



Inhalt		3
Vorwort		4
Glossar		5 - 8
Kap. I:	Wichtige Grundlagen der Gentechnik	9 - 28
	1.1 <i>Gentechnik – Eine kurze Zeitreise</i>	9 - 10
	1.2 <i>Zelluläre Organisation</i>	11 - 12
	1.3 <i>Zellaufbau & Zellorganellen</i>	13 - 15
	1.4 <i>Der Zellkern als Träger der Erbinformation</i>	16 - 17
	1.5 <i>DNA Aufbau & Bedeutung</i>	18 - 20
	1.6 <i>Was ist ein Gen?</i>	21 - 22
	1.7 <i>Vom Gen zum Merkmal Teil 1: Transkription</i>	23 - 24
	1.8 <i>Vom Gen zum Merkmal Teil 2: Proteinbiosynthese (Translation)</i>	25 - 26
	1.9 <i>Der universelle genetische Code</i>	27 - 28
Kap. II:	Klassische Verfahren der Gentechnik	29 - 38
	2.1 <i>Mutation und Selektion als Motoren der Evolution</i>	29 - 31
	2.2 <i>Angewandte Genetik – Züchtung</i>	32 - 34
	2.3 <i>Angewandte Genetik – Reproduktionsmedizin</i>	35 - 36
	2.4 <i>Gentechnik als Waffe gegen Erbkrankheiten</i>	37 - 38
Kap. III:	Moderne gentechnische Verfahren und Werkzeuge	39 - 56
	3.1 <i>Das natürliche Spleißen als Ideengeber für die Gentechnologie</i>	39 - 40
	3.2 <i>Genetische Scheren & Werkzeuge</i>	41 - 42
	3.3 <i>Das „Gen-Taxi“ zur Übertragung von Fremd-DNA – Vektoren</i>	43 - 44
	3.4 <i>Was ist ein Plasmid?</i>	45 - 46
	3.5 <i>Die DNA-Wanderung im elektrischen Feld – Gelelektrophorese</i>	47 - 48
	3.6 <i>Genetischer Fingerabdruck & Genkrimi</i>	49 - 50
	3.7 <i>Die Revolution in der Gentechnik – PCR</i>	51 - 53
	3.8 <i>Der „Regenbogen“ der Gentechnik</i>	54 - 56
Kap. IV:	Gentherapie	57 - 59
	4.1 <i>Gentherapie</i>	57 - 58
	4.2 <i>Chancen & Risiken der „Wunderwaffe Gentechnik“</i>	59
Kap. V:	Lösungen zu den Übungsaufgaben	60 - 64



Vorwort

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

seit im 16. Jahrhundert das erste Mal ein Mensch eine Zelle unter einem Mikroskop sehen konnte, sind über 400 Jahre vergangen. Seither hat sich das Wissen um die Biologie explosionsartig vervielfacht. Speziell die biologischen Disziplinen der Biotechnologie und Gentechnik haben sich seit den 1970er Jahren immer mehr ins Zentrum der biologischen Forschung gebracht. Die Forschungsmethoden und Verfahren, sowie die eingesetzten genetischen Werkzeuge wurden immer anspruchsvoller und exakter. Es ist bereits gelungen, Fremd-DNA in das Genom einer anderen Art einzuarbeiten. Unsere Kulturpflanzen sind häufig gentechnisch dahingehend verändert worden, dass sie höhere Erträge bringen und gleichzeitig resistenter gegen Krankheiten und Spritzmittel sind. Auch für uns Menschen ist die Gentechnik mittlerweile sehr wichtig geworden, beispielsweise für die Herstellung von Medikamenten und Impfstoffen.

In den Medien ist die Gentechnik ständig präsent und in aller Munde. Es gibt heutzutage kaum noch einen Krimi ohne professionelle Forensiker, die in weißen Overalls die Tatorte systematisch durchsuchen und schließlich mit Hilfe kleinster Partikel den genetischen Fingerabdruck des Täters ermitteln. Ein Grund mehr, dieses spannende Gebiet schülergerecht zu beleuchten. Dabei wurde das Buch in vier große Kapitel eingeteilt, die neben einer ausführlichen Darstellung der Grundlagen auch klassische und moderne Gentechniken miteinander vergleicht. Anschließend wird die Gentherapie als medizinische Behandlungsmöglichkeit erörtert. Abschließend werden die Chancen und Risiken der Gentechnik für die Menschen kritisch diskutiert.

Zu jedem Kapitel gibt es neben informativen Wissenstexten auch Übungsaufgaben, die die Schüler mit Hilfe der Texte lösen können. Die fett markierten Begriffe in den Texten sind im Glossar noch einmal alphabetisch geordnet aufgeführt. Das Glossar kann den Schülerinnen und Schülern auch als Lernhilfe ausgeteilt werden.

Jedes Unterkapitel kann auch alleine im Unterricht eingesetzt werden, weshalb auf eine durchgängige Nummerierung der Übungsaufgaben verzichtet wurde.

Viel Freude und Erfolg mit der vorliegenden Lernwerkstatt Gentechnik wünschen Ihnen der Kohl-Verlag und

Dipl.-Biologe Stefan Lamm

Bedeutung der Symbole:



Einzelarbeit



Partnerarbeit



Arbeiten in kleinen Gruppen



Arbeiten mit der

Glossar



Das kleine ABC der Gentechnik

Abiotisch Faktoren	Die unbelebte Natur betreffende Faktoren (Klima, Temperatur, Boden etc.), denen alle Lebewesen ausgesetzt sind. Sie sind maßgeblich an der Artbildung beteiligt.
Adenin	Eine der 5 Nukleinbasen und Bestandteil der DNA und RNA.
Allel	Eine mögliche Zustandsform eines Gens, das sich auf einem ganz bestimmten Genort auf den Chromosomen befindet.
Aminosäure	Organische Verbindungen aus einer Carboxylgruppe (-COOH) und einer Aminogruppe (-NH ₂). Jede Aminosäure ist einer speziellen t-RNA aufgelagert und wird bei der Translation mit anderen Aminosäuren zu einer Kette verknüpft (Proteinbiosynthese).
Artbildung	Durch äußere Einflüsse und genetische Variabilität ausgelöster Prozess, bei dem aus einer Art zwei neue hervorgehen. Mutation und Selektion sind treibende Kräfte der Artbildung.
Atom	Elektrisch neutrale, kleinste Teilchen, aus denen alle bekannte Materie besteht.
Basen/Basenpaare	Nukleinbasen (Adenin, Thymin, Cytosin, Guanin und Uracil), aus denen die DNA und RNA-Formen aufgebaut sind.
Biotische Faktoren	Die belebte Natur betreffende Faktoren (Feinde, Konkurrenten, Krankheitserreger), denen alle Lebewesen ausgesetzt sind. Sie sind maßgeblich an der Artbildung beteiligt.
Cellulose	Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände. Sorgt dafür, dass die Pflanze beweglich ist, aber trotzdem stabil bleibt.
Centromer	Bereich in Chromosomen, an denen die beiden Chromatiden miteinander verbunden sind.
Chimäre	Mischwesen, deren DNA artfremde Bestandteile enthält.
Chloroplast	Zellorganell bei Pflanzen. Ort der Photosynthese. Weil Chloroplasten grüne Farbpigmente tragen erscheinen alle photosynthetisch aktiven Pflanzenteile grün.
Chromatid	Chromosome bestehen aus zwei identischen Chromatiden, die über den Centromer miteinander verbunden sind (die Form erinnert an den Buchstaben X)
Chromatin	Bestandteil des Zellkerns in dem die Erbinformation codiert ist.
Chromosom	In jedem Zellkern artspezifisch vorhandenes, das Erbgut eines Lebewesens tragendes, fadenförmiges Gebilde
Chromosomensatz	Gesamtheit der Chromosomen einer Art.
Codon (Start-, Stopp-Codon)	3 aufeinanderfolgende Basen einer Nukleinsäure, die den Schlüssel für eine Aminosäure im Protein darstellen oder als Start/Stopp Signale für die Vervielfältigung von DNA/RNA dienen.
Cytologie/Zytologie	Wissenschaft vom Aufbau und der Funktion von Zellen
Cytosin	Eine der 5 Nukleinbasen und Bestandteil der DNA und RNA.
Denaturierung	Strukturelle Veränderung eines Enzyms/Proteins bspw. durch Hitzeeinwirkung. Die Bestandteile lösen sich voneinander, bleiben aber unbeschadet. Funktionsweise des Proteins ist erloschen.
Desoxyribonucleinsäure (dt. DNS / eng. DNA)	In allen Lebewesen vorhandene Nukleinsäure, die als Träger der Erbinformation die stoffliche Substanz der Gene darstellt.
Desoxyribonucleosid-triphosphate	DNA-Nukleotide, die bei der DNA-Sequenzierung nach Sanger Verwendung finden
Dictyosome	Zellorganell, für Anreicherung u. Transport von Sekretstoffen
Diploid	Einen doppelten Chromosomensatz aufweisen (z.B. Körperzellen)
DNA/DNS	Siehe Desoxyribonucleinsäure
DNA-Doppelhelix/-Strang	Der DNA-Strang besteht aus zwei miteinander verbundenen Einzelsträngen. Dabei paaren sich die Basen komplementär.
DNA-Polymerase	Enzym, das die DNA aufspaltet und bei der Synthese von DNA/RNA beteiligt ist. Spaltung erfolgt basenspezifisch.
Dominant	Vorherrschend. Wenn ein Merkmal dominant vererbt wird, dann wird es in den Nachkommen sichtbar. Gegenteil ist rezessiv. Der Zungenroller ist eine dominante Erbanlage.
Echter Zellkern	Im Zellplasma von Eukaryota vorliegende, membranumhüllte Kugel, die die Erbinformation trägt
Eifollikel	Hülle der heranreifenden Eizelle im Eierstock
Einzeller	Lebewesen, die aus einer einzigen Zelle bestehen. Diese Zelle übernimmt alle lebenswichtigen Funktionen.

I. Wichtige Grundlagen der Gentechnik



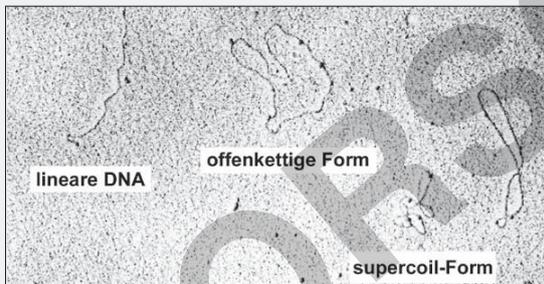
1.1 Gentechnik – Eine kurze Zeitreise

Die **Zellenlehre (Cytologie)** ist ein Teilgebiet der Biologie, das sich mit dem Aufbau von pflanzlichen und tierischen Zellen befasst. Es erforscht die Funktionen der Bestandteile einzelnen Zellen.

Die ersten wissenschaftlichen Entdeckungen dazu gelangen dem englischen Naturforscher *Robert Hooke* (1635-1703), der in seinem 1665 erschienenen Werk zum ersten Mal den Begriff der „Zelle“ einführte. Durch die ständige Verbesserung der (**Licht-)** **Mikroskope** gelang es dem Niederländer *Antonie van Leeuwenhoek* (1632-1723) im Jahre 1702 als erstem Menschen **Zellkerne** in tierischem **Gewebe** zu sehen. Als Geburtsjahr der klassischen **Zellenlehre** gilt das Jahr 1855, in dem *Rudolf Virchow* (1821-1902) seinen berühmten Satz „Omnis cellula e cellula“ formulierte, was soviel bedeutet wie „jede Zelle entsteht aus einer Zelle“. Somit wurde klar, dass die Zelle die kleinste lebensfähige Einheit ist.



1875 konnten Forscher der Universität Jena die einzelnen Phasen der Kernteilung bei höheren Zellen aufklären und beschreiben. *Wilhelm von Waldeyer-Hartz*, ein deutscher Anatom an der Universität Straßburg, beschrieb 1888 seine Entdeckung fädiger Strukturen, die er **Chromosomen** nannte und wenige Zeit später als Träger der Erbinformation erkannt wurden. Neben der **Lichtmikroskopie** wurden im Laufe der Jahre noch weitere optische Verfahren und dazu passende Mikroskope entwickelt, wie beispielsweise **Phasenkontrast-, Polarisations- und Fluoreszenzmikroskope**.



Die bahnbrechende Entwicklung des ersten **Elektronenmikroskops** durch *Ernst Ruska* (1906-1988) an der Freien Universität Berlin ebnete im Jahr 1931 den Weg für viele Entdeckungen. *Ruska* erhielt für die Erfindung des **Elektronenmikroskops** den Nobelpreis für Physik. Die Bedeutung der **Elektronenmikroskopie** für die heutige Forschung in Biologie und Medizin kann nicht hoch genug eingeschätzt werden.

In den 1970er Jahren begannen die Forscher damit, die entdeckten Erbinformationen gezielt zu analysieren und mit Hilfe verfeinerter **molekulargenetischer** Methoden zu verändern. Das Teilgebiet der **Gentechnologie** wurde zu einem der wichtigsten Pfeiler innerhalb der Biologie. Man entdeckte, dass man die Erbinformation mit speziellen **Enzymen** gezielt aufschneiden und wieder vereinen kann. Auch ist es möglich, Teile der Erbinformationen einer Art in ein artfremdes **Genom** einzufügen. Diese neuen Techniken ermöglichen der Menschheit die Bekämpfung vieler Erbkrankheiten, gegen die bisher keine Heilverfahren zur Verfügung standen. In unverantwortlichen Händen kann die Gentechnologie großen, irreparablen Schaden anrichten, weshalb es auch strenge Gesetze zur Einhaltung internationaler Richtlinien gibt. Die Gentechnologie kann als die moderne „Büchse der Pandora“ betrachtet werden.

Im Jahr 2008 begannen die Arbeiten am Ernst-Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie an einem bedeutenden Forschungszentrum in Deutschland. Für rund 15 Mio. Euro wurde dort ein **Elektronenmikroskop** errichtet, das mit einer Auflösung von 0,05nm zu den auflösungsstärksten Mikroskopen weltweit zählt. Die Einheit **Nanometer** (nm) beschreibt die Größe die übrig bleibt, wenn ein Meter in 1 Milliarde gleichgroße Teile aufgeteilt wird. Zum Vergleich wäre ein normaler Virus mit einer Größe von 10nm etwa 200mal größer als die kleinstmögliche Auflösung. Die **DNA-Doppelhelix** hat einen ungefähren Durchmesser von 2nm und kann mit diesem **Elektronenmikroskop** sichtbar gemacht werden.



I. Wichtige Grundlagen der Gentechnik

Die Aufgaben der Anreicherung und des Transportes von **Sekretstoffen** in der Zelle übernehmen die **Dictyosome**. Sie kommen in unterschiedlicher Anzahl in den Zellen vor und sind als flache Membranstapel erkennbar. Sie stehen in engem Kontakt zu dem **endoplasmatischen Retikulum** und leiten wohl die dort produzierten **Proteine** weiter. Die Gesamtheit aller **Dictyosome** in einer Zelle wird auch als **Golgi-Apparat** bezeichnet.

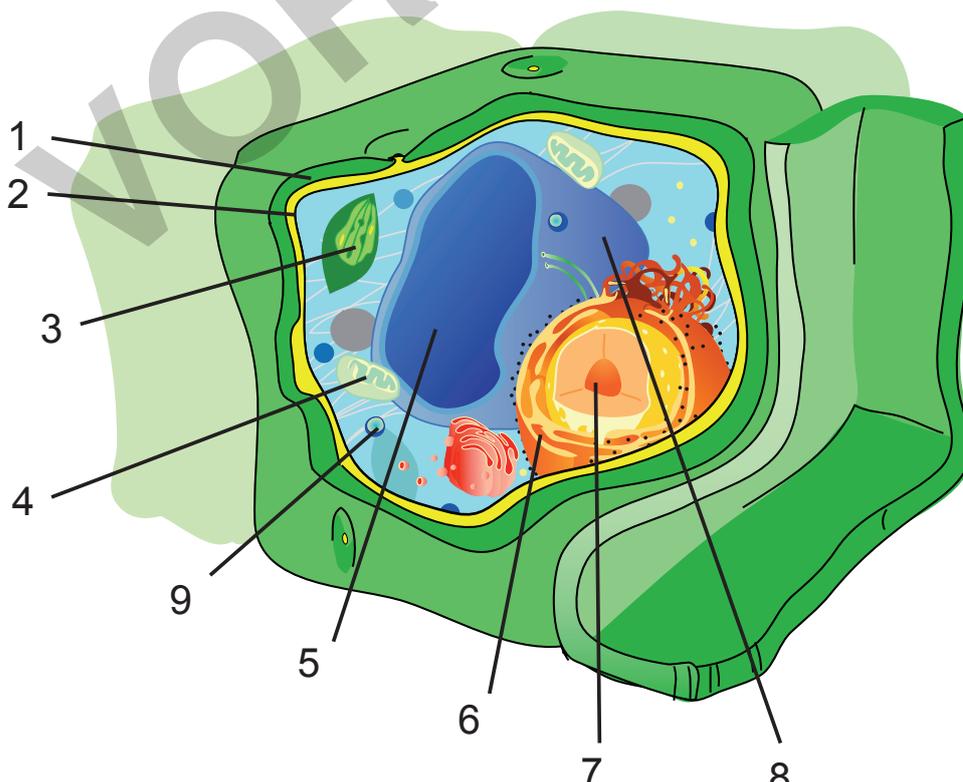
Zu den komplexesten Strukturen in einer Zelle zählen die **Ribosome**. Sie lagern auf Teilen des **endoplasmatischen Retikulums** und sind die Bereiche, an denen die **Proteinbiosynthese**, also die Herstellung der **Proteine** und **Enzyme**, stattfindet.

Lysosome sind kleine, membranumhüllte Flüssigkeitströpfchen. Mit einem sauren pH-Wert ausgestattet, sind die **Lysosome** Speicherorte für viele **Enzyme**, die für den Abbau zuständig sind und bei vielen Vorgängen innerhalb der Zelle benötigt werden. Bei Bedarf kann das **Lysosom** die benötigten **Enzyme** abgeben.

Der **Zellkern** ist innerhalb der Zelle am leichtesten auszumachen. Er liegt als große Kugel im **Zellplasma**. Bei Säugetieren nimmt der **Zellkern** ca. 10 % des verfügbaren Raumes innerhalb der Zelle ein. Bemerkenswert am **Zellkern** ist neben seiner Größe auch der Aufbau. So sind **Zellkerne** von einer mit Poren durchzogenen Kernmembran umgeben. Durch diese Poren können Trägerstoffe aus dem Kern ins **Zellplasma** und zurück gleiten. Innerhalb des **Zellkerns** liegt der **Nucleolus (Kernkörperchen)** als eigentlicher Träger der **DNA**. Hier finden Zellteilung (**Mitose**) und Reifeteilung (**Meiose**) statt.



Aufgabe 1: Beschrifte die Schemazeichnung der pflanzlichen Zelle.



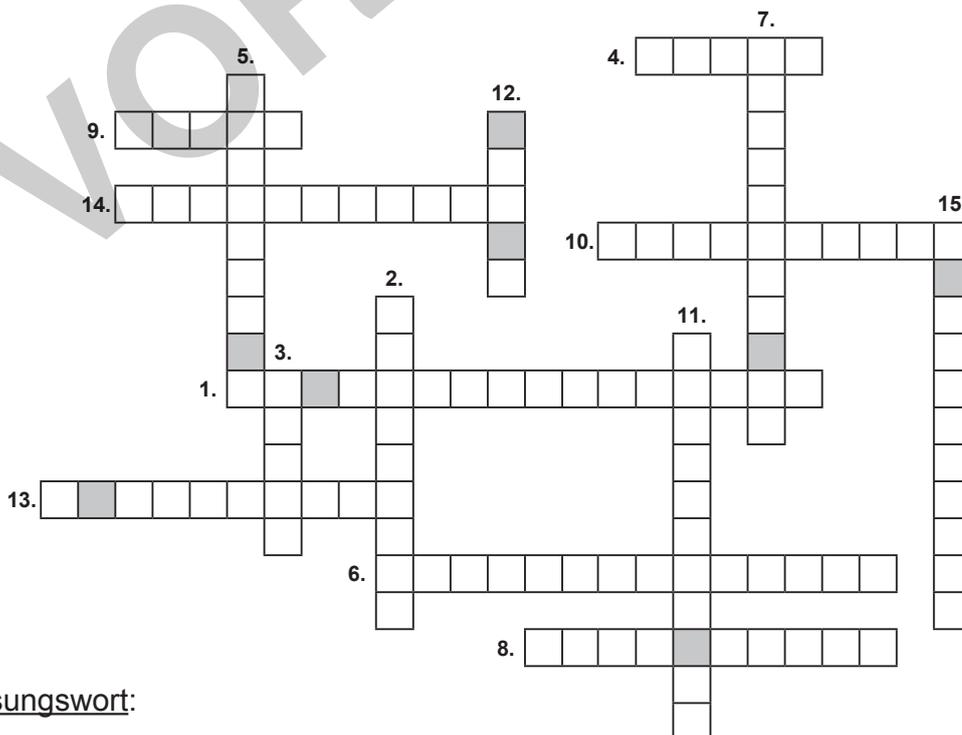


I. Wichtige Grundlagen der Gentechnik



Aufgabe 1: Vervollständige das Kreuzworträtsel. Die gesuchten Begriffe findest du im Wissenstext. Die Buchstaben der markierten Flächen ergeben in der richtigen Reihenfolge ein Lösungswort.

1. Sie sind bei allen Lebewesen auf den Chromosomen gespeichert.
2. Eine kleine physikalische Längeneinheit.
3. Erfand 1931 das Elektronenmikroskop (Nachname).
4. Wird als die kleinste lebensfähige Einheit bezeichnet.
5. Teilgebiet der Biologie, das sich mit dem Aufbau von Zellen befasst.
6. Genetische Defekte sind die Ursache hierfür.
7. Holländischer Mikroskopenerbauer im 17. Jahrhundert.
8. Besondere wissenschaftliche Leistungen werden mit ihm geehrt.
9. Kleine Moleküleinheit, das wichtige Aufgaben in den Zellen erfüllt.
10. Mit ihrer Hilfe will man Erbkrankheiten bekämpfen.
11. Die DNA-Stränge liegen paarweise vor. Man spricht von der DNA-...
12. Die Gesamtheit der Gene einer Zelle.
13. Mit ihrer Hilfe können kleinste Strukturen erkannt werden.
14. In jedem Zellkern artspezifisch vorhandenes, das Erbgut tragendes, fadenförmiges Gebilde.
15. Geht jeder Zellteilung voraus.



Lösungswort:

I. Wichtige Grundlagen der Gentechnik



Aufgabe 2: Warum benötigen rote Blutkörperchen keinen Zellkern mehr?





Aufgabe 3: Die Transkription findet im Zellkern statt. Warum nicht die Translation?





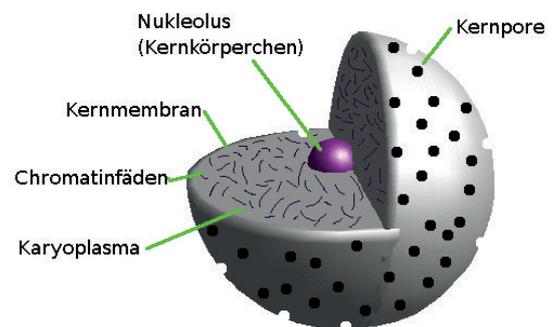
Aufgabe 4: Wie gelangt die genetische Information vom Zellkern zu den Ribosomen?





Aufgabe 5: In der Schemazeichnung des Zellkerns sieht man, dass der Zellkern Kernporen hat. Welchem Zweck dienen diese Poren?





Aufgabe 6: Was besagt die Kern-Plasma-Relation?



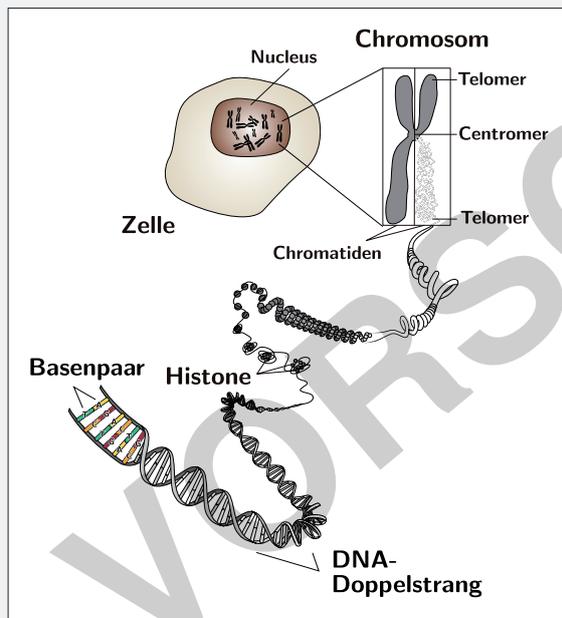


I. Wichtige Grundlagen der Gentechnik

1.5 DNA Aufbau & Bedeutung

Bereits 1869 konnte ein Biologe aus der Schweiz **DNA** erstmalig isolieren. Aber erst im Jahre 1944 gelingt es **DNA** als Träger der Erbinformation zu erkennen. 1953 erkennen die britischen Biologen *Watson* und *Crick* die Regeln der Anlagerung einzelner **Basen** zu **Basenpaaren** und werden mit dem Nobel-Preis für ihre Arbeit geehrt.

Desoxyribonukleinsäure (kurz **DNS** oder engl. **DNA**) ist ein **Molekül**, das sich aus vielen Bauteilen, den **Nukleotiden**, zusammensetzt. Diese **Nukleotide** bestehen aus dem Zucker Desoxyribose, einer Phosphatgruppe, sowie einer angehängten Nukleinsäurebase. Als **Basen** kommen **Adenin (A)**, **Guanin (G)**, **Cytosin (C)** und **Thymin (T)** vor. **Thymin** wird in leicht abgewandelter Form bei der **RNA** (Transportform) eingebaut und dann als **Uracil (U)** bezeichnet. Viele dieser **Nukleotide** lagern sich zu einem langen Strang aneinander. Zwei solcher Stränge bilden zusammen wiederum einen Doppelstrang. Zwei solcher Doppelstränge sind über einen Centromer miteinander verknüpft und werden als Chromosom bezeichnet. Die freien Enden der **Chromosome** werden als **Telomere** bezeichnet. Bei der räumlichen Anordnung der **Chromosome** spielen spezielle Proteine eine wichtige Rolle. So sind beispielsweise die **Histone** für die aufgewundene Form der DNA verantwortlich.



Auf Grund chemischer Reaktionen zwischen den beteiligten **Nukleotiden** liegen **Chromosome** in gewundener Form vor, welche man sich als Wendeltreppe gut vorstellen kann. Man spricht von einer **Doppelhelix**-Struktur. Die Verbindung der beiden Einzelstränge erfolgt über einander gegenüberliegende **Basen**. Diese **Basenpaare** können sich auf Grund ihrer Molekülstruktur miteinander **komplementär** verbinden, wobei sich immer **Adenin** mit **Thymin** (bzw. **Uracil**) und **Guanin** mit **Cytosin** verbinden. Diese Verbindung kann getrennt und wieder verbunden werden. Diese Eigenschaft ist die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Verdopplung der **DNA** in der **Interphase** jeder Zellteilung (**Mitose**). Dabei wird der Doppelstrang durch **Enzyme** wie die **DNA-Polymerase** an der Bindungsstelle

zwischen den **Basen** aufgetrennt. An jeden freigewordenen Einzelstrang lagern sich nun neue **Nukleotide** passend zur Vorlage an. Am Ende des Vorgangs liegen zwei genetisch identische **DNA-Doppelstränge** vor.

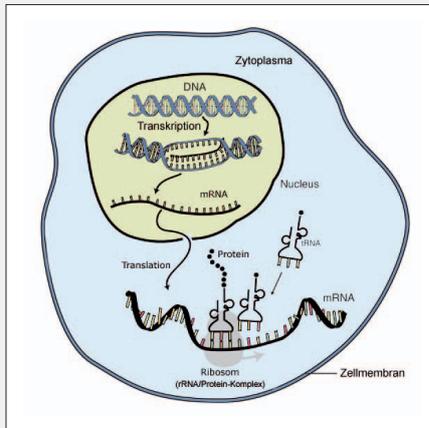
Die Entzifferung des **Genoms** eines Organismus ist äußerst schwierig und teilweise nicht realisierbar. Der Bakteriophage Φ X174 konnte als erste Lebensform komplett, **Nukleotid** für **Nukleotid**, entziffert werden. Sein **Genom** besteht aus 5375 **Nukleotiden** in ganz bestimmter Abfolge der **Basen** A, G, C und T. Wenn man diese 5375 Buchstaben auf ein Blatt schreibt, so ergibt dies etwa die Größe dieser Heftseite. Auf dieser Basenfolge sind die Informationen für insgesamt 12 verschiedene **Proteine** gespeichert. Das **Genom** gewöhnlicher Bakterien würde bereits ein Buch von etwa 400 Seiten füllen. Der Text der menschlichen **DNA** ist etwa 3 Milliarden **Nucleotide** lang, was in schriftlicher Form, wäre sie denn bekannt, bereits eine Enzyklopädie von 750 Büchern zu jeweils 400 Seiten füllen würde. Schon in Anbetracht dieser immensen Kettenlänge erscheint die Kapazität der **DNA** zur Speicherung von genetischen Informationen als praktisch unbegrenzt.

Lernwerkstatt
Gentechnik - Dem genetischen Fingerabdruck auf der Spur - Bestell-Nr. P11 270
Verlag
des
Starn
verlag.de

I. Wichtige Grundlagen der Gentechnik



1.7 Vom Gen zum Merkmal Teil 1: Transkription



Zellkerne sind die Orte, an denen die genetische Information in Form von **DNA-Molekülen** gespeichert wird. Die **Proteinbiosynthese** findet aber in den **Ribosomen** statt. Wie gelangt also die Information vom **Zellkern** zu den **Ribosomen**?

Hierfür muss die Erbinformation erst einmal kopiert und in eine transportable Form gebracht werden. Diesen Vorgang nennt man **Transkription** (Kopie). Der **DNA-Strang** im **Zellkern** dient als Kopiervorlage (Matrize) für die Synthese gleichartig aufgebauter, man sagt **komplementärer**, Transportformen. Das Enzym **DNA-Polymerase** öffnet die **DNA-Doppelhelix** an den Verbindungsstellen der **Basenpaare** und legt die

beiden Einzelstränge frei. Nun werden die **Basen komplementär** ergänzt, wobei sich an die freigelegten **Adenin-Basen** nun nicht **Thymin** sondern **Uracil** anlagert. Es entstehen einsträngige Kopien des **DNA-Doppelstranges** mit unterschiedlicher Länge. Diese erste Kopie wird nun noch einmal überarbeitet. Diesem Vorgang, dem sogenannten **Spleißen**, ist ein eigenes Kapitel (3.1) im vorliegenden Buch gewidmet. Nach dem **Spleißen** wird die fertige Kopie nun als **Ribonucleinsäure** oder kurz **RNA** bezeichnet.

Man unterscheidet die **RNAs** in zwei Gruppen, die sich in der Kettenlänge und ihrer Aufgabe deutlich unterscheiden. Zum einen entstehen Kopien großer Abschnitte der **DNA** (bis zu 10.000 **Nucleotide**), die ihre Botschaft zum Ort der **Translation** überführen. Solche „Kopiervorlage“ nennt man messenger oder kurz **m-RNA**. Darüber hinaus entstehen aber auch **RNAs** mit einer deutlich kleineren Kettenlänge. Diese **RNAs** tragen ganz bestimmte **Aminosäuren** und übertragen diese im Zuge der **Translation**, weshalb man sie auch transfer oder **t-RNAs** nennt.

Jede der 20 verschiedenen **Aminosäuren** besitzt ihre eigene **t-RNA**. Somit bestimmt die Basenfolge der **m-RNA** die Anlagerungsreihenfolge der **t-RNAs** und letztlich die Reihenfolge der **Aminosäuren**.

Nach ihrer Synthese verlassen die **RNA-Moleküle** den **Zellkern** durch die Kernmembranporen und wandern durch das **Zellplasma** zu den **Ribosomen**.



Aufgabe 1: *Wie kann man das Wort „Transkription“ ins deutsche übersetzen?*



Aufgabe 2: *In welchem Zellorganell findet die Transkription statt?*



II. Klassische Verfahren der Gentechnik



Aufgabe 1: Beschreibe die drei maßgeblichen Faktoren, die laut Darwin die Artbildung vorantreiben.





Aufgabe 2: Erkläre den Unterschied zwischen biotischen und abiotischen Faktoren. Beispiel?





Aufgabe 3: Ordne den unterschiedlichen Mutationsarten die jeweils richtige Erklärung und das richtige Beispiel zu. Verwende die Kombination aus Buchstabe, Zahl und Symbol.

A	Genom-Mutation	B	Chromosomen-Mutation	C	Gen-Mutation
2	Durch einen Verteilungsfehler in der Meiose entstehen Keimzellen, die einzelne Chromosome zweifach oder überhaupt nicht haben.				
3	Einzelne Chromosome bekommen einen Schaden wenn z.B. ein Telomer abbricht				
1	Die Basenfolge auf einem Chromosom ändert sich. Es kann eine Base vertauscht, ersatzlos entfernt oder zusätzlich hinzugefügt werden. Alle drei Varianten ändern das Ableseraster (Triplet). Es entstehen völlig veränderte Peptidketten ohne Funktion.				
	Katzenschrei-Syndrom		Trisomie 9, Turner-Syndrom, Down-Syndrom		Phenylketonurie



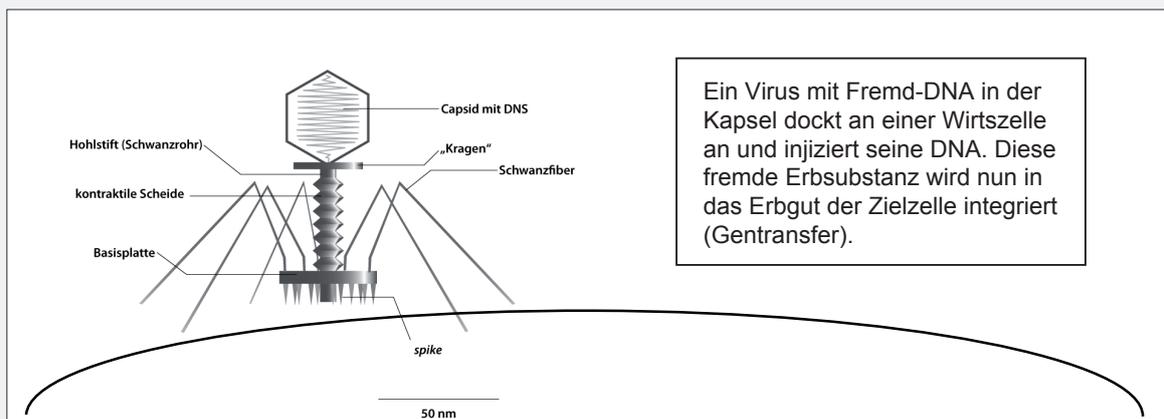
3.3 Das "Gen-Taxi" zur Übertragung von Fremd-DNA – Vektoren

Als **Vektoren** bezeichnet man *ringförmige DNA-Abschnitte*, die genau festgelegte genetische Informationen speichern. Solche **Vektoren** codieren für eine ganz bestimmte Eigenschaft, die eine Zielzelle bislang nicht hatte. So konnte beispielsweise mit Hilfe eines **Vektors** die genetische Information der **Resistenz** gegenüber Pflanzenvernichtungsmitteln in das **Genom** von Baumwollpflanzen (lat. *Gossypium spec.*) eingebracht werden. Diese Fähigkeit hatte die Evolution für die Baumwollpflanze bislang nicht hervorgebracht, sodass erst durch den Menschen **resistente** Pflanzen entwickelt wurden.

Ein **Vektor** ist recht kurzketzig (bis max. 40.000 Basenpaaren). Innerhalb ihrer Basenfolge enthalten alle **Vektoren** immer drei grundlegende Bereiche...

1. ...einen **Replikationsursprung**. Darunter versteht man eine Abfolge einzelner **Basen**, die als Startsignal für die **Replikation** dient. Dieses Signal ist notwendig, damit das eingearbeitete Fremd-Gen im neuen Wirtsorganismus auch abgelesen werden kann.
2. ...mindestens ein **Marker-Gen**. Der Marker dient dazu, den Erfolg der gentechnischen Veränderung zu überprüfen. Am besten lässt sich die Wirkungsweise eines Markers am bereits besprochenen Beispiel der insulinproduzierenden Bakterien erläutern. Die ursprünglichen Bakterien werden gentechnisch dahingehend verändert, dass sie mit Hilfe von **Vektoren** die genetische Information zur Insulinproduktion „eingebaut“ bekommen. Nur woher weiß der Forscher nun, ob seine Arbeit erfolgreich war? Oder bei welchen Bakterien es funktioniert hat und bei welchen nicht? Nun kommt der Marker ins Spiel. Neben dem Insulin-Gen wird mit dem **Vektor** auch ein **Resistenzgen** gegenüber Antibiotika weitergegeben. Wenn die Arbeit erfolgreich war, also die genetische Information über den **Vektor** eingebaut wurde, dann ist das Bakterium nicht nur in der Lage Insulin zu produzieren, es ist auch gegen Antibiotika **resistent**. Wird nun der behandelten Bakterienkultur Antibiotika beigemischt, sterben alle Bakterien ab, bei denen die **Vektoren** nicht richtig gearbeitet haben.
3. ...Schnittstellen für **Restriktionsenzyme**. Da **Vektoren** ringförmig sind, wird eine Stelle benötigt, an der der Ring aufgeschnitten werden kann. Nach dem Aufschneiden entrollt sich der **Vektor** zu einem Strang mit **klebrigen Enden**. An diese Enden kann nun eine Fremd-**DNA** enzymatisch eingeklebt werden (Ligasen). Somit wurde aus einem **Vektor** ein Taxi für Fremd-**DNA**.

Neben Viren dienen vor allem **Plasmide** als **Vektoren** in der Gentechnologie. Solche „beladenen Gen-Taxis“ können nun in die Zellen des Zielorganismus eingeschleust werden. Das Prinzip eines solchen **Gentransfers** zeigt die folgende Darstellung.



III. Moderne gentechnische Verfahren und Werkzeuge



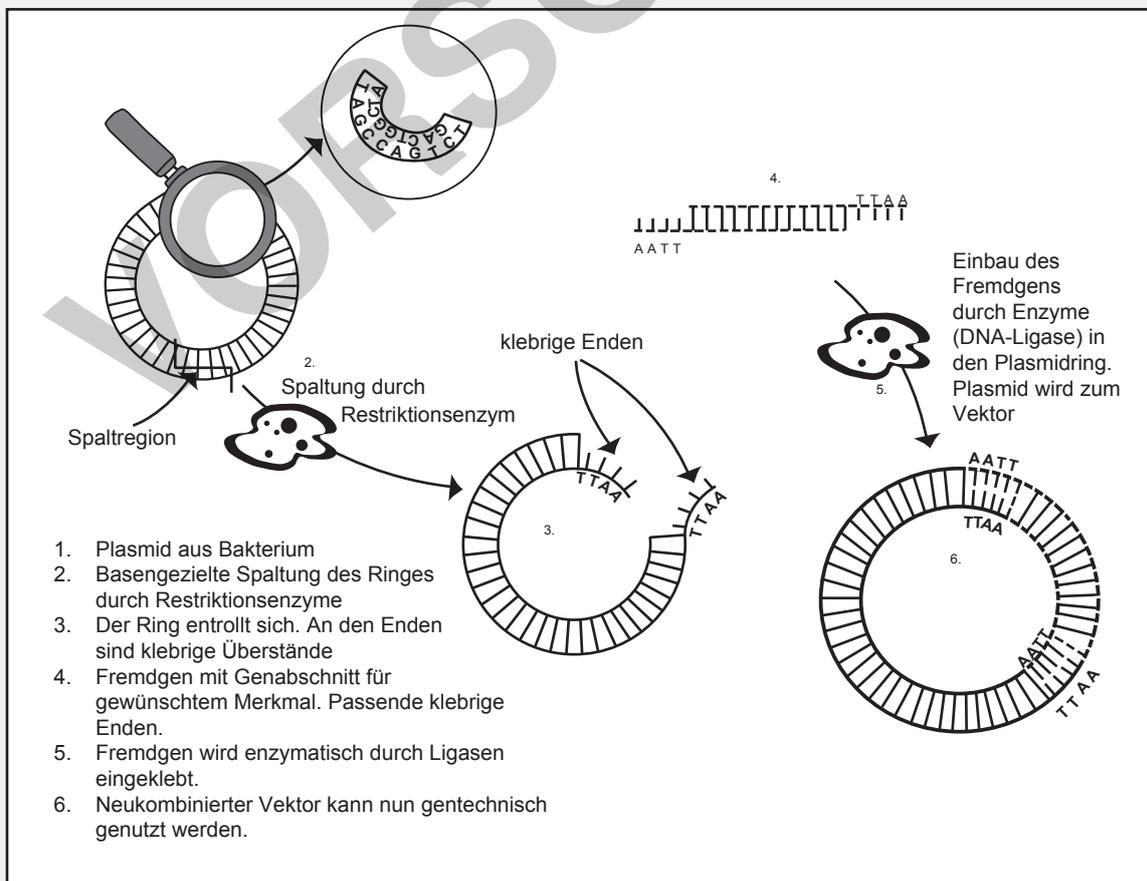
3.4 Was ist ein Plasmid?

Plasmide sind ringförmige, doppelsträngige **DNA**-Abschnitte, die im **Genom** von Bakterien vorkommen. Die Plasmidringe liegen neben der eigentlichen **DNA** im **Zellplasma** dieser **prokaryoten** Zellen und sind eine unabhängige genetische Einheit.

Auf den Plasmidringen sind nur wenige Gene angesiedelt, die beispielsweise für **Resistenzen** bei den Bakterien codieren. Auch die Fähigkeit zur Übertragung der **Plasmide** auf benachbarte Bakterien ist hier gespeichert. Bei dieser Übertragung, der sogenannten **Konjugation**, verbinden sich zwei Bakterien kurzzeitig über eine Zellplasmabrücke. Man kann sich eine solche Brücke als Schlauch vorstellen, der die Zellen miteinander verbindet und durch den einzelne **Plasmide** von einer Zelle in die andere wandern können.



Plasmide spielen in der Medizin eine wichtige Rolle. Bei der Behandlung eines kranken Menschen oder Tieres mit Antibiotika stirbt ein Großteil der Krankheitserreger ab. Einige Bakterien überleben aber die Behandlung, weil sie auf einem ihrer **Plasmide** eine **Resistenz** gegenüber den verwendeten Antibiotika tragen. Nun können sich diese Bakterien ausbreiten und ihre **Plasmide** weitergeben. Es wächst ein **resistenter** Keim heran. Bei wiederholter Behandlung mit unterschiedlichen Antibiotika entstehen somit **multiresistente** Keime, die in Krankenhäusern und Pflegeheimen ein schwerwiegendes Problem darstellen. **Plasmide** werden aufgrund ihrer Größe und ihrer Eigenschaften als **Vektoren** eingesetzt.





3.6 Genetischer Fingerabdruck & Genkrimi

Wir haben bereits gelernt, dass das **Genom** eines Menschen aus ca. 3 Milliarden **Basen** besteht. Dabei hat jeder Mensch seine eigene Basenfolge, jeder ist also ein Unikat. Genau diese Eigenschaft macht man sich in der Kriminalistik zunutze. Die **DNA** einer einzigen Zelle genügt, um deren genetisches Material zu analysieren und dem jeweiligen „Spender“ zuzuordnen. Da jeder Mensch genetisch einmalig ist, spricht die Kriminalistik auch vom *genetischen Fingerabdruck*.

Tatorte von Verbrechen werden ausgiebig nach Spuren des Täters untersucht. Dabei spielen nicht nur Gegenstände oder Fingerabdrücke eine wichtige Rolle, sondern auch Speichel-, Blut oder Spermaspuren des möglichen Täters. Auch Haarwurzeln oder Hautpartikel können letztlich den Täter überführen. Die Kriminalistiker suchen also nach Zellen mit der genetischen Information des Täters um diese zu analysieren und später mit Vergleichsproben von Verdächtigen vergleichen zu können.

Nachdem die **Forensiker** Zellen gefunden haben, wird die **DNA** aus diesen Zellen isoliert und vervielfältigt. Nun wird die **DNA** enzymatisch in Bruchstücke aufgeteilt. Da die Basenfolge bei jedem Menschen unterschiedlich ist, sind auch die Bruchstücke individuell unterschiedlich. Werden nun diese Bruchstücke **gelelektrophoretisch** aufgetrennt zeigt sich ein individuelles Muster, das jetzt mit dem Muster aller Verdächtigen verglichen werden kann.



Seit im Jahr 1988 der erste Mörder in Deutschland mit Hilfe des genetischen Fingerabdrucks verurteilt werden konnte, ist diese Methode juristisch heute nicht mehr wegzudenken. Aber auch diese Technik hat ihre Grenzen und Fehler. In der deutschen Rechtsprechung reicht der genetische Fingerabdruck als einziges Beweismittel nicht für eine Verurteilung. Generell müssen genetische Untersuchungen zweimal unabhängig voneinander vorgenommen werden. Nur bei Übereinstimmung der Ergebnisse werden diese vor Gericht zugelassen. Auch können sich Fehler in der Probe einschleichen, durch beispielsweise unsachgemäße Durchführung der genetischen Untersuchungen. So wurde vor Jahren eine Person gesucht, die als Serientäter an unzähligen Tatorten scheinbar ihre Spuren hinterließ. Später stellte sich heraus, dass es sich um eine Frau handelte, die im Kriminallabor arbeitet. Durch unsachgemäßen Umgang verunreinigte sie die Proben mit ihrer eigenen **DNA**.

Der genetische Fingerabdruck gerät aber auch an seine natürlichen Grenzen. So sind beispielsweise eineiige Zwillinge genetisch nahezu identisch. Im Jahr 2009 musste ein Berliner Gericht einen Täter freilassen, obwohl dessen genetischer Fingerabdruck identifiziert werden konnte. Der Täter hatte einen Zwillingbruder und das Gericht konnte nicht eindeutig klären, welcher der beiden Brüder die Straftat begangen hatte. Bei Tätern, die eine Knochenmarkstransplantation hinter sich haben, kann der genetische Fingerabdruck ebenfalls nicht juristisch verwertet werden. Durch die Knochenmarkstransplantation zeigt der Patient nun den genetischen Fingerabdruck seines Spenders oder er hat ein Gemisch aus seinem eigenen Erbgut und dem des Spenders. Solche „Mischwesen“ werden als **Chimären** bezeichnet.

In vielen TV-Krimis hat die **Forensik** in den letzten Jahren die klassische Ermittlungsarbeit der Polizei so weit ergänzt, dass der genetische Fingerabdruck und dessen Wichtigkeit derart in das Bewusstsein der Menschen vorgedrungen sind, dass mittlerweile viele Verdächtige bereits gestehen, wenn sie mit **forensischen** Ergebnissen konfrontiert werden.



III. Moderne gentechnische Verfahren und Werkzeuge



Aufgabe 1: Was versteht man unter dem „genetischen Fingerabdruck“?





Aufgabe 2: An Tatorten werden immer Spuren des Täters gesucht. Welche Spuren können das sein und warum?





Aufgabe 3: Wann kommt die gentechnische Forensik an ihre Grenzen?





Aufgabe 4: Was ist eine Chimäre?



Lernwerkstatt
Gentechnik - Dem genetischen Fingerabdruck auf der Spur - Bestell-Nr. P11 270
Verlag.de