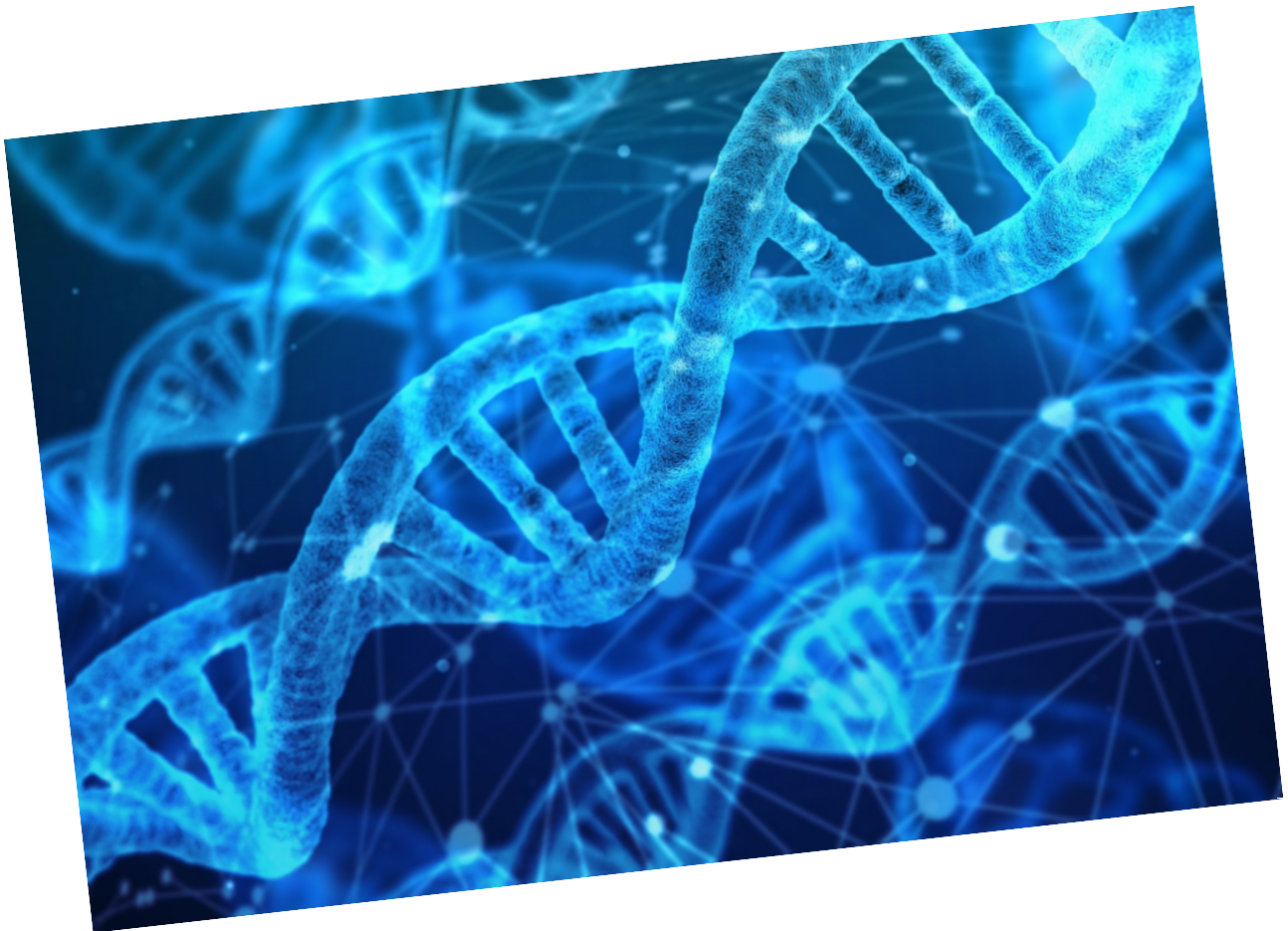


Genetik



Philippe Kieffer
Schleicher

Tuteur: M.

LEM 6C2

Trapé 2019/2020

Inhaltsverzeichnis:

- Was versteht man unter Genetik? (S.3)
- Chronologie der genetischen Forschung (S.4 – 9)
 - Das Genom (S. 10 – 12)
- Wie wird aus einem Gen ein Protein? (S.13 – 16)
 - Die Zelle (S.17 -21)
- Gen / Chromosomenanomalien beim Menschen (S.22 – 24)
 - Vererbung der Gene (S.25 – 26)
 - Crispre / Cas9 (S.27 – 28)
 - Einsatz der Genetik (S.29 – 31)
 - DNA-Extraktion(S.32 – 33)
 - Glossar(S.34)
 - Quellenangaben(S.35 – 36)

Was versteht man unter Genetik?

Der Begriff Genetik kommt aus dem griechischem (genetiké téchné) und bedeutet so viel wie “Wissenschaft von der Erzeugung”. Der Begriff “Genetik” wurde 1905 von William Bateson geprägt. Die Genetik ist ein Teilgebiet der Biologie, sie befasst sich hauptsächlich mit der Vererbung verschiedener Merkmale bei Organismen.

- Die klassische Genetik

Die klassische Genetik wurde im 19 Jh. von dem Mönch Georg Mendel begründet. Sie untersucht in welchen Kombinationen die Gene bei Kreuzungsexperimenten bei den Nachkommen auftreten und wie diese bestimmten phänotypische Merkmale verändern. Zur klassischen Genetik gehört auch die Zytogenetik, die die Anzahl, Gestalt und Struktur der Chromosomen (Träger der genetischen Information) untersucht.

- Die Molekulargenetik

Die Molekulargenetik ist in viele kleinere Teilbereiche unterteilt. Einer dieser Teilbereiche untersucht zum Beispiel die Struktur der molekularen Träger der Erbinformation (DNA, RNA), die Replikation und die dabei auftretenden Veränderungen des Erbgutes. Die Molekulargenetik gehört zu dem angewandten Bereich der Gentechnik.

- Die Populationsgenetik und die ökologische Genetik

Die Populationsgenetik und die Ökologische Genetik beschäftigt sich mit den genetischen Erbanlagen verschiedener Populationen.

- Epigenetik

Die Epigenetik beschäftigt sich mit der Vererbung von Eigenschaften auf die Nachkommen, die nicht auf Abweichungen in der DNA zurückzuführen sind, sondern auf Gene, die beschreiben wieviel, wann und wie etwas passiert.

Chronologie der genetischen Forschung

| | | |
|------|--|---|
| 1842 | Karl von Nägeli 1817-1891 | Entdecker der Chromosomen |
| 1856 | Gregor Mendel 1822-1884 | Entdeckte die genetische Vererbungsregeln. Seine Kreuzungsversuche an Erbsen belegen den Grundstein der Vererbungslehre |
| 1869 | Johannes Friedrich Miescher 1844-1895 | Der Schweizer Biologe und Arzt identifizierte als erster das Nuklein und die Nukleinsäure |
| 1875 | Oscar Hertwig 1849-1922 | Der Zoologe ist der Entdecker der Meiose |
| 1879 | Johann Bütschli 1848-1920 | Der Zoologe ist der Entdecker der Mitose |
| 1879 | Walther Flemming 1843-1905 | Der Zytologe entdeckte die Chromatinstruktur |
| 1883 | Albrecht Kossel 1853-1927 | Der Biochemiker entdeckte die Proteine, um die sich die DNA wickelt |

| | | |
|--------------|--|---|
| 1888 | Heinrich von Waldeyer-Hartz 1817-1921 | Der Anatom prägte den Begriff Chromosom |
| 1891 | Clarence McClung 1870-1946 | Der Biologe entdeckte die Rolle der X-Y Chromosomen bei der Geschlechterbestimmung |
| 1901 1903 | Hugo de Vries 1848-1935 | Der Botaniker entdeckte um 1900 die Mendel'schen Regeln neu und publizierte diese in Fachzeitschriften. |
| 1904 | Theodor Boveri 1862-1915 | Der Biologe prägte den Begriff des Chromosomengebietes |
| 1909 | Phoebus Levene 1863-1940 | Der Biochemiker identifizierte die Bestandteile der DNA. |
| 1909 | Wilhelm Johannsen 1857-1927 | Der Botaniker prägte die Begriffe Gen, Genotyp und Phänotyp |
| 1902-1910 | Carl Rabl 1853-1917 | Der Anatom brachte den Vorschlag, dass die Chromosomen im Zellkern in Regionen organisiert sind. |
| 1933 | Thomas Hunt Morgan 1866-1945 | Der Biologe erhielt für seine Erkenntnisse in Bezug auf die Gene und |

| | | |
|-----------|---------------------------------|---|
| | | deren Lage auf den Chromosomen den Nobelpreis |
| 1944 | Oswald Avery 1877-1955 | Der Arzt bewies, dass die DNA der Träger der genetischen Information ist |
| 1940-1950 | Barbara McClintock 1902-1992 | Die Zytogenetikerin entdeckte, dass die Gene auf einem Chromosom sich von einer Stelle zu einer andere |
| 1953 | Francis Crick 1916-2004 | Der Biophysiker entdeckte zusammen mit James Watson die DNA-Struktur |
| 1953 | Rosalind Franklin 1920-1958 | Die Chemikerin fertigte die ersten Röntgenbeugungsbilder eines DNA-Moleküls an |
| 1953 | James Watson 1928- | Der Biologe ist Mitentdecker der DNA-Struktur |
| 1971 | Bruce Ames 1928- | Der Biochemiker entwickelte einen Test, um feststellen zu können, ob eine Verbindung eine Mutation auslösen kann. |

| | | |
|------|---|---|
| 1977 | Frederick Sanger 1918-2013 | Der Biochemiker entwickelte eine der ersten DNA-Sequenzierungsmethoden |
| 1984 | Azim Surani 1945- Davor Solter 1941- | Die beiden Genetiker fanden heraus, dass für die normale Entwicklung sowohl das väterliche als auch das mütterliche Genom wesentlich sind |
| 1984 | Alec Jeffreys 1950- | Der Genetiker entwickelte die ersten Methoden zur Bestimmung des genetischen Fingerabdruckes. |
| 1990 | Eric Lander 1957- | Zusammen mit David Botstein erkennt er das Potenzial von DNA-Markern, um komplexe menschliche Merkmale und Krankheiten zu entdecken. |
| 2000 | Paul Nurse 1949- | Der Genetiker identifizierte die entscheidenden Proteine für den Übergang der verschiedenen Zellzyklus-Phasen |

| | | |
|------|--|--|
| 2005 | Graig Venter 1946 | Der Biotechnologe sequenzierte als erster das menschliche Genom |
| 2006 | Roger Kornberg 1947- | Der Biochemiker erarbeitete die molekularen Grundlagen der eukaryotischen Transkription und entdeckt die DNA-Polymerase |
| 2008 | Sean Brendan Carroll 1960- | Der Biologe begründet die These, dass die morphologische Evolution vor allem auf der Veränderung der Genaktivität beruht |
| 2008 | Luigi Naldini 1959- | Der Arzt entwickelt lentivirale Vektoren für die Verwendung in der Gentherapie. |
| 2012 | Emanuelle Charpentier 1968- Jennifer Doudna 1964- | Beide Frauen (Mikrobiologin resp. Chemikerin) modifizierten das CRISPR-System so, dass das CAS9-Enzym von einer künstlichen guide-RNA positionsgenau an die DNA geleitet werden kann |

| | | |
|------|--------------------|--|
| 2013 | Feng Zhang 1982 | Der Biomediziner ist der erste, der 2013 das CRISPR-CAS9-System für die Genomchirurgie in eukaryotischen Zellen verwendete |
|------|--------------------|--|

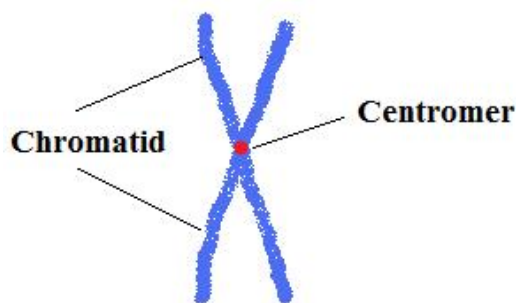
Das Genom

Das Genom, auch Erbgut eines Lebewesens, ist die Gesamtheit der materiellen Träger der Erbinformation einer Zelle. Man versteht darunter die Chromosomen und die DNA. Die für die Vererbung von Eigenschaften und Merkmalen erforderliche Information ist in der DNA enthalten. Sie bestimmt wie ein Lebewesen aussieht und wie alle für ihn wichtigen Prozesse im Organismus ablaufen.

Chromosomen

- Chromosomen Aufbau

Chromosomen sind Bestandteile von Zellen, auf denen die notwendigen Erbinformationen für die Vererbung von Eigenschaften gespeichert sind. Sie werden von der Zelle im Zellkern aufbewahrt. Die Chromosomen enthalten die



DNA, auf der die Gene codiert sind.

Außerdem enthält sie viele Proteine.

Während der Zellteilung treten die Chromosomen in ihrer Transportform auf und werden durch ihre Spiralisierung (Spiralform) stark verkürzt. Ein Chromosom besteht (vor der Teilung) aus zwei Chromatiden, die durch ein Centromer verbunden werden.

- Chromosomensatz / Chromosomenzahl

Jede Körperzelle eines Organismus, das sich sexuell fortpflanzt, besitzt zwei Chromosomensätze. Keimzellen

besitzen hingegen nur einen einfachen Chromosomensatz. Es gibt jedoch auch Lebewesen, die drei Chromatiden besitzen. So besitzt ein Mensch 46 Chromatiden, eine Kartoffel 48 und ein Rind 60. Der Chromosomensatz bestimmt sogar, welches Geschlecht man hat. So bestehen das Chromosom 23 und 24 aus zwei X-Chromosomen bei weiblichen und jeweils ein X- und ein Y-Chromosom bei männlichen Menschen.



Zuordnung des zweifachen Chromosomensatzes einer Frau.

- Die Gene auf den einzelnen Chromosomen

| Chromosom | Basenpaare in Mio. | % der menschlichen DNA | Anzahl der Gene |
|-----------|--------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | 247 | 8 | 3141 aktiv (991 pseudo) |
| 2 | 243 | 8 | 1346 aktiv (1239 pseudo) |
| 3 | 199 | 6,5 | 1100 - 1500 |
| 4 | 191 | 6 | 796 aktiv (778 pseudo) |
| 5 | 181 | 6 | 900 - 1300 |
| 6 | 171 | 5,5 | 1100 - 1300 |
| 7 | 158 | 5,5 | 1000 - 1500 |
| 8 | 146 | 4,5 - 5 | 700 - 1100 |
| 9 | 140 | 4,5 | 800 - 1300 |
| 10 | 135 | 4 - 4,5 | 1200 |
| 11 | 134 | 4 - 4,5 | 1300 - 1900 |
| 12 | 132 | 3,5 - 4 | 10000 - 1400 |
| 13 | 114 | 3 - 3,5 | 300 - 700 |
| 14 | 106 | 3 - 3,5 | 700 - 1300 |
| 15 | 100 | 3 - 3,5 | 650 - 1000 |
| 16 | 88,8 | 3 | 850 - 1200 |
| 17 | 78,8 | 2,5-3 | 1200 - 1500 |
| 18 | 76,1 | 2,5 | 300 - 500 |
| 19 | 63,8 | 2 - 2,5 | 1427 - 1700 |
| 20 | 62,4 | 2 | 600 - 800 |
| 21 | 34 | 1,5 | 255 aktiv (59 pseudo) |
| 22 | 49 | 1,5 - 2 | 500 - 800 |
| x | 150 | 5 | 2000 |
| y | 23 | 1 | 78 |

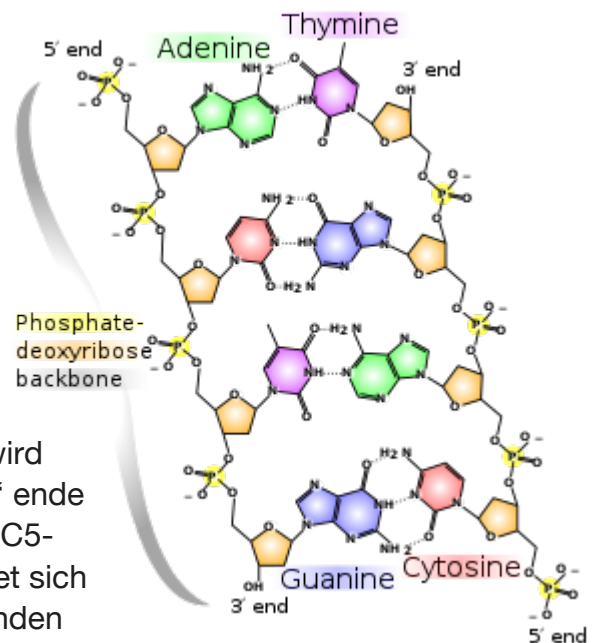
Die DNA

- Was ist die DNA?

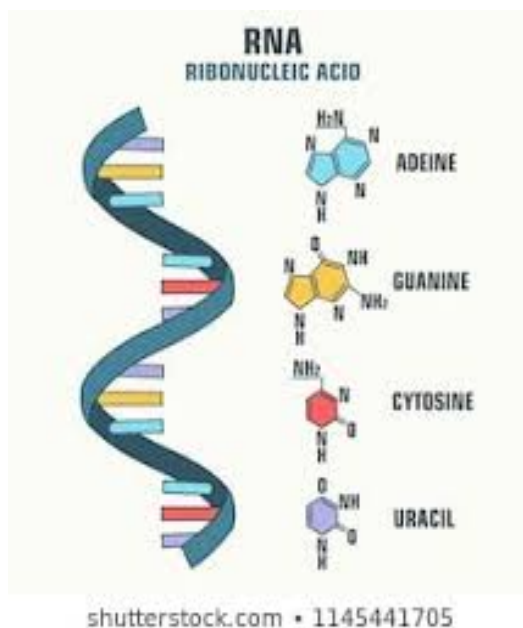
Die DNA (Desoxyribonucleicacid) trägt das Erbgut eines jeden Lebewesens. Im Deutschen heißt es DNS (Desoxyribonukleinsäure). Die DNA befindet sich meist im Zellkern der Zelle. Die Information, die in der DNA enthalten ist, wird genutzt, um Proteine herzustellen.

- Wie ist die DNA aufgebaut?

Die Desoxyribonukleinsäure (DNA) bildet eine Doppelhelix. Das Grundgerüst kann man sich wie eine Strickleiter vorstellen. Diese Leiter besteht aus Zucker (Desoxyribose) und der Phosphorsäure. Sie bilden die Seile. Die Sprossen der Leiter werden durch organische Basen gebildet. Sie stellen den Code der DNA dar. Es gibt die Basen Thymin, Cytosin, Adenin und Guanin die jeweils immer in den Basenpaare Thymin = Adenin und Cytosin = Guanin vorkommen. Die Ausrichtung der DNA wird durch das 5' Ende und 3' Ende bestimmt. Am 5' ende der DNA befindet sich ein Phosphatrest der am C5-Atom des Zuckers hängt und am 3'Ende befindet sich eine OH-Gruppe am C3-Atom. Zwischen den Enden Basenpaaren befinden sich Wasserstoffbrückenbindungen.



Die RNA



- Was ist die RNA?

Die RNA ist wie auch die DNA ein Träger der Erbinformation eines Lebewesens. Jedoch kommt sie als Träger der Erbinformation fast nur in Viren oder Bakterien zum Einsatz. Trotzdem ist sie für uns Menschen z.B. keinesfalls unwichtig, da sie in unseren Zellen als wichtige mRNA fungiert und dort als Überbringer der Erbinformation zum Einsatz kommt.

- Wie ist die RNA aufgebaut?

Die RNA ist in ihrem Aufbau der DNA ziemlich ähnlich nur dass es kein Thymin sondern als Ersatz die Base Uracil besitzt. Außerdem besteht die RNA nur aus einem Strang

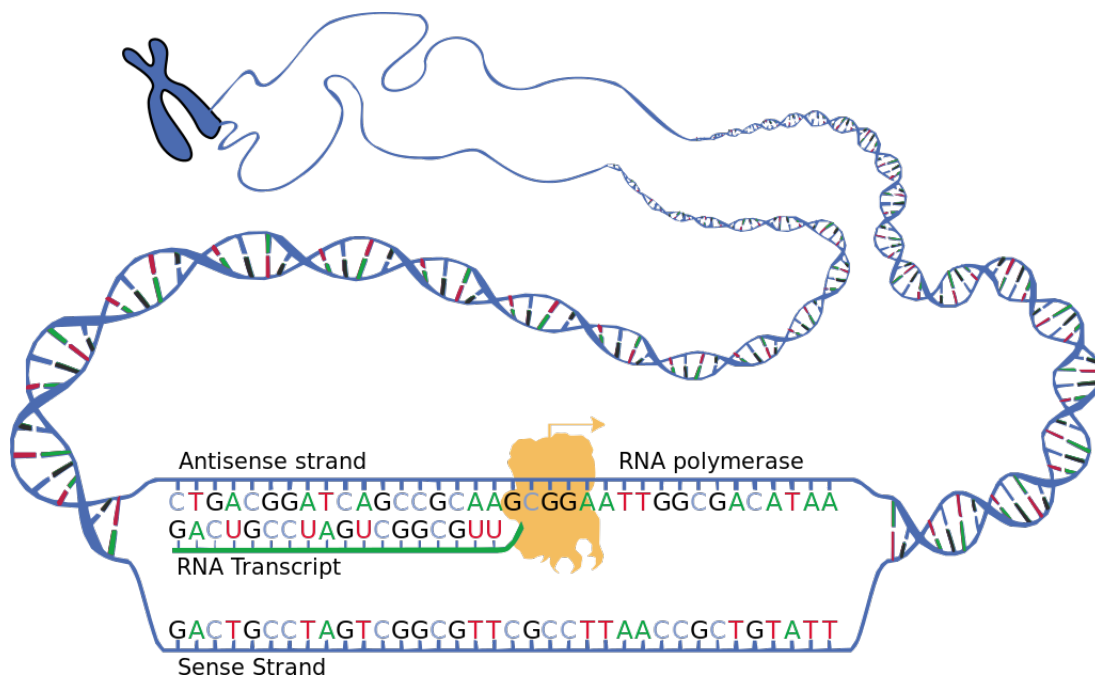
Wie wird aus einem Gen ein Protein?

Dieser Prozess nennt sich Proteinbiosynthese. Sie besteht aus zwei Schritten: der Transkription und der Translation. Bei der Transkription wird eine Kopie der DNA gemacht, die dann bei der Translation in ein Protein übersetzt wird.

Transkription

Am Anfang ist DNA ziemlich durcheinander und muss entwirrt werden, um eine Kopie machen zu können. Diese und viele andere Dinge macht das Enzym RNA-Polymerase.

Als erstes werden die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Nukleotiden aufgelöst, um die beiden DNA-Stränge voneinander zu lösen. Es wird nur von einer der beiden DNA-Stränge die Vorlage benutzt. Dieser codogene Strang wird auch Antisense-Strang genannt. Das Enzym RNA-Polymerase wandert am Antisense-Strang entlang. Sie liest dort die Nukleotide ab und setzt ihr ein passendes anderes



Nukleotid gegenüber. Diese werden dann zu RNA verbunden. Dabei kommt gegenüber Adenin – Uracil, gegenüber Thymin – Adenin, gegen Cytosin – Guanin und gegen Guanin – Cytosin. Auf der RNA gibt es keine Thyminbase, sondern Uracil die stattdessen verwendet wird. Die RNA-Polymerase stellt die Nukleotiden nicht her, sie setzt diese nur zusammen. Den Nukleotiden findet die RNA-Polymerase in ihrer Umgebung. Der andere DNA-Strang wird Sense Strang genannt, er spielt bei der DNA-Transkription keine große Rolle. Auf ihm befindet sich jedoch der Promotor und der Terminator. Damit die RNA-Polymerase weiß wo das Gen beginnt und

aufhört gibt es auf dem Sens-Strang Start und Stopp Sequenzen. Beim Start handelt es sich um einen sogenannten Promotor, er besteht aus einer bestimmten Nukleotidsequenz, der der RNA-Polymerase zeigt, wo sie anfangen soll zu kopieren. Das Stoppsignal nennt man Terminator, der ebenfalls aus einer bestimmten Nukleotidsequenz besteht und der der RNA-Polymerase zeigt, wo sie aufhören soll zu kopieren. Diese Sequenzen werden von der RNA-Polymerase nicht mitkopiert. Wenn die RNA fertig kopiert wurde, lösen sich die RNA-Polymerase und die mRNA von der DNA und die DNA wird wieder zusammen gesetzt.

RNA-Prozessierung

- Capping

Beim Capping wird der mRNA am 5' Ende ein modifiziertes Guanin Nukleotid angehängt. Dieses Nukleotid schützt die mRNA vor Abbau und ist das Zeichen für die Zelle, dass sie in ein Protein umgewandelt werden soll.

- Polyadenylierung

Bei der Polyadenylierung bekommt die mRNA einen Poly-A-Schwanz, das ist eine lange Kette aus Adenosinphosphatnukleotiden, die an das 3' Ende der mRNA angehängt werden. Diese kann aus bis zu 250 Nukleotiden bestehen. Sie schützt auch vor Abbau wird aber auch nach und nach abgebaut und reguliert so die Lebensdauer der mRNA.

- Editing

Im Editing werden verschiedene Nukleotiden verändert. Damit kann die mRNA andere Proteine codieren, was so die Proteinvelfalt vergrößert.

- Splicing

Beim Splicing werden verschiedene Teile aus der mRNA herausgeschnitten die für die Proteinbiosynthese nicht wichtig sind. Diese ausgeschnittenen Teile werden Intron genannt. Die übrigen Teile werden Exon genannt und werden danach wieder zur mRNA zusammengefügt.

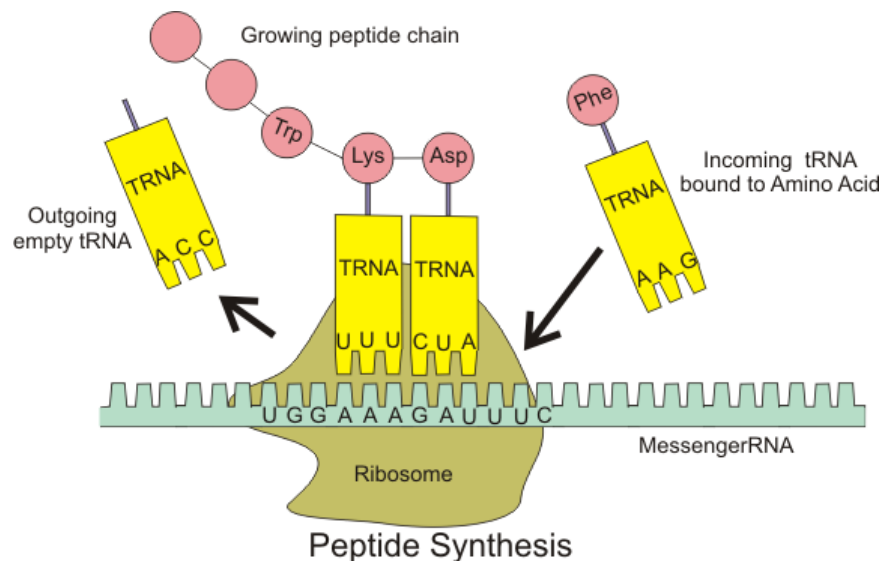
Translation

Bei der Translation wird die mRNA, die zuvor in der RNA-Prozessierung vorbereitet wurde, in ein Protein übersetzt. Ein Protein ist eine lange Kette aus Aminosäuren. Bei der Translation werden jeweils drei Basen in eine Aminosäure übersetzt. Diese drei Basen werden Basentriplett oder Codon genannt. Die Translation einer mRNA in ein Protein findet an einem Ribosom statt. Das Ribosom wandert einmal von 5' zu 3' Ende.

Das Ribosom ist in drei Teile aufgeteilt die Aminoacyl-Stelle (A-Stelle), die Polypeptid-Stelle (P-Stelle) und die Exit-Stelle (E-Stelle). Es befindet sich immer maximal ein Codon an jeder Stelle.

Ein Protein beginnt immer mit der Aminosäure Methionin, sie ist die Start-Aminosäure. Das Start-Codon das für Methionin steht ist Adenin, Uracil und Guanin also A U G. dieses Start-Codon muss sich aber nicht immer am Anfang der mRNA befinden, es kann auch mitten drin sein. Das Ribosom wandert also so lange am mRNA-Strang entlang, ohne etwas zu machen, bis es an ein Start-Codon kommt. Wenn dann das Start-Codon an der A-Stelle des Ribosoms ankommt, setzt sich eine tRNA an dieses

Codon. Eine tRNA besteht auch aus einer RNA. Am unteren Ende dieser RNA befindet sich ein Anti-Codon, also das Gegenstück zum Codon aus der mRNA. Wenn das Codon auf der mRNA aus drei Uracil Basen besteht, dann besteht das Anti-Codon aus drei Adenin Basen. Oben auf der tRNA

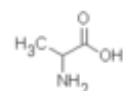
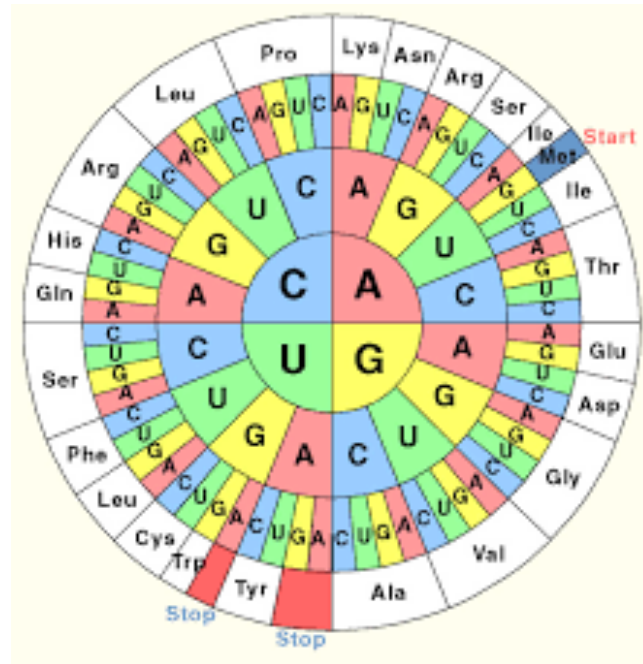


befindet sich die Aminosäure die dem Codon entspricht. Im nächsten Schritt rückt das Ribosom eine Stelle weiter. So sind jetzt das Start-Codon und die entsprechende tRNA auf der P-Stelle. Auf der A-Stelle sitzt jetzt das nächste Codon, an den setzt sich dann eine tRNA mit dem passenden Anti-Codon und Aminosäure. Jetzt nennt man den Zustand des Ribosoms „prätranslatinaler Zustand“. Im nächsten Schritt gibt die tRNA an der P-Stelle ihre Aminosäure ab, die sich dann mit der Aminosäure an der A-Stelle verbindet. Danach wandert das Ribosom wieder 1 Schritt nach vorne, jetzt ist die tRNA ohne Aminosäure an der E-Stelle, wo es sich von der mRNA löst. Der Zustand wird jetzt posttranslatinaler Zustand genannt. Die andere tRNA ist jetzt an der P-Stelle und an das Codon an der A-Stelle setzt sich jetzt wieder 1 passende tRNA, und die Aminosäuren an der P-Stelle verbinden sich wieder an die Aminosäure an der A-Stelle. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange bis an der A-Stelle ein Stopp-Codon ist, dann stoppt der ganze Vorgang. Das fertige Protein wird freigelassen und das Ribosom zerfällt wieder in seine Einzelteile bis es wieder benötigt wird. Es gibt drei Stopp-Codone: UAA, UAG und UGA. Eine mRNA kann mehrmals in ein Protein übersetzt werden bis es durch Nukleasenaktivität abgebaut wurde.

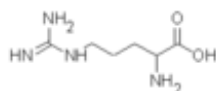
Die Gensonne

Mit Hilfe der Gensonne kann man herausfinden welches Codon welcher Aminosäure entspricht.

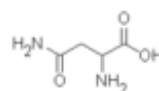
Man liest die Gensonne von innen nach außen. Das heißt beim Codon CUA wäre die Aminosäure Leu also Leucin, bei GAG wäre es Glu (Glutaminsäure), ...



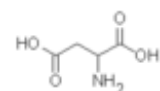
Alanin (Ala)



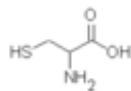
Arginin (Arg)



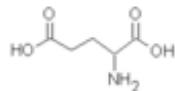
Asparagin (Asn)



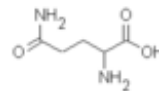
Asparaginsäure (Asp)



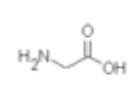
Cystein (Cys)



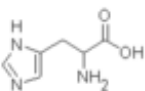
Glutaminsäure (Glu)



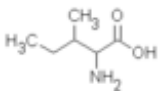
Glutamin (Gln)



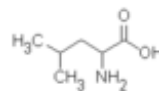
Glycin (Gly)



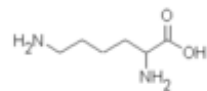
Histidin (His)



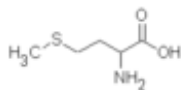
Isoleucin (Ile)



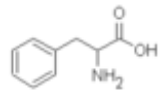
Leucin (Leu)



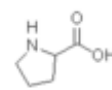
Lysin (Lys)



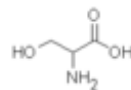
Methionin (Met)



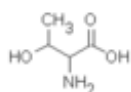
Phenylalanin (Phe)



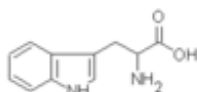
Prolin (Pro)



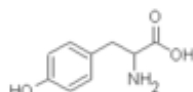
Serin (Ser)



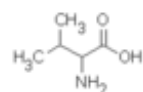
Threonin (Thr)



Tryptophan (Trp)



Tyrosin (Tyr)

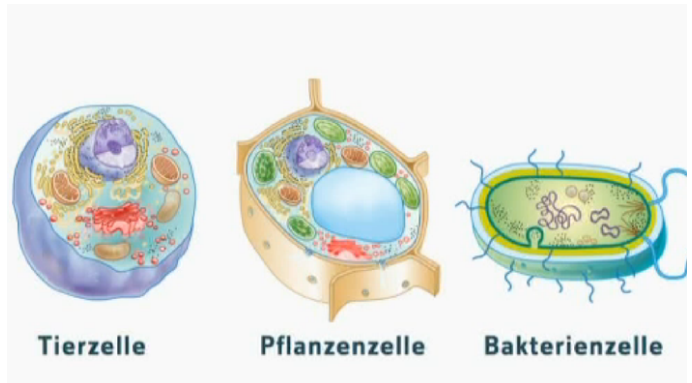


Valin (Val)

Die Zelle

Die Zelle ist die kleinste lebende Einheit aller Organismen. Man unterscheidet

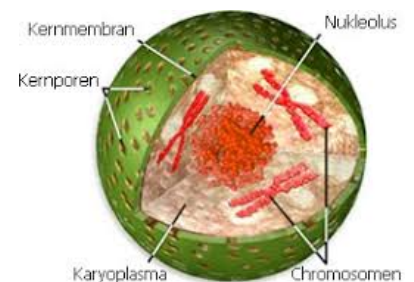
zwischen Einzeller, Mehrzeller und Vielzeller. Abhängig von der Funktion, die eine bestimmte Zelle übernehmen soll, können die Zellen sehr unterschiedlich aussehen. Egal, wie die verschiedenen Zellen auch aussehen und welche unterschiedlichen Funktionen sie erfüllen, sie haben viele Dinge gemeinsam.



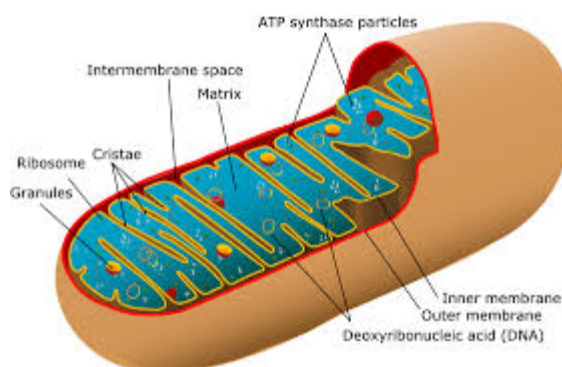
Die Organellen und die Zellmembran

- Zellkern

Der Zellkern ist ein meist rundlich geformtes Organell, welches das Erbgut enthält. Er enthält den Großteil des genetischen Materials in Form von Chromosomen. Er ist sozusagen das Gehirn der Zelle. In ihm finden Prozesse wie die Replikation der DNA, die Transkription der RNA sowie Wachstumsprozesse statt.



- Mitochondrien



Die Mitochondrien gehören zu den selbstvermehrenden Organellen. Sie enthält eine eigene DNA, die aber nicht vollständig ist. Mitochondrien sind das "Energiekraftwerk" der Zelle, in ihnen findet die Oxidation organischer Stoffe, wobei Energie in Form von ATP gespeichert wird.

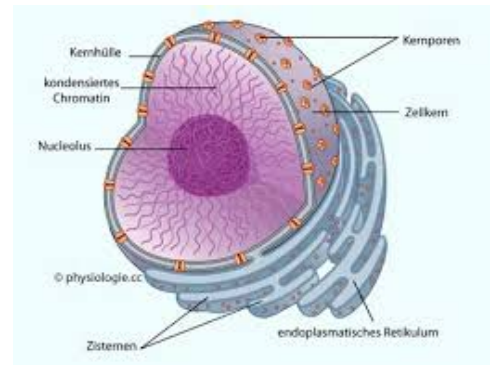
- Plastiden

Die Plastiden existieren nur in Organismen die Photosynthese betreiben, wie Pflanzen und Algen. Sie haben wie die Mitochondrien auch eine eigene nicht vollständige DNA. Das Chloroplast ist die am meisten verbreitete dieser Art. Es dient der Nutzung von Licht zum Aufbau organischer Stoffe und hat alle für die Photosynthese erforderlichen Zellbestandteile.

- Endoplasmatisches Retikulum und Golgi-Apparat

Diese beiden Systeme bestehen aus von Membranen begrenzten Hohlräumen. Ihre Funktionen sind eng miteinander verknüpft.

Das endoplasmatische Retikulum ist sozusagen die Chemie/Proteinfabrik der Zelle und der Golgi-Apparat ist der Postbote der Zelle. Zusammen stellen sie Moleküle her und verteilen sie in der Zelle.



- Vakuole

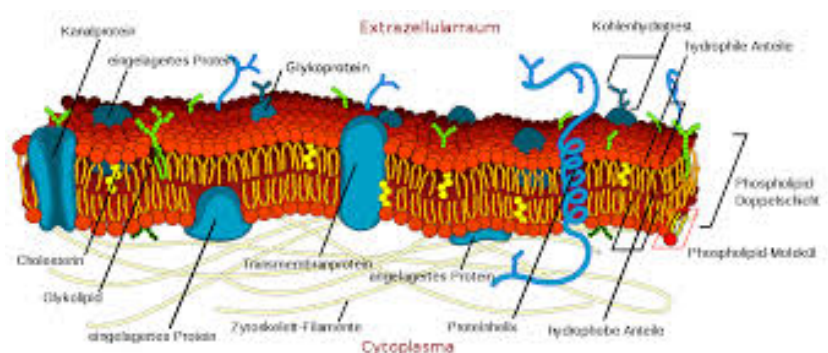
Vakuolen sind große, von einer Membran umschlossene Reaktionsräume, die meist in Pflanzen vorkommen und bis zu 90 % des Zellvolumens einnehmen können. Sie erfüllen sehr viele verschiedene Aufgaben, wie z.B. die Verdauung von Makromolekülen, die Farbgebung der Zelle, die Lagerung toxischer Stoffe und vieles mehr.

- Lysosomen und Peroxisomen

Lysosomen sind winzige Zellorganellen, die von einer Membran umschlossen sind. Sie enthalten hydrolytische Enzyme und Phosphatasen. Ihre Hauptfunktion ist die Verdauung von Fremdstoffen. Peroxisomen fungieren als Entgiftungsapparate. Sie bauen z.B. Fettsäuren oder Alkohol ab.

- Die Zellmembran

Jede Zelle ist von einer Zellmembran umschlossen. Diese Zellmembran trennt die Zelle von der Umgebung und schützt sie so. Durch die



Zellmembran nimmt die Zelle verschiedene Stoffe auf und kommuniziert mit ihrer Umgebung.

- Das Zentrosom

Das Zentrosom befindet sich meist mittig, in der Nähe des Zellkerns. Das Zentrosom bildet nachdem dieses sich geteilt hat den Spindelapparat mit dessen Spindelfasern. Dieses wird benötigt, um die einzelnen Chromatiden voneinander zu trennen. Wie sich ein Zentrosom dupliziert ist bisher noch nicht bekannt.

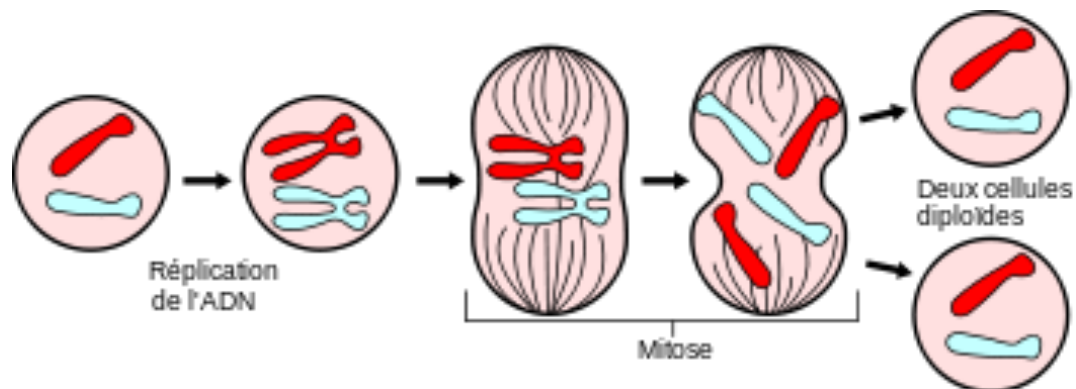
Zellteilung

Bei einer Zellteilung unterscheidet man zwischen zwei verschiedenen Vorgängen:

1) Die Mitose

Bei der Mitose geht es darum, dass die Tochterzellen die gleichen gespeicherten Informationen besitzen wie die Ausgangszelle. Hierbei wird jedes Chromosom in seine Spalthälften (Chromatiden) geteilt. Die Tochterzelle erhält nun einen dieser Chromatidsätze. Nach der Zellteilung verdoppelt sich dieser Chromatidsatz erneut und wird so wieder zu einem kompletten Chromosomensatz.

Mit Hilfe der sogenannten Spindelfasern eines Spindelapparates werden die Chromatiden in die entgegengesetzten Richtungen gezogen. Zuvor jedoch ordnen sich die Chromosomen in einer Ebene in der Zellmitte an. Die Zellteilung erfolgt in vier verschiedenen Phasen:



Prophase:

Die Kernmembran der Zelle löst sich auf. Die Chromosomen spiralisieren sich zu ihrer X-Form. Je zwei Chromatiden zu jeder Seite, verbunden durch einen Punkt, den man als Zentrosom bezeichnet.

Metaphase:

Das Zentrosom teilt sich und bildet den Spindelapparat mit den Spindelfasern. Die Chromosomen ordnen sich in der Zellmitte in einer Ebene an. Diese Ebene nennt man Äquatorialebene.

Anaphase:

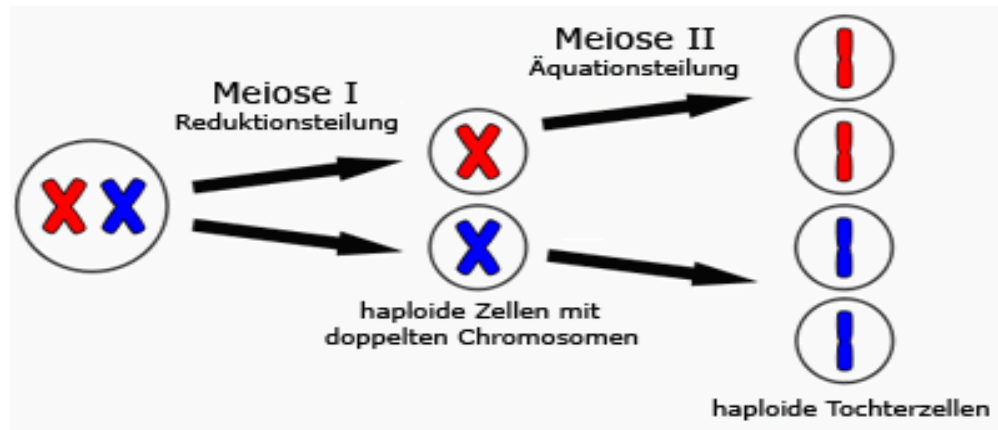
Jedes einzelne Chromosom teilt sich in zwei Chromatide. Diese werden von den Spindelfasern in entgegengesetzte Pole gezogen.

Telophase:

Die Chromatiden entspiralisieren und verdoppeln sich, so dass wieder ein kompletter Chromosomensatz vorhanden ist. Eine neue Kernmembran und Zellmembran werden gebildet. Aus einer Zelle wurden zwei komplett identische Zellen.

2) Die Meiose

Bei der Meiose geht es darum, aus einem kompletten (diploiden) Chromosomensatz, einen reduzierten, geteilten (haploiden) Chromosomensatz zu erhalten. Dies geschieht nur bei der Bildung der Geschlechtszellen, da diese sonst bei der Verschmelzung von Eizelle und Spermazelle zu einer neuen Zelle (Zygote) einen doppelten Chromosomensatz hätten.



Auch die Meiose wird wie die Mitose in vier Phasen eingeteilt:

Prophase:

Die Chromosomen spiralisieren sich zur X-Form. Die Kernmembran wird aufgelöst. Die gleichen (homologen) Chromosomenpaare ordnen sich zusammen, sodass ein Bündel von vier Strängen zu erkennen ist (so wie die Chromatiden eines Chromosomenpaares). In diesem Stadium kann ein Austausch zwischen väterlichen und mütterlichen Chromosomen stattfinden, durch den das Erbgut vermischt wird.

Metaphase:

Ausgehend durch die Teilung des Zentrosoms bildet sich der Spindelapparat mit dessen Spindelfasern. Die Chromosomenpaare ordnen sich in einer gleichen Ebene in der Zellmembran an.

Anaphase:

Von jedem Chromosomenpaar wird je eines in die entgegengesetzte Richtung gezogen. Dadurch werden die homologen Chromosomen voneinander getrennt. Deren Verteilung (väterlich und mütterlich) erfolgt total willkürlich.

Telophase:

Die neue Kernmembran und Zellmembran entstehen. Diese neuen Zellkerne besitzen nun einen haploiden Chromosomensatz. Dieser 1. Reifeteilung (Reduktionsteilung) folgt noch eine 2. Teilung, die einer

Mitose entspricht. Durch diese beiden Reifeteilungen erhält man aus einer diploiden Zelle vier haploide Zellen mit nur einem halben Chromosomensatz.

Interessant zu wissen ist, dass bei der mütterlichen Seite nur eine dieser Zellen (Eizelle) genutzt wird. Die anderen 3 haploiden Zellen sterben ab. Bei der väterlichen Seite werden alle vier haploiden Zellen zur Weitervererbung (Spermien) genutzt.

Gen / Chromosomenanomalien beim Menschen

Was versteht man unter einer –Anomalie

Eine Anomalie bedeutet eigentlich nichts weiter als eine Abweichung vom Üblichen. In diesem Bereich handelt es sich meist um einen fehlerhaften Aufbau (Anomalie) im Chromosomensatz.

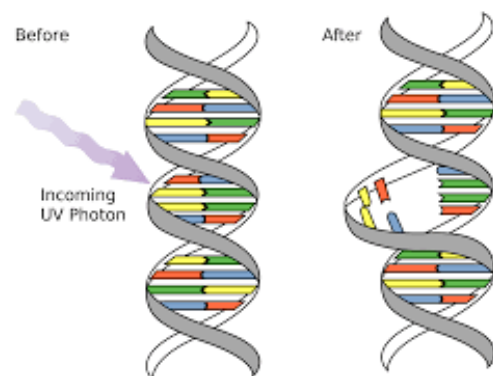
Mutationen – Mutationsformen

Bei der Zellteilung werden die vorhandenen Informationen an die Tochterzellen weitergegeben. Hierbei können allerdings Veränderungen, sogenannte Mutationen auftreten. Auch Mutagene, also Substanzen, die der Körper aufnimmt (Tabak, Kohlenmonoxid, Radioaktivität, UV-Strahlen, Röntgenstrahlen, ...) können Mutationen hervorrufen. Da bei der DNA-Replikation sehr viele und komplexe Schritte nötig sind, gibt es auch etliche Möglichkeiten wie es zur Veränderung der Erbinformation kommen kann.

Man unterscheidet zwischen: Genmutation, Chromosomenmutation und Genommutation

Genmutation

Genmutationen werden durch die Veränderung der DNA hervorgerufen und betreffen nur dieses eine Gen. Eine einzelne Nukleotid-Base wird entweder verändert oder eine Base zu viel oder zu wenig eingebaut bei der Verdopplung der Information (DNA-Replikation)



Chromosomenmutation

Bei der Chromosomenmutation handelt es sich um Veränderungen in den Chromosomen, die durch Brüche, Verluste oder Austausch ganzer Regionen eines Chromosoms entstehen. Hierbei handelt es sich also um größere Mengen der DNA, mit unterschiedlicher Genzahl, die von diesen Mutationen betroffen sind.

Genommutation

Bei der Genommutation spricht man von der Veränderung der Chromosomenanzahl. Dies geschieht bei einer fehlerhaften Verteilung der Chromosomen während der Zellteilung. Geschieht dies, kann es zu schweren Schädigungen kommen.

Genetische Krankheiten

Aufgabe einer Zelle ist es Proteine herzustellen, zum einen für sich für ihren eigenen Bedarf. Hierbei handelt es sich unter anderem um Enzyme. Zum anderen für den gesamten Körper, hierbei handelt es sich um die Bildung von Hormonen, Neurotransmittern, ...

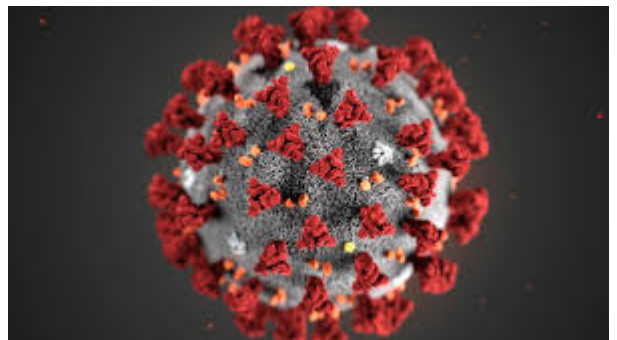
Die Gentherapie handelt auf 2 Ebenen. Bei der ersten werden Gene gebildet, die die fehlenden oder „vergessenen“ Funktionen ersetzen. Bei der 2. Methode geht es darum, unerwünschte Aktionen zu unterdrücken oder ganz zu blockieren.

Die Gentherapie wird vor allem dort eingesetzt, wo medikamentöse Behandlungen nicht anwendbar sind. Die Gentherapie greift in die Information einer Zelle ein, nicht direkt in deren Funktion.

Der Träger „Vektor“ der „neuen Zelle“ muss so gebildet sein, dass er nicht vom Immunsystem angegriffen wird, selbst nicht angreift und leicht herstellbar ist. Am wichtigsten ist jedoch, dass der Vektor die Fähigkeit besitzt seine eigene genetische Information in der Zelle zu deponieren ohne dass die erwünschte therapeutische DNA Sequenz zerstört wird.

Bei 75% der klinischen Versuche werden Viren als Vektor „Träger“ benutzt.

Die Hauptschwierigkeit besteht also darin, die DNA Sequenz zu komprimieren und diese in die Zelle einzuschleusen. Die dazu verwendeten Viren werden genetisch so manipuliert, dass diese die Immunsystem aktivierenden Eigenschaften verlieren. Der große Vorteil an Viren ist, dass diese sich naturgegeben in die Zelle einschleusen um sich dort durch Freisetzung ihres eigenen Genetischen Cod's zu vermehren.



Einteilung der Chromosomenmutationen

Bei einer Chromosomenmutation oder bei einer Chromosomenanomalie handelt es sich um eine fehlerhafte Struktur eines Chromosoms.

Insgesamt gibt es fünf Arten von Chromosomenmutationen:

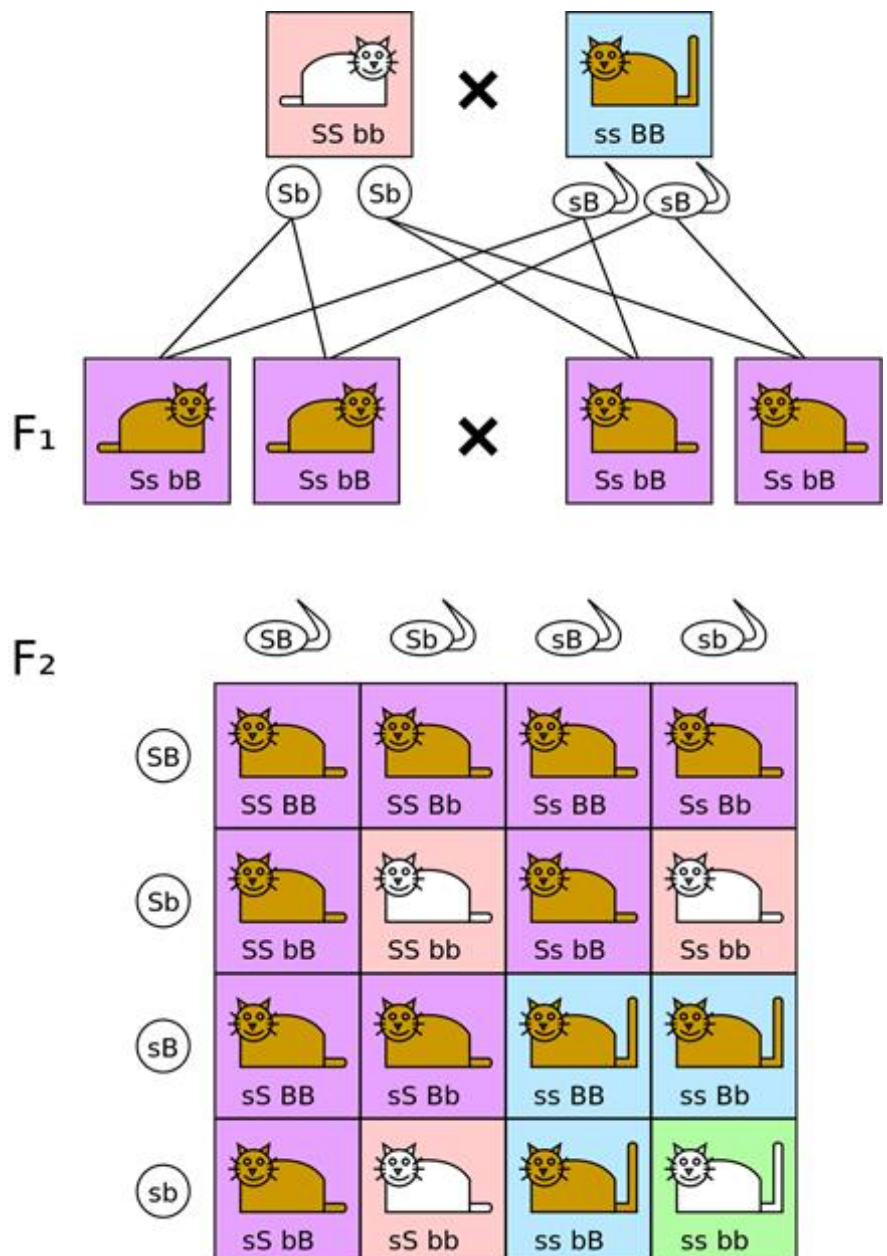
| <u>Arten</u> | <u>Problem</u> | <u>ausgelöste Krankheit</u> |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Deletion | Ein Teilstück des Chromosoms geht verloren. | Chondrodysplasia punctata durch X-chromosomale Deletion Nablus-mask-like-facial-Syndrom Partielle Deletion: Katzenschrei-Syndrom |
| <ul style="list-style-type: none"> • Translokation | Chromosomen können auseinanderbrechen und dabei Teilstücke verlieren, welche an das Chromatid eines anderen Chromosoms angeheftet werden. | Akuten myeloischen Leukämie Translokations-Trisomie 21 Burkitt-Lymphom |
| <ul style="list-style-type: none"> • Duplikation | Ein Abschnitt des Chromosoms ist doppelt vorhanden, da ein auseinandergebrochenes Teilstück in das Schwesterchromatid eingegliedert wurde | Trisomie 5p MECP2 Syndrom |
| <ul style="list-style-type: none"> • Inversion | Innerhalb eines Chromosoms kann sich nach einem doppelten Bruch ein Stück wieder umgekehrt einfügen. | Isodizentrisches Chromosom 15 Katzenaugen Syndrom |
| <ul style="list-style-type: none"> • Insertion | Hier besitzt ein Chromosom ein zusätzliches Teilstück | |

Vererbung der Gene

Mendel'sche Vererbung

Georg Mendel (1822 - 1884) lebte als Mönch in einem Kloster. Da seine finanzielle Situation ihm nicht erlaubte studieren zu können als, Sohn von Bauern, trat er im Alter von 20 Jahren dem Augustinerkloster in Brunn bei. Er war ein begeisterter Naturwissenschaftler. Die Mönche dieser Zeit verdienten ihr Geld als Lehrer am Gymnasium. Im Kloster bekam er die Gelegenheit für ein Studium in Physik, Statistik und Botanik an der Universität in Wien. Nach dem Studium kehrt er ins Kloster zurück. Für seine Forschungsobjekte wählte er die Erbsenpflanze. Bei dieser gab es klare definierbare Kennzeichen: gros- oder kleinwüchsig, gelbe oder grüne

Keimblätter, runde oder kantige Samen, Weise oder Violetten Samen. Mendel gab Acht erst mal „reine Linien“ zu züchten, mit klaren Kennzeichen über mehrere Generationen. Im Laufe von 8 Jahren schätzt man, dass er mindestens 28000 Pflanzen gezogen hat und davon mehr als 1000 genauer untersucht hat. Bei der Bestäubung der Pflanzen überließ er dies nicht den Bienen, sondern übertrug die Pollen selbst auf die ausgewählten Fruchtknoten. Die Keimzellen jeden Elternteils, also Pollen oder die Eizellen im Fruchtknoten – in Mendels Sprache „Merkmale“ für jeweils eine der beiden beobachteten Eigenschaften, rund oder kantig. Bei der Befruchtung erwirbt der entstehende Organismus ein Merkmal von jedem Elternteil, und dabei steht oft eines der beiden Merkmale im Vordergrund, das man in der Biologie als dominierend „dominant“ bezeichnet. Das



andere „Merkmal“ tritt zurück, oder ist „rezessiv“. Bei der Reifung der Keimzellen werden diese „Merkmale“ wieder aufgeteilt, wobei jede Keimzelle wieder nur ein „Merkmal“ erhält. Bei der Befruchtung vereinigen sich zwei Keimzellen mit ihren jeweiligen „Merkmalen“ nach den Regeln der Statistik – Damit wird das Aussehen der Nachkommen ziemlich voraussagbar im Verhältnis 3:1. Er starb im Alter von 62 Jahren.

Die Gesetze von Georg Mendel :

Folgende Regeln betreffend die Vererbung wurden festgelegt

1. Die Einheitlichkeit von Hybriden der ersten Generation

Wenn wir zwei Individuen derselben Art kreuzen, die in Bezug auf ein Merkmal homozygot sind, sind alle Nachkommen der ersten Generation die als Hybride F1 bezeichnet werden, in Bezug auf dieses Merkmal identisch, das heißt alle heterozygot. Mit anderem Wort, in F1 erscheint keine Zwischenform, wenn die „Eltern“ aus reinem Bestand sind.

2. Reinheit des Genotyps von Gameten

Erbinformationen trennen sich bei Gameten; Erbfaktoren trennen sich bei Gameten. Ein Gamet enthält nur einen Faktor jedes Charakters. Infolgedessen überträgt ein übergeordneter Gamet nur eines der beiden Allele, die der Elternteil besitzt, an einen bestimmten Nachkommen.

3. Unabhängige Trennung erblicher Merkmale

Wenn sich zwei Elternteile durch mehrere Zeichen unterscheiden, werden diese unabhängig voneinander an die Nachkommen weitergegeben. Diese Regel gilt nur, wenn sich die für die Merkmale verantwortlichen Gene auf verschiedenen Chromosomen befinden oder wenn sie auf demselben Chromosom entfernt sind.

CRISPRE / Cas9

Was ist CRISPRE / Cas9 und was macht es so besonders?

Diese neue Technologie ist ein Meilenstein in der Genetik, der die Welt verändern wird. CRISPRE ist eine Genschere, die bis jetzt noch ungeahnte Möglichkeiten mit sich bringt und revolutionär ist.

Schon in den 1960er, als man die DNA entdeckte, fing man damit an, Lebewesen mit radioaktiver Strahlung zu bestrahlen, um durch zufällige Genmutationen ein Lebewesen mit erwünschten Fähigkeiten zu erzeugen. Außerdem injizierte man fremde Genschnipsel in andere Lebewesen und Zellen umso ihr Erbgut zu verändern. Doch fast alle dieser Methoden waren riskant, teuer und ungenau. Doch das änderte sich schlagartig mit der Entdeckung von CRISPRE/Cas9, innerhalb von Wochen fielen die Preise um 99% für die Veränderung des Genetischen-cods von Lebewesen und die Methode war so genau, dass es zu fast keinen Fehlen mehr kam. Durch diese Vorteile hat nun jedes Labor diese Möglichkeit die DNA zu bearbeiten. Doch es gibt auch Bedenken zu Sicherheit dieser Teschnik.

Woher kommt und wie funktioniert Crispre / Cas9 ?

CRISPRE (**C**lustered **R**egularly **I**nterspaced **S**hort **P**alindromic **R**epeats) entstammt einem Krieg, der schon seit Urzeiten auf der Erde wütet, nämlich dem Krieg von Bakterien gegen Bakteriophagen, die jeden Tag 40% der Bakterien im Meer ausrotten. Phagen tun das, indem sie ihre eigene Virus-DNA in das Bakterium injizieren, es damit unterwerfen und es so zu einer Phagen Fabrik umbauen. Die meisten Bakterien tun alles in ihrer machtstehende, verlieren aber meistens. Manchmal kann es aber passieren, dass die Bakterien den Angriff überleben und aktivieren so ihre effektivste Waffe gegen Viren. Sie bewahren einen Teil der Virus DNA in ihrem eigenen genetischen Cod auf, in einem Archiv das CRISPRE genannt wird. Dort wird sie sicher aufbewahrt bis sie wieder gebraucht wird. Wird das Bakterium nun wieder von einem Virus angegriffen so macht es eine RNA Kopie der Viren



DNA und setzt sie in das Protein Cas9 ein. Dieses Protein sucht dann, das ganze Bakterium nach Anzeichen des Virusses ab, indem es jedes DNA-Stück, das es finden kann mit der DNA vergleicht. Findet das Protein ein 100% Gegenstück wird es aktiviert und herausgenommen so ist das Virus machtlos und das Bakterium ist sicher.

Dieses Prinzip lässt sich sehr einfach für uns umwandeln, um die DNA ganzer Lebewesen zu bearbeitenhallo.

Einsatz der Genetik

Die Genetik ist ein Gebiet mit noch ungeahnten Möglichkeiten. Durch die Verwendung der Genetik könnte mal viele Probleme lösen und so die Menschheit revolutionieren.

- Der genetische Fingerabdruck

Nicht nur der Fingerabdruck von uns Menschen ist einzigartig, sondern auch unsere DNA. So wie an einem Tatort Fingerabdrücke festgestellt werden, können die Genetiker mit Hilfe von einer DNA-Sequenzen einen genetischen Fingerabdruck bestimmen und diesen dann mit anderen DNA-Sequenzen abgleichen. Diese Technik wird z.B. auch bei Vaterschaftstests verwendet, um so den genetischen und leiblichen Vater zu ermitteln.

- Züchtung

1. Hierbei werden fremde Gene oder fremde DNA bei Pflanzen und/oder Tieren eingeschleust. Dadurch kann sich ein gewisses Merkmal (Phänotyp) verändern.

Ein viel diskutiertes Beispiel ist der genmanipulierte Mais, der ertragreicher und widerstandsfähiger ist als herkömmliche Maissorten. Viele Menschen fürchten jedoch die ungeahnten Nebenwirkungen solcher Pflanzen. Wie wirken diese sich auf die Gesundheit von Tieren und Menschen aus. Dies beginnt bereits bei den Bienen, die den Nektar der genmanipulierten Pflanzen aufnimmt und später im Bienenstock wieder abgibt. Wenn dieser dann zu Honig verarbeitet wurde, hat man eigentlich ein Produkt von genmanipulierten Pflanzen zu sich genommen. Hat dies einen Einfluss auf die menschliche Gesundheit?



2. Eine weitere Methode die Gene zu nutzen, liegt in der gezielten Züchtung durch Vererbung verschiedener Merkmale. So entstanden z.B. im Laufe der letzten Jahrhunderte etliche neue Hühnerrassen und Hunderassen durch gezielte Kreuzung. Anderer Tiere, wie z.B. Schweine wurden so gezüchtet, dass sie immer schwerer werden, damit der Mensch mehr Fleisch nutzen kann.

- Medizin:

In der Medizin wird immer mehr mit Gentechnik gearbeitet. Dies betrifft sowohl die Forschung, als auch die Diagnostik, wie auch die Therapieansätze.

- *Forschung:*

Die DNA verschiedenster Lebensformen werden erforscht. Hinzu kommt, dass dieser Bereich der Wegweiser für die Diagnostik sowie die Therapieansätze liefert. Hierbei geht es auch um die Weitervererbungslehre von Prädispositionen resp. Erkrankungen, ...

- *Diagnostik:*

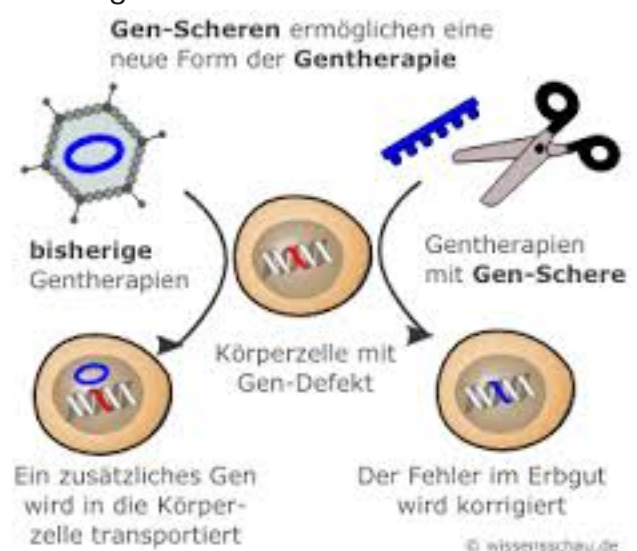
Bei der Diagnostik geht es darum, verschiedene Genmutationen oder Erkrankungen zu erkennen und dementsprechend den Therapieansätze zu definieren. Bei einem Gentest kann man abnorme Blutproteine und Chromosomen, aber auch DNA-Mutationen feststellen. So werden z.B. in Luxemburg bei jedem Neugeborenen Blut für Gentests abgenommen und auf ca. 50 seltene Erbkrankheiten zu untersuchen. Durch diese Maßnahmen entstehen durch entsprechende Ernährung oder Medikation viele dieser Krankheiten gar nicht erst resp. bleiben ohne Folgen für den Betroffenen.

- *Therapieansätze:*

Hierbei geht

es darum, eine möglichst passende Behandlung anbieten zu können. Zum Teil kann dies in naher Zukunft auch über verschiedene Methoden, wie z.B. Crispre – Cas9 vonstattengehen. Auch Methoden wie iPS (induzierte, pluripotente, Stammzellen) bei der aus Stammzellen alle möglichen Arten von Zellen „gezüchtet“ werden können, gehören dazu.

Des Weiteren werden in der Gentherapie modifizierte Viren genutzt, die Fremdgene (erwünschte, nützliche Gene mit wünschenswerter Wirkung) in Patientenzellen einschleusen. So werden bestimmte Gene auch induziert, bei denen bewiesen wurde, dass diese Tumoren entgegenwirken.



- *Organe:*

Genetische Veränderung von Tieren, dass deren Organe sich zur Transplantation in den Menschen eignen

DNA Extraktion

Versuchsbericht

- Fragestellung

Wie extrahiert man DNA aus einem Lebewesen, wie z.B. einer Tomate ?

- Materialien

- Tomaten
- 0.5g Kochsalz
- 25 ml Zitronensaft filtriert
- 5 ml Spülmittel
- Wasser
- Küchenmesser
- Mörser
- Kaffeefilter
- 6 ml Brennspritus
- Reagenzglas mit Pfropfen
- Zahnstocher

- Versuchsdurchführung

1. Ein Viertel einer Tomate wird mit einem Küchenmesser in kleine Stücke geschnitten, welche dann in eine Mörserschale gegeben werden. Außerdem wird der Extraktionspuffer aus dem Kochsalz, dem Zitronensaft, dem Spülmittel und dem Wasser zubereitet. Dieser wird dann mit der Tomate ca. 1 Minute gründlich gemörser. Der Inhalt des Mörsers wird dann durch den Kaffeefilter in ein Glas getropfelt
 2. Im Nächsten Schritt wird eine Menge von 1,5 ml der filtrierten Flüssigkeit mit 1,5 ml Wasser und dem Brennspritus in einem Reagenzglas vermengt. Dieses Reagenzglas muss dann mit einem Stopfen ein paar-mal umgedreht werden. Mit einem Zahnstocher kann man nun die DNA aus der Flüssigkeit entnehmen.
- Versuchsbeobachtung



In der letzten Phase des Experiments kann man sehen wie sich ein glibberiger Schleim aus der Flüssigkeit löst.

- Erklärung der verschiedenen Zutaten

- Spülmittel

In einem ersten Schritt muss die DNA aus dem Zellkern befreit werden. Der Mörser reißt die Zellen auseinander und bricht sie teilweise auf. Mit dem Spülmittel und der Säure der Zitrone wird nun die Zell- und die Kernhülle aufgelöst.

- Salz und Wasser

Wasserteilchen sind zwar nicht elektrisch geladen, sie haben aber eine Polarität. Das heißt, innerhalb des Wasserteilchens gibt es eine Seite, die mehr positiv und eine andere Seite, die mehr negativ geladen ist. Durch diese Polarität kann sich die mehr positive Seite des Wassers an die negativ geladene DNA lagern und macht sie somit löslich. Durch die Zugabe von Salz wird die Löslichkeit der DNA noch höher. Sie kann problemlos durch den Kaffeefilter fließen.

- Brennspritus

Der Brennspritus hat keine solche Polarität wie Wasser. Durch die Zugabe von Brennsprit wird DNA unlöslich und beginnt so zu verklumpen.



Glossar:

- Phänotyp und Genotyp

Genotyp

Als Genotyp bezeichnet man die Gesamtheit der Gene also die Genetische Ausstattung eines Lebewehsens.

Phänotyp

Als Phänotyp bezeichnet man die Merkmale die Ausgeprägt
sind also die die man sieht

Durch den Genotyp kann man bestimmen wie der Phänotyp sein wird aber nicht umgedreht

- Keimzellen (Gamete)

Keimzellen bzw. Gameten sind Zellen, die in den Geschlechtsorganen erzeugt werden und der Fortpflanzung dienen.

- mRNA

Die mRNA auch Messenger RNA genannt ist eine Kopie eines bestimmten Abschnittes der DNA, mit dem die verschiedenen Teile der DNA innerhalb der Zelle versendet werden.

- Nukleasen Aktivität

Nukleasen sind eine Gruppe von Enzymen, deren hauptsächliche Funktion im Abbau von Nukleinsäuren besteht.

- Gen / Allele

Ein gen ist ein bestimmter Abschnitt auf der DNA, der eine Bauplan für ein bestimmtes Merkmal beinhaltet. Jedes Lebewesen hat mehrere Gene verschiedene Arten dieses Gens die man Allele nennt. Es gibt dabei rezessive und dominante Allele

- Homozygot und heterozygot

Homozygot und heterozygot beziehen sich ausschließlich auf den Genotyp

Homozygot

Homozygot bedeutet, nur eine Allel Art im Genotyp (aa oder AA)

Heterozygot

Homozygot bedeutet, unterschiedliche Allele im Genotyp (aA oder Aa)

- Pseudogene

Pseudogene sind DNA-Abschnitte, die zwar wie ein Gen aufgebaut sind, jedoch nicht mehr als Vorlage für ein funktionales Protein dienen.

- Wasserstoffbrückenbindungen

Wasserstoffbrückenbindungen auch H-Brücken genannt sind die stärksten unter den dipol-dipol Wechselwirkungen, trotzdem sind sie schwächer als kovalente- und Ionenbindungen. Sie entstehen, wenn Wasserstoff an eines der Elektronegativen Elemente gebunden wird, das sind Fluor (Flusssäure), Sauerstoff (Wasser), Chlor (Salzsäure), Stickstoff (Ammoniak).

- Proteine und Enzyme

Proteine

Ein Protein auch Eiweiß genannt ist ein Biologisches Makromolekül, das aus Aminosäuren aufgebaut ist. Sie dienen der Zelle als molekulare „Werkzeuge“ und erfüllen je nach der besonderen Struktur unterschiedliche Aufgaben.

Enzyme

Ein Enzym ist ein fast immer ein Protein das bioschemischen Reaktionen katalysiert also Beschleunigt durch herabsetzen der Aktivierungsenergie.

Quellen:

Trapé 18/19 (Wie kommt die Luft in die Paprika)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Genetik>

Der menschliche Körper (ISBN 978-3-7886-2900-7)

Genetik für Dummes (ISBN 978-3527707096)

<https://www.youtube.com/watch?v=Ee3WaE4XPWw>

<https://www.youtube.com/watch?v=IWBnQWxJ4iw>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Genom>

<https://studylibde.com/doc/1787431/genetischer-ereigniskalender>

<https://www.simplyscience.ch/teens-experimente-koerper-gesundheit/articles/dns-isolation-aus-tomaten.html>

<https://www.frustfrei-lernen.de/biologie/chromosomen.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Aminos%C3%A4uren>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Chromosomensatz>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Cystein>

https://www.google.com/search?q=gen+sonne&rlz=1C1GCEU_enLU883&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjziOSbyvHmA1AKHVFTBRoQ_AUoAXoECBIQAw#

<https://de.wikipedia.org/wiki/Protein>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Schemazeichnung_Mitose.svg

https://media.springernature.com/lw785/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-658-15304-5_1/MediaObjects/430596_1_De_1_Fig39_HTML.gif

Lernwerkstatt Genetik und Vererbung (ISBN 978-3-86632-321-6)

Les Collections de Science et Unives (Numéro 3) Génétique et Épigenétique

CRISPR/Cas9 (ISBN 978-3-662-57440-9)

Eine kurze Geschichte der Genetik (ISBN 978-3-662-53554-7)

Genetik 2. Auflage (ISBN 973-3-13-241901-8)

Genetik In 30 Sekunden 50 Meilensteine der Genetik (ISBN 978-90-8998-881-2)

Eingriff in die Evolution (ISBN 978-3-662-57444-7)

Pour la Science Hors-Serie (N°103 Qui sommes-Nous ?)

Warum Erbsen rund sind (ISBN 978-3-494-01459-3)

Fluch oder Segen? (ISBN 978-3-957-53432-3)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Chromosomenmutation>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZA1GutJGbg>

<https://www.spektrum.de/wissen/gen-editing-die-5-wichtigsten-fragen-zu-crispr-cas9/1441060>

https://www.youtube.com/watch?v=fTyoxD_-xEQ+

<https://flexikon.doccheck.com/de/Keimzelle>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nukleasen>

<https://www.youtube.com/watch?v=3IqGJCUnRZo>

<https://www.youtube.com/watch?v=pnMpdkk4IA>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Protein>

<https://www.youtube.com/watch?v=RcHZUhzK7kY>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Pseudogen>

Bilder

1. <https://hpd.de/artikel/dna-tests-und-politik-16097>
2. <http://lernblaetter9b.blogspot.com/2010/10/bio-lernblatt-modulararbeit.html>
3. <https://www.wikiwand.com/de/Chromosomensatz>
4. <https://de.wikipedia.org/wiki/Desoxyribonukleins%C3%A4ure>
5. <https://www.shutterstock.com/fr/image-vector/vector-scientific-icon-spiral-rna-illustration-1145441705>
6. <https://abitur-wissen.org/index.php/biologie/genetik/35-genetik-proteinbiosynthese-transkription-und-translation>
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Transfer_RNA
8. http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/5/bc/vlus/gen_protein.vlu/Page/vsc/de/ch/5/bc/gen_protein/genet_code.vscml.html
9. <https://de.wikipedia.org/wiki/Aminos%C3%A4uren>
10. https://www.planet-wissen.de/natur/mikroorganismen/bakterien_urkeime_helfer_erreger/pwiedieverschiedene_nzelltypen100.html
11. <https://de.wikipedia.org/wiki/Mitochondrium>
12. <http://physiologie.cc/l.1.htm>
13. <https://de.wikipedia.org/wiki/Zellmembran>
14. <https://de.wikipedia.org/wiki/Mitose>
15. <http://www.biologie-schule.de/meiose.php>
16. https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:DNA_UV_mutation.svg
17. https://www.google.com/search?q=Virus&rlz=1C1CHBF_deLU861LU861&sxsrf=ALeKk03J_VOrTnpPcfoFujr9lvRDDkHYhw:1588255293437&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj3n8-EqJdpAhUpsaQKHVvSD7EQ_AUoAXoECAsQAw&biw=843&bih=1319#imgsrc=pD6DWSkCzRzCeM

18. <http://www.biologie-schule.de/unabhaengigkeitsregel.php>
19. https://www.youtube.com/watch?v=ZAz1GutJGbg&feature=emb_logo
20. <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/gmo-ia.html>
21. https://lh3.googleusercontent.com/GdR-5YX7XHl4iZZUYSbHSfwmHOXFuA2oGdRS_tF5tYLZ91yGSc1gqKfXaTsvIzHEYJxX=s96
22. Philippe Kieffer privat
23. Philippe Kieffer privat