenreiniger, Ananas- und Papayasaft sind ebenfalls geeignet.

### **Was machen die Enzyme?**

Um DNA zu extrahieren, ist es erforderlich, die Proteine (Histone), die die DNA umhüllen, mit einem Enzym zu knacken und zu entfernen. Ein solches Enzym zum Entfernen der Histone ist z. B. Papain, das in den Kernen von Papayafrüchten enthalten ist. Wegen seiner Wirkung wird es auch als Zartmacher für Fleisch verwendet. Man gibt man eine Prise des Pulvers in ein Reagenzglas und gewinnt daraus eine Lösung.

## Achtung!

DNA-Moleküle liegen als Strang vor. Wenn man beim Mischen zu heftig rührt, reißen diese Stränge auseinander, und man erhält nur kleine DNA-Fetzen, die schlecht sichtbar sind.



*Getrocknete Papayakerne, die z. B. in der Pfeffermühle gemahlen werden und verwendet werden können.*

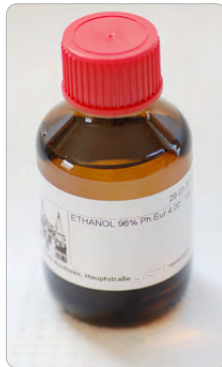
Oder aber man bedient sich des Gewürzes »Fleischzartmacher«, das neben anderen Zutaten vor allem das Enzym Papain enthält. Je nach Rezept funktioniert es gut oder weniger gut.



*Fleischzartmacher vom Gewürzregal im Supermarkt.*

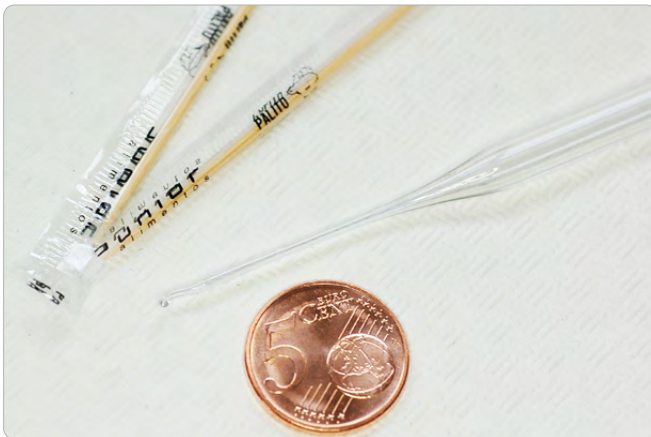
Wichtig ist weiterhin Alkohol. Der Alkohol sollte möglichst hochprozentig sein und vor der Verwendung im Eisfach des Kühlschranks oder in einer Gefriertruhe stark gekühlt werden. Auch Brennspritus und Reinigungsalkohol eignen sich sehr gut.

Wenn man den Alkohol in der Apotheke kauft, sollte man mindestens 100 ml Isopropylalkohol oder Ethanol wählen. Der Alkohol sollte einen Alkoholanteil von mindestens 70 % aufweisen. Je höher der Alkoholgehalt, desto besser funktioniert der Alkohol für unser Experiment.



*Links: Brennspritus aus dem Supermarkt.  
Rechts: Alkohol aus der Apotheke mit 97 %.*

Um das DNA-Material aus der Lösung herauszubekommen, kann man einen Holzstab, z. B. einen Zahnstocher, oder einen dünnen Strohhalm verwenden. Noch besser eignet sich ein Glasstab, da die DNA vom Glasmaterial angezogen (absorbiert) wird.



*Zahnstocher und Glasstab. Der abgebildete Glasstab wurde aus einem mit dem Gasbrenner erhitzten Glasröhrchen selbst »gezogen«.*



## Chelex100

Grundsätzlich kann man DNA aus den zu untersuchenden Zellen mit etwas Salz, Spülmittel und Alkohol sichtbar machen, wie hier im Buch beschrieben. Für den Fall, dass man das DNA-Material weiterverwenden möchte (z. B. in der Elektrophorese), gibt es noch andere Möglichkeiten, sauberes Erbmateriale zu gewinnen. Als sinnvolle Alternative kann man z. B. mikroskopisch kleine Polymerkügelchen verwenden, die im Chemikalienhandel (nicht für Privatpersonen) oder in manchen Apotheken unter dem Begriff »Chelex100« angeboten werden.

Der Effekt: An den ultrakleinen Kügelchen bleibt die Zellsuppe haften, während die DNA sich in der klaren Flüssigkeit löst und abgossen werden kann. Diese Methode wird von Profis angewandt und ist dann sinnvoll, wenn das DNA-Material weiter untersucht, verwendet bzw. behandelt werden soll.

## 2.1.2 Menschliche DNA isolieren und sichtbar machen

Das erste Experiment zeigt, wie man seine eigene menschliche DNA sichtbar machen kann. Besonders gut funktioniert das mit den menschlichen Mundschleimhautzellen. Sie müssen auch nicht mit dem Mixer oder Mörser bearbeitet werden. Natürlich kann es sein, dass unbeabsichtigt eine Mischung mit zusätzlicher bakterieller DNA gewonnen wird. Und natürlich eignen sich auch andere flüssige Zellen des Menschen, wie die von Blut oder Sperma, für die Visualisierung von DNA.

### DNA-Probe

Bevor man die DNA-Probe der Mundschleimhaut entnimmt, ist es sinnvoll, etwa eine Stunde lang nichts zu essen, zu trinken und natürlich auch nicht die Zähne zu putzen.

- ❶ Um möglichst viele Zellen aus der Mundschleimhaut zu lösen, ist es hilfreich, mit den Zähnen die Backeninnenseiten zu massieren (kauende Bewegungen) und den Speichel nicht herunterzuschlucken.
- ❷ Ein Trinkglas mit 2 bis 3 cm möglichst warmem Wasser füllen und darin einen Teelöffel Salz auflösen – Salzlösung 5 mol/L NaCl. Als Nächstes den Mund mindestens eine Minute lang mit dem Salzwasser spülen und den Inhalt des Mundes zusammen mit dem Salzwasser in das Glas zurückgeben.

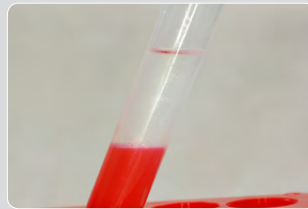
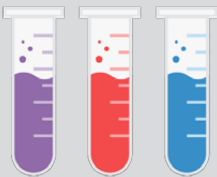
- 3 Einen Glasstab oder Zahnstocher in klares Spülmittel eintauchen und ihn in das Glas mit Speichel und Salzwasser geben. Es geht auch mit dem Enzym Papain (Fleischzartmacher, Papayakerne).

Und es ist sinnvoll, gleichzeitig mehrere Varianten, sprich Proben, anzusetzen. Das Gemisch mit einem sauberen Holz- oder Glasstab langsam und vorsichtig umrühren.

- 4 Dann kann man die Mischung entweder in ein Wasserbad (50 °C) oder in eine Zentrifuge (2.000 bis 4.000 rpm, siehe weiter unten) geben. Die ausgespülten Zellen werden durch kurzes Zentrifugieren im Reaktionsgefäß angereichert. Das Spülmittel löst die Zellmembranen und Proteine, sodass sich die DNA in der Lösung befindet. Dieser Schritt kann auch übersprungen werden, nur hat man dann weniger sichtbare DNA.
- 5 Den gut gekühlten Alkohol aus dem Eisfach nehmen und ihn mit einer Pipette oder einem Löffel in das Glas geben – und zwar so, dass die Flüssigkeit am Rand des Glases herunterläuft und sich im Glas deutlich zwei unterschiedliche Schichten bilden.

### Alkoholschichtung

Halten Sie das Gefäß, vorzugsweise ein Reagenzglas, schräg und gießen Sie langsam Alkohol (70 bis 95 % Isopropylalkohol oder Ethylalkohol) an der Glaswand entlang, sodass sich oben auf dem Gemisch eine abgetrennte Schicht bildet.

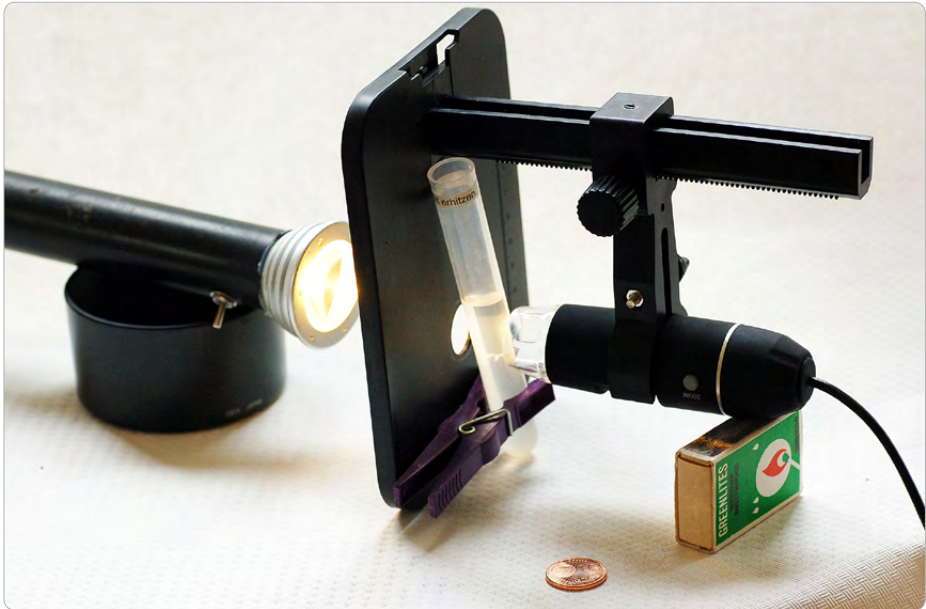


*Alkoholschichtung.*

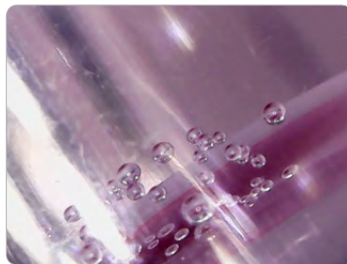
Alkohol ist weniger dicht als Wasser, sodass er auf der Oberseite schwimmt. Die Abbildung zeigt das Experiment mit Himbeer-DNA. Oben sehen Sie den geschichteten Alkohol.

- 6 Warten Sie etwa drei bis fünf Minuten und schwenken Sie dann den Inhalt des Glases etwas hin und her.
- 7 Wenn alles erfolgreich durchgeführt ist, kann man im Glas 1 bis 2 mm lange kleine weiße Knäuel und schlierig weißes Material entdecken. Die Knäuel sehen aus wie ein dünner Faden. Dabei handelt es sich um die eigene DNA!

- 8 Um die DNA besser sichtbar zu machen, können Sie sie mit etwas Lebensmittel-  
farbe oder Methyleneblau einfärben.



*Aufnahmeapparatur für die vergrößerte Darstellung.*



- 1 Das DNA-Material des Autors im Reagenzglas. 2 Unter dem Mikroskop sichtbar  
gemachte DNA-Moleküle. 3 Der DNA-Knäuel in starker Vergrößerung.



*DNA-Faden  
am Glasstab.*

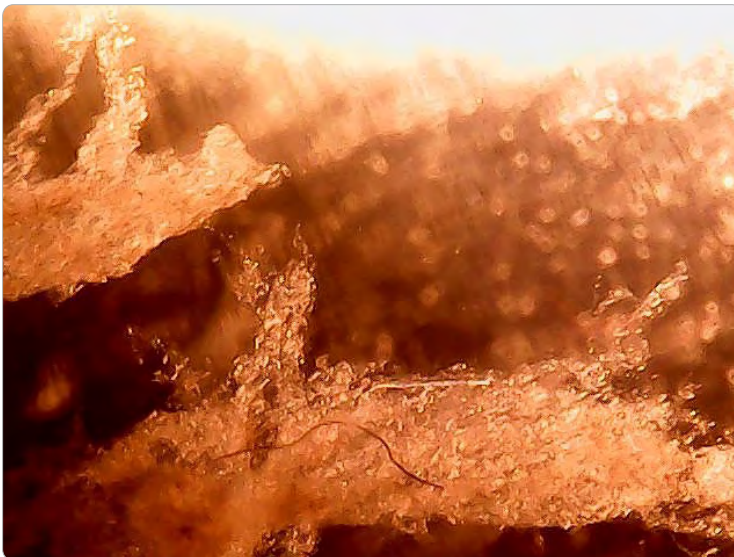
## DNA-Moleküle sichtbar machen

Das Spülmittel bzw. das Enzym bricht die äußere Hülle der Mundschleimhautzelle, die Membran der Hautzellen, und deren Zellkerne auf. Die DNA ist somit aus dem Zellkern befreit. Sie ist aber noch von einer Hülle aus Wassermolekülen umgeben. Die Salzionen des »Mundspülwassers« lagern sich an der DNA an und verringern so ihre Löslichkeit.

Wenn die Alkoholschichtung gut gelungen ist, kann man im Gefäß deutlich zwei unterschiedliche Flüssigkeiten sehen, unten die Flüssigkeit der Zellsuppe, oben den reinen Alkohol. Es dauert nicht lange, bis die DNA-Struktur von der Zellsuppe in den Alkohol übergeht. Durch den Alkohol wird die Hydrathülle um die DNA verdrängt, und das Molekül wird instabil. Die DNA fällt aus und bewegt sich in die alkoholische Schichtung. Die DNA-Moleküle lagern sich zusammen, flocken aus und werden als kleine weiße Knäuel sichtbar.

Wissenschaftlich wird dieser Vorgang als Präzipitation bezeichnet. Je nachdem, wie viel DNA in der Zellsuppe vorhanden war, kann man sie nun im Alkohol wahrnehmen. Mit einem Holzspieß, einem Strohhalm oder einem Glasstäbchen kann man die DNA aufwickeln und aus dem Alkohol herausnehmen. Sie hat eine schleimige, zähe Konsistenz. Es ist möglich, diese DNA mehrere Tage lang in einem kleinen Behälter, der mit Alkohol gefüllt ist, aufzubewahren.

Und natürlich kann diese DNA in Alkohol im Kühlschrank lagernd einige Tage aufbewahrt werden.



*DNA-Material, frei schwebend im Alkohol gelagert.*

Jetzt, da Sie erfolgreich von sich selbst DNA extrahiert haben, sind Sie sicher daran interessiert, weitere DNA-Quellen zu finden und zu erforschen.

- Welche weitere Quelle gibt Ihnen DNA-Material?
- Was kann an dem Prozess, die DNA sichtbar zu machen, weiter verbessert werden?

Experimentieren Sie mit verschiedenen Seifen und Reinigungsmitteln, etwa mit pulverförmigen oder flüssigen Waschmitteln oder mit Shampoo. Versuchen Sie, die oben beschriebenen Arbeitsschritte zu verändern. Und – enthalten nur lebende Organismen DNA?

### 2.1.3 DNA aus Haaren?

Nahezu jeden Tag sieht man in TV-Krimis, wie meist Haare aus Haarbürsten der Lieferant für den genetischen Fingerabdruck sind, die den Täter überführen sollen. Damit stellt sich die Frage, ob man das auch experimentell an den eigenen Haaren erforschen kann.

Da in den Haaren selbst keine DNA enthalten ist, ist das nicht mit den Haaren allein möglich. Kriminologen entnehmen deshalb den Haarwurzeln das DNA-Material. Da an einer Haarwurzel sehr wenig DNA-Material zu finden ist, müsste man für eigene Experimente erst die DNA mit dem PCR-Verfahren stark vervielfältigen. Das erfordert Möglichkeiten, die über das einfache Experimentieren hinausgehen, grundsätzlich aber machbar sind.



*Eine Haarwurzel – stark vergrößert.*

Wenn man erst einmal damit anfängt, in den Forschungsbereich des Erbmaterials einzusteigen, tut sich ein großes Feld an Möglichkeiten und Inspirationen auf. Spinat, Tomaten, Erdbeeren, Himbeeren, Bananen, Pfirsiche, Zwiebeln, Brokkoli und viele andere rufen förmlich danach, dass ihre DNA durch den Forscher entdeckt und sichtbar gemacht wird.

Man stellt schnell fest, dass es Untersuchungsobjekte gibt, bei denen man ein deutlicheres Ergebnis bekommt und die DNA einfacher und leichter sichtbar wird. Nach meinen Erfahrungen eignen sich Tomaten und Zwiebeln sehr gut für erfolgreiche Versuche.

## 2.1.4 DNA von Zwiebel und Tomate isolieren und sichtbar machen

Im Folgenden wird der Experimentverlauf am Beispiel von Zwiebel und Tomate beschrieben. In der gleichen Weise kann man die DNA von anderen Fruchtarten und Gemüsearten erforschen. Interessant wird das vor allem dann, wenn verschiedenes DNA-Material mit dem Elektrophoreseverfahren verglichen werden soll.

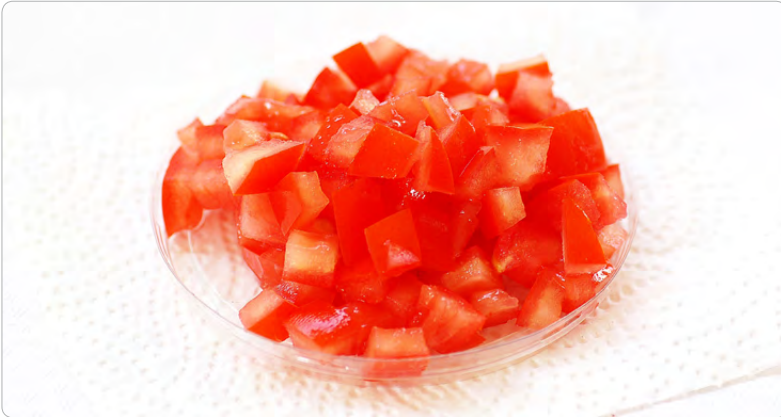
### Checkliste: Versuchsmaterialien

- Gefäße, Eis und Wasserbad
- Einwegspritze 10 ml (um kleine Mengen abzumessen)
- Mixer, Mörser oder Zauberstab
- Küchensieb und Filterpapier
- Spülmittel oder Feinwaschmittel
- 1 bis 2 Teelöffel Kochsalz
- Alkohol oder Spiritus
- destilliertes Wasser
- Zwiebeln und Tomaten



*Einige Zutaten für unseren Versuch.*

- ❶ Zuerst wird ca. 50 ml destilliertes oder normales Leitungswasser in einem normalen Trinkglas mit einem Teelöffel Salz gut gemischt.
- ❷ Dann geben Sie kleingeschnittene oder gewürfelte Zwiebel- oder Tomatenstückchen hinzu.



*Fein gewürfelte Tomatenstückchen.*

### **Für mehr DNA-Material**

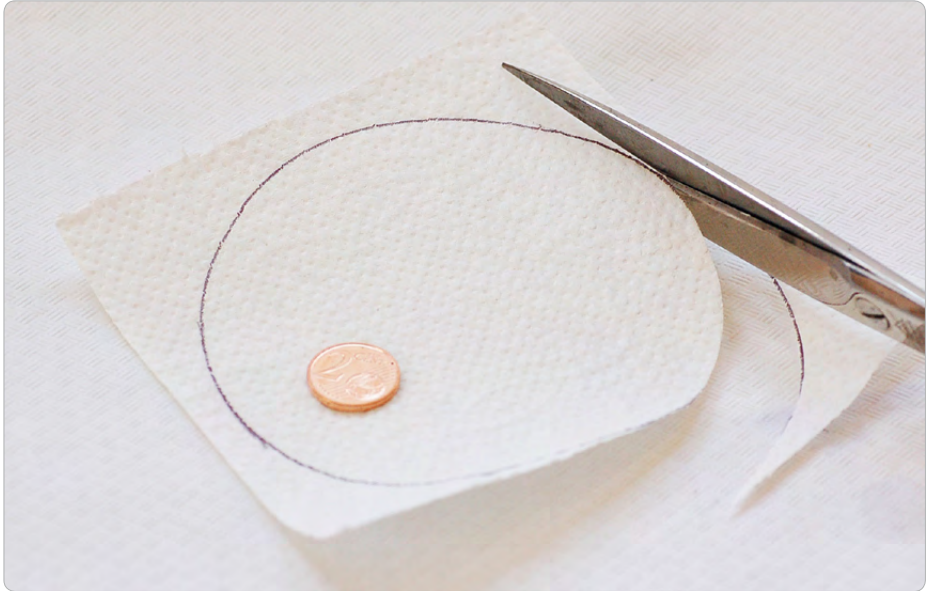
Die wässrigen Teile (Samen) der Tomate kann man vorher entfernen, dann enthält die DNA-Suppe mehr DNA-Material pro Flüssigkeit.

- ❸ Die Masse wird im Mixer oder mit dem Zauberstab zerkleinert oder im Mörser so zerquetscht, dass ein körniges Mus entsteht.



*Im Mixer zerkleinertes Tomatenmus.*

- 4 Dann wird die Mischung mit einem Küchensieb, besser aber mit einem Papierfilter gefiltert. Benötigt werden 2 bis 3 cm<sup>3</sup>. Beim Filtern zeigt sich, dass sich ein aus Küchenpapier selbst gemachter Filter weitaus besser eignet als übliches Kaffeefilterpapier. Den selbst gemachten Filter legen Sie in einen Trichter.



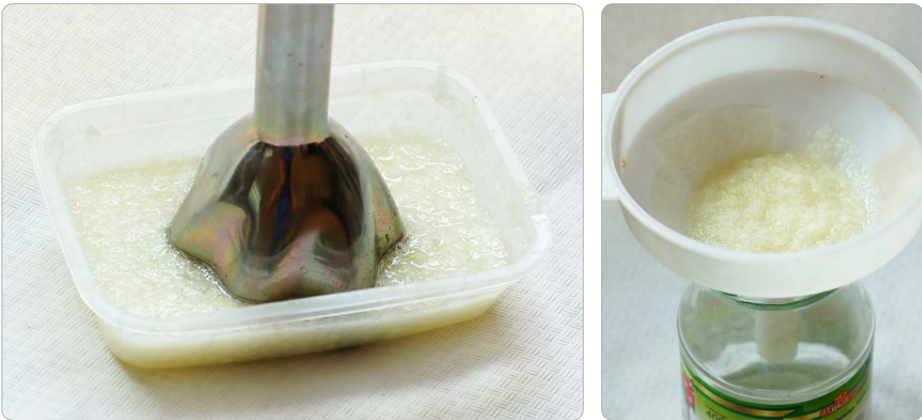
*Ein Filter aus Küchenpapier, selbst gemacht.*

*Die Filterung mit einem handelsüblichen Küchentrichter.*

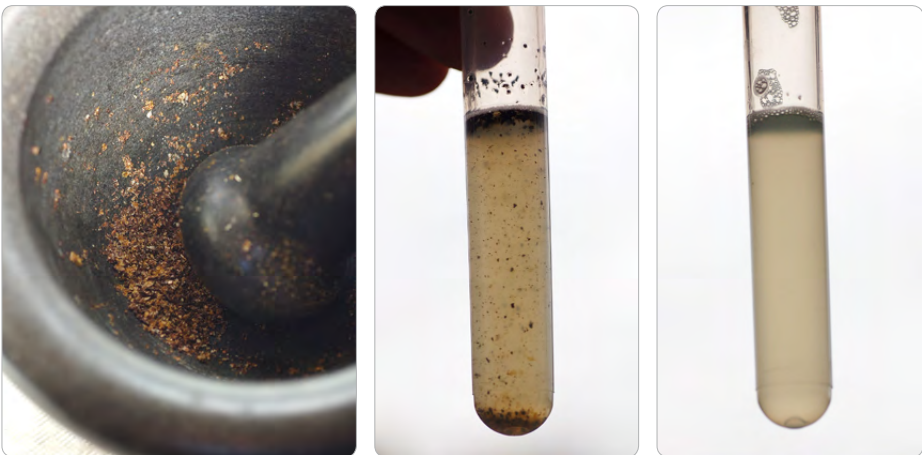


- 5 Geben Sie etwas Feinwaschmittel (Pulver) oder »Fleischzartmacher-Lösung« hinzu und mischen Sie sie gut durch. Das Feinwaschmittel baut die restlichen Proteine ab.
- 6 Anschließend füllen Sie den kalten Alkohol vorsichtig am Rand entlang ein, sodass eine Schichtung entsteht.
- 7 Nach kurzer Wartezeit fällt die DNA schlierenartig in der Alkoholschicht aus und kann mit einem Holz- oder Glasstab entnommen werden.

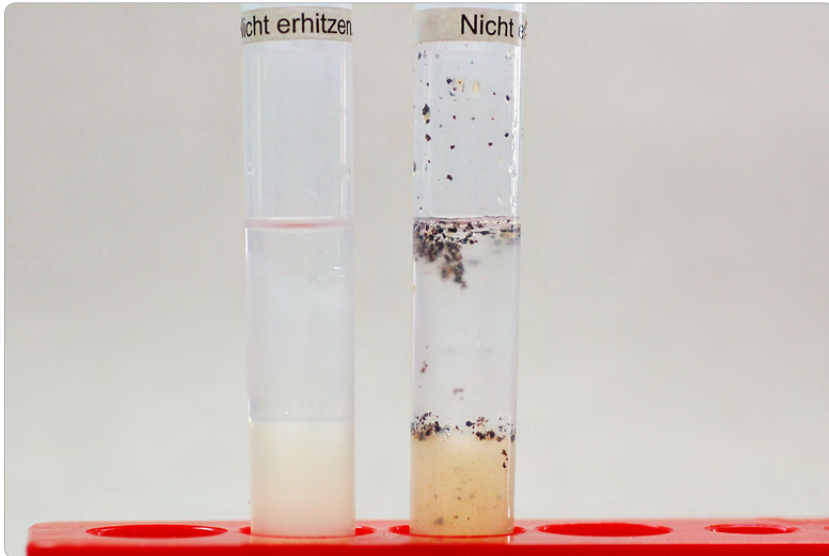
Natürlich gibt es bei den Experimentieraufbauten viele Möglichkeiten und Alternativen. Nachfolgend sehen Sie einige Beispielfotos, die zeigen, wie man aus Zwiebelmaterial DNA gewinnt.



*Mit dem Zauberstab wird die Zwiebel püriert. Dann wird die »Zwiebelsuppe« gefiltert.*

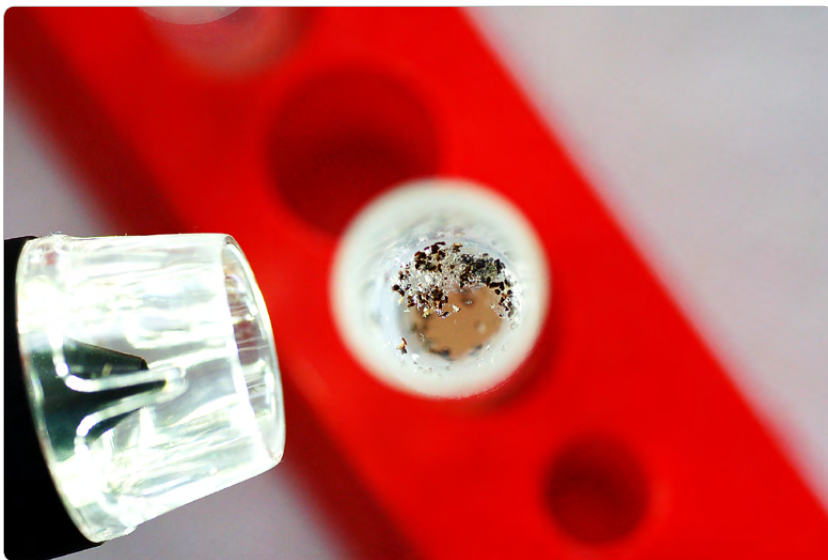


*Zerreiben Sie getrocknete Papayasamen mit dem Mörser. Die Papayasamen werden der DNA-Zwiebelsuppe hinzugefügt. DNA-Zwiebelsuppe mit Spülmittel.*



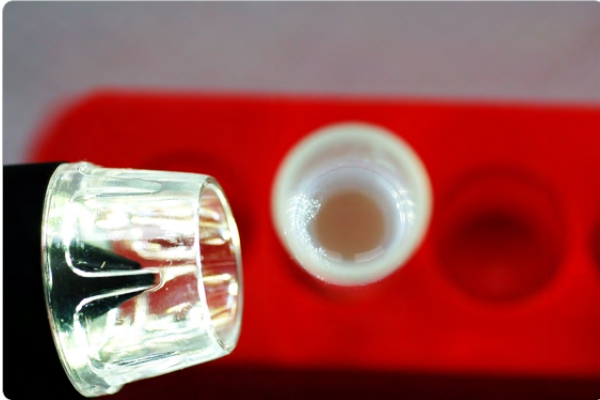
*Beide Ansätze mit Alkohol (gekühltem Spiritus).*

Bei dem Experiment mit den Papayasamen stört das dunkle Samenpulver den Blick auf die DNA, und zum Teil sind das Samenpulver und die DNA vermischt. Gleichwohl kann man feststellen, dass es mit dem Samenpulver prinzipiell gut funktioniert und große Mengen von DNA-Material sichtbar werden. Bei einem weiteren Experiment sollte man besser einen flüssigen Auszug des Papayapulvers machen.



*Zwiebel-DNA mit Papayasamenpulver.*

Im Reagenzglas mit dem Spülmittel ist die DNA besser zu sehen.



*Zwiebel-DNA  
mit Spülmittel.*

Für den Vergleich einzelner Proben ist es eine gute Methode, mehrere verflüssigte DNA-Quellen mit unterschiedlichen Mitteln sichtbar zu machen.

## 2.1.5 DNA aus Erdbeeren oder Himbeeren gewinnen

- 1 Erdbeeren oder Himbeeren werden in eine transparente Tüte gegeben und zerdrückt.



*Zerdrückte Früchte in einer Plastiktüte.*

- ② In ein sauberes Glas werden ein Teelöffel Salz und ein halbes Glas Wasser gegeben.
- ③ Mischen Sie die Flüssigkeiten und das Salz gut durch, geben Sie dieses Gemisch in den Plastikbeutel und vermischen Sie es mit dem Fruchtmus.



*Die Mischung mit Fruchtmus.*

- ④ Dann wird das Ganze durch ein Filter- oder Küchenpapier gegossen und durch einen Trichter in ein Reagenzglas gegeben.

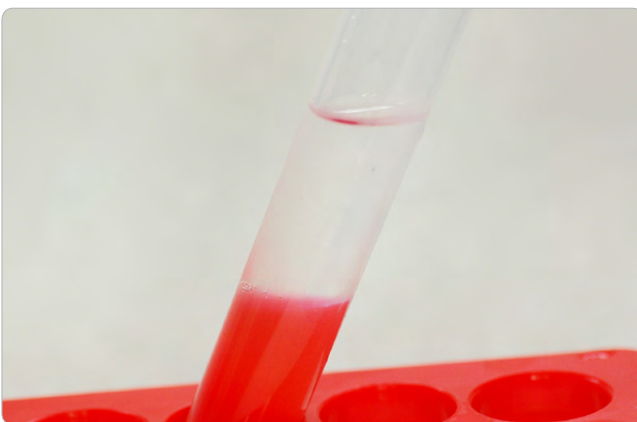


*Filter aus Küchenpapier.*



*Der Filterprozess.*

- 5 Nach dem Filtern geben Sie etwas Spülmittel dazu und rühren vorsichtig um.
- 6 Nach dem Umrühren lassen Sie ein halbes Glas eiskalten Alkohols z. B. mit einer Pipette am Rand entlang laufen, sodass der Alkohol oberhalb der »Fruchtsuppe« geschichtet ist.



*Alkoholschichtung, unten links kann man DNA wahrnehmen.*



*Die DNA wird mit einem USB-Lichtmikroskop aufgenommen und das Bild an einen Computerbildschirm weitergeleitet.*



*Mikroskopaufnahme.*

Die DNA ist als Molekülfaden natürlich viel zu klein für ein Lichtmikroskop. Möglicherweise erkennbar im Lichtmikroskop wären allerhöchstens Chromosomen, wenn sie angefärbt sind. Bei der DNA handelt es sich um ein winziges Makromolekül mit einem Durchmesser von nur etwa 2 nm.

# Index

---

## A

AA-Batterien 42  
Adenin 10, 11, 13  
Agar-Agar 61, 66, 141  
Agarose-Gelplatten 60  
Agarose-Gel zubereiten 61  
Alkohol 24, 40  
Alkoholschichtung 26, 28  
Altmann, Richard 11  
Analyseverfahren 58  
Anionen 60  
Anode 60  
Arduino-Controller 53  
Arduino-Software 54  
Astbury, William 11  
Aufwickeln 40  
Avery, Oswald Theodore 10

## B

Bakterien 108, 127  
    Aufbau 108  
Bakterienbrutschrank selbst bauen 113  
Bakterienzucht 108  
BamHI 76  
Bananen 29  
Banks Mullis, Kary 50  
Basentriplets 13  
Behälternisse 39  
Betaisodona 140  
Bezugsquellen 149  
Bienen 86  
Biohackerbewegung 136  
Biologische Brennstoffzelle 140  
Biomoleküle 10  
Borat 67  
Brennspiritus 24  
Brokkoli 29

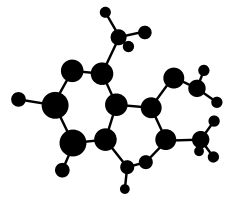
Brutbox 114  
Brutkoffer 114  
Buchten 60

## C

CarolinaBlue 79  
Charpentier 134  
Chelex 100 25  
Chromosomen 16  
Crick 11, 144  
CRISPR/Cas 134  
Cytosin 10, 11, 13

## D

Denaturierung 51  
Desoxyribonukleinsäure 60  
Diabetes 126  
DIYbio.org 136  
DNA 10, 11  
    beeinflussen 84  
    Identifikation 40  
    menschliche 25  
    Replikation 18  
    Spezialwissen 122  
    UV-Licht 107  
    Vervielfältigung 50  
DNA-Bänder sichtbar machen 78  
DNA-Doppelhelix 19  
DNA-Labor 21  
DNA-Material isolieren 21  
DNA-Methylierung 85  
DNA-Modell selbst bauen 144  
DNA-Moleküle 10, 28  
DNA-Polymerasen 51  
DNA-Probe 25



DNA-Reparatur 122  
DNA-Saatgutbehandlung 100  
DNA-Struktur 28  
DNS 11  
Doppelhelix-DNA-Modell 12  
Doudna 134  
Dremel 48  
Dremelfuge 48, 49  
Durrett, Russell 55

## E

Ebner, Daniel 88  
Ebner, Guido 87  
EcoRI 76  
EDTA 67  
Einbehältermodell 62  
Eiswürfel 22  
Elektrophorese 58  
Elektrophoresegerät 83  
Elongation 51  
Enzyme 18, 22, 76  
Epigenetik 84, 87  
Eppendorf Tubes 47  
Eppis 47  
Erbinformation 10  
Erbmaterial 10  
Erdbeeren 29, 35  
Erdungskabel 99  
Escherichia coli 129  
Escherichia coli K12 118  
Ethanol 24  
Ethidiumbromid 40, 78  
Experimentierbox  
  elektrostatisch 89  
Experimentierkits 60

## F

Falkons 47  
Färben 40, 79  
Feinwaschmittel 39  
Feldspannung 100  
Fertig-Nähragar 110  
Filter 36, 39  
Fios Greenbox 88  
Fisch 131  
Fleischzartmacher 22, 39  
Forellen 88  
Franklin, Rosalind 12  
Fremd-DNA 57  
Fruchtfliege 16, 86  
  Chromosom 17

## G

Gefäße 22, 62  
Gel  
  anfertigen 60  
  Banden 82  
  Lagerung 80  
Gelbox 62  
Gelelektrophorese 59  
  Auswertung 81  
Gelproduktion 67  
Gelprozess 73  
Gene 16, 18  
Genetischer Urcode 87  
Genfaden 16  
Genforschung 126  
Geninformation 86  
Genmais 127  
Genmanipulation 84, 126  
Genom 122  
Genregulation 84  
Genschere 135



Gentechnologie 126  
 Gentransformation 127  
 Geräte 39  
 GFP-Gen 129  
 Glas 39  
 Glasstab 24, 39  
 Gramnegative Bakterien 111  
 Grampositive Bakterien 111  
 Grätzelsolarzelle 143  
 Grätzelzelle 141  
 Guanin 10, 11, 13  
 Gummihandschuhe 69

H

Haare 29  
 Haarwurzel 29  
 Hacker 136  
 Hackerethik 136  
 Hautzellen 28  
 Hefe 127, 141  
 Hefen 140  
 Heißkleber 43  
 Himbeeren 29, 35  
 HindIII 76  
 Histone 87  
 Hochspannung 97  
 Hochspannungsgenerator 93  
 Hochspannungsmessungen 98

I

Insulin 126  
 Ionen 58  
 Isopropylalkohol 24

K

Kamm 64  
 Kathode 60  
 Kationen 60  
 Keimvergleich 101  
 Keimversuche 100  
 Kfz-Zündspule 93  
 Kochsalz 39

Kolloidale Teilchen 58  
 Kontrollenzyme 13  
 Kossel, Albrecht 11  
 Krebszellen 86  
 Kresse 103  
 Küchenpapier 36  
 Kunststoffgefäße 22  
 Kunststoffreagenzgläser 22

L

Laborzentrifugen 42  
 Lauria-Broth 111  
 LCD-Anzeige 53  
 Lebewesen  
     Chromosomen 17  
 Leitflüssigkeit 67  
 Leuchtbakterien 131, 132

M

MacConkey-Agar 111  
 Maissamen 88  
 Makromolekül 38  
 Marker-DNA 62, 77  
     einfüllen 64  
 Mastermix 52  
     Rezept 53  
 Materialien 39  
 Mediator 140  
 Membran 28  
 Menschen 15  
     Chromosomen 18  
 Menschliche DNA 25  
 Methylenblau 41, 78  
 Miescher, Friedrich 11  
 Minuspol 60  
 Mixer 39  
 Moleküle 59  
 Mörser 21  
 Motor 42  
 Multimeter 98  
 Mundschleimhautzellen 25  
 Mutagene 41

## N

Nähragar 112  
Nährboden 109  
Nuklein 11  
Nukleinsäure 11  
Nukleotiden 12

## O

Open-Source-Dateien 55  
Organismus  
  Chromosomen 17  
Oxygenium 11

## P

Papain 23  
Papayaextrakt 22  
Papayakerne 23  
Paro, Renato 86  
PCR-Maschinen 53, 56  
PCR-Probleme 57  
PCR-Verfahren 29  
Pepton 111  
Petrischalen  
  Kühlschrank 112  
Pfirsiche 29  
Pflanzensamen 100  
pGLO-Plasmid 129  
Phosphat 11  
Pilze 10  
Pipette 69  
Pipettenspitzen 70  
Pipettieren 69  
Plasmid 129  
Pluspol 60  
Pneumokokken 10  
Polymerase 50  
  Kopierenzym 50  
Polymerasekettenreaktion 50  
Präzipitation 28  
Primer 51, 52  
Proteine 10, 11

## R

Reagenzgläser 22, 39  
Reinigungsmittel 29  
Replikation 18  
Restriktionsenzyme 75  
Ribose 11  
RNA 18  
RNS 18

## S

Saatgut 88  
Safette 69  
Salzionen 28  
Schürch, Heinz 87  
Schutzhandschuhe 40  
Seifen 29  
Shampoo 29  
Speisesalz 22  
Spinat 29  
Spritze 70  
Spülmittel 22, 39  
Starter 52  
Streptokokken 10  
Strohalm 24

## T

Taschen 60  
TBE-Puffer 67  
Tee  
  grüner 86  
Thermocycler 50  
Thymin 10, 11, 13  
Tomaten 29  
Trafo 93  
Transformationsexperiment 130  
Traubenzucker 141  
TRIS 67

U

Urcode 88  
USB-Verbindungskabel 53  
UV-Licht 40, 78, 107

V

Vibrio fischeri 132  
Viren 10  
Volumenangabe 54

W

Wachstumsexperiment 102  
Wanderungsgeschwindigkeit 58  
Wasser 22  
Wasserbad 40  
Wasserstoffbrücken 18  
Watson 11, 144  
Watson-Crick-Modell 12  
Wilkins, Maurice 12

Z

Zahnrad 43  
Zahnpachtel 64  
Zahnstocher 24  
Zellen voneinander trennen 21  
Zellkern 28  
Zellmembrane 22  
Zentrifuge selbst bauen 42  
Zentrifugieraufsatz 49  
Zentrifugieren 40, 42  
Zucker 11  
Zweibehältermodell 64  
Zwiebeln 29

---

## Bildnachweis

Alle Bilder in diesem Buch wurden  
vom Autor selbst erstellt.

# DNA Experimente

**Mit DNA-Gentechnik selbst experimentieren – ist das möglich? Kann jeder seine eigenen Gene untersuchen oder gar Gene manipulieren?**

Dieses Buch zeigt anschaulich, wie Sie mit einfachen Mitteln und ohne komplizierte Laborausrüstung die DNA von Pflanzen, Früchten, Tieren und Ihre eigene DNA sichtbar machen. Sie lernen technische Methoden wie die Elektrophorese kennen, mit der Experimente zur Gentyisierung und zur Darstellung spezifischer Genabschnitte ermöglicht werden. Die in diesem Buch vorgestellten Versuchsaufbauten und Experimente eröffnen umfangreiche Möglichkeiten und geben einen ersten inspirierenden Einblick in die Welt der Molekularbiologie.

Weitere praxisbezogene Experimente suchen Antworten auf die Frage, inwieweit das Erbmaterial beeinflusst oder gar verändert werden kann. Um die Zusammenhänge besser zu begreifen und zu erkennen, machen Sie es ähnlich wie die Forscher Watson und Crick: Bauen Sie mit einfachen Materialien selbst ein anschauliches DNA-Modell.

## Aus dem Inhalt:

- Biomoleküle als Träger der Erbinformation
- Das Watson-Crick-Erklärungsmodell
- Chromosomen und Anordnungen
- DNA-Material isolieren und sichtbar machen
- Geräte und Stoffe zur Sichtbarmachung
- Proteine mit einem Enzym knacken
- Menschliche DNA isolieren
- Zentrifugieren von Stoffen
- Einfache Zentrifuge Marke Eigenbau
- Prinzip der DNA-Vervielfältigung
- Low-Cost-PCR-Thermocycler
- Rezept für einen Mastermix
- Teilchenanalyse per Elektrophorese
- Gelmassen als Analysemedium nutzen
- Visualisierung von DNA durch Einfärben
- DNA-Manipulation durch äußere Einflussnahme
- Wachstumsexperiment mit Kressesamen
- Bakterien-Nährboden mit Nähragar
- Bakterienbrutschrank selber bauen
- DNA-Experiment mit UV-Licht
- Grundlegendes DNA-Spezialwissen
- Leuchtende Mikroorganismen
- Das CRISPR/Cas-System – die Genschere
- DNA-Modell selbst anfertigen