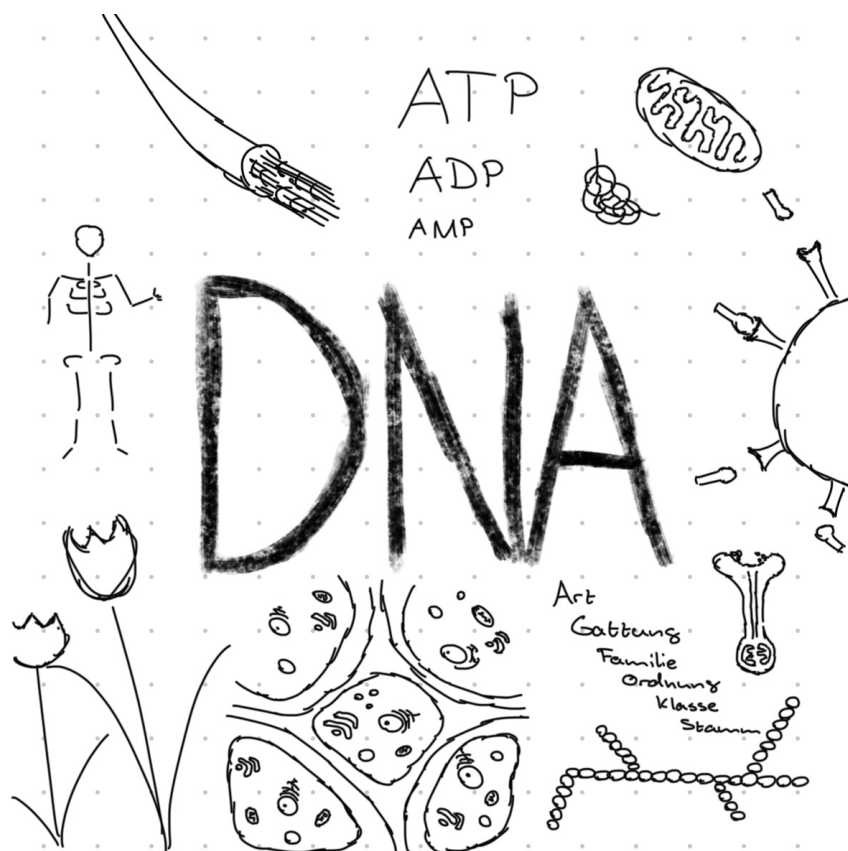

Wissenschaften fürs Gymnasium



Übersicht der Biologietheorie

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
0.1 Allgemein	4
0.2 Informationen zum Biologieunterricht	4
1 Botanik	5
1.1 Die Reiche von Lebewesen und Pflanzen	5
1.2 Tierische und pflanzliche Zellen	5
1.3 Photosynthese	5
1.3.1 Aufbau eines Laubblatts	6
1.4 Blüten und deren Bestäubung	7
1.5 Samen und Früchte	8
1.6 Kulturpflanzen	9
1.6.1 Pflanzenveredelung	10
2 Zoologie	11
2.1 Wirbeltierskeletten	11
2.2 Häute der Wirbeltiere	11
2.3 Systematik	12
3 Humanbiologie	13
3.1 Zellbiologie	13
3.1.1 Zellatmung	15
3.2 Molekularbiologie	16
3.2.1 Kohlenhydrate	16
3.2.2 Proteine	17
3.2.3 Enzyme	18
3.2.4 Lipide	18
3.2.5 Nukleinsäure	18
3.3 Mikrobiologie	19
3.3.1 Viren	21
3.4 Muskel	21
3.5 Immunsystem	24
3.6 Nervensystem	25
3.6.1 Das Nervensystem steuert Bewegungen	28
3.6.2 Vegetatives Nervensystem	31
3.7 Neurobiologie	32
3.8 Endokrinologie (Hormone)	32
3.8.1 Blutzuckerregulation	33
3.9 Genetik	34
3.9.1 Molekulargenetik	34
3.9.2 Klassische Genetik	40
3.9.3 Genetische Diagnostik	45
3.10 Humanevolution	50
3.10.1 Zeitliche Einordnung und Definitionen der Humanevolution	52
3.10.2 Mimese, Mimikry, Koevolution	53
A Anhang	54
Allgemeinwissen	54

Abbildungsverzeichnis

0.2.1	Teile des Mikroskops	4
1.2.1	Tierische Zelle	5
1.2.2	Pflanzliche Zelle	5
1.3.1	Aufbau eines Laubblatts	6
3.1.1	Schematischer Aufbau von Adenosintriphosphat (ATP)	14
3.2.1	Bausteine der Nukleinsäure	18
3.2.2	Aufbau von Nukleinsäure	18
3.2.3	Die Basen, wobei es Thymin nur bei DNA und Uracil nur bei RNA gibt.	19
3.3.1	Formen von Bakterien	19
3.3.2	Aufbau von Bakterien	19
3.3.3	Aufbau von Viren	21
3.3.4	Vermehrung von Viren	21
3.4.1	Skelettmuskel im Lichtmikroskop	22
3.4.2	Aufbau Sarkomer	22
3.4.3	Skizze: Skelettmuskel	22
3.4.4	Aufbau Sarkomer	23
3.6.1	Beschriftung: Gehirn / Rückenmark	25
3.6.2	Beschriftung: Gehirn / Rückenmark	25
3.6.3	Aufbau einer typischen Nervenzelle	26
3.6.4	Aufbau eines Nervs	26
3.6.5	Aufbau: Synapsen	27
3.6.6	Aufbau: Gehirn	30
3.6.7	Lokalisierung: Motorisches und somato-sensorisches Rindenfeld	31
3.8.1	Adenohypophyse	33
3.9.1	Aufbau der Chromosomen	34
3.9.2	Ablauf der Meiose	37
3.9.3	Intrachromosomale Rekombination (Crossing over)	38
3.9.4	Sichelzellanämie	39
3.9.5	Pränatale Untersuchung aus dem Fruchtwasser (Amnion)	45
3.9.6	Pränatale Untersuchung aus der Zottenhaut (Chorion)	45
3.9.7	Pränatale Untersuchung (nicht-invasiv)	46
3.9.8	Postnatale Untersuchung durch personalisierter Medizin	46
3.9.9	ex vivo- und in vivo-Verfahren der Gentherapie	47
3.9.10	Klassische Gentechnik [Übersicht](1. Ansatz)	47
3.9.11	Klassische Gentechnik [Grundoperation](2. Ansatz)	49
3.9.12	Klassische Gentechnik [Übersicht 2](4. Ansatz)	49
3.9.13	CRISPR/Cas9 Prozess	50
3.10.1	Arten der Selektion (nur Graphen beachten)	52
3.10.2	Homininenstammbaum	52

Tabellenverzeichnis

0.2.1	Vergößerungen beim Mikroskopieren	4
1.4.1	Fortpflanzungsbiologische Begriffe	7
1.4.2	Windblüter und Insektenblüter	8
3.9.1	Bedeutung für die klassische Gentherapie	48

Quellenverzeichnis

Puntschart, Dr. Adrian (2022). *Unterrichtsnotizen*. Notizen aus dem Biologieunterricht. Zeitraum: 2022 - 2026.

Vorwort

0.1 Allgemein

Übersicht der Biologietheorie mit Stoffumfang 3G bis 6G. (Puntschart 2022)

Stand: Kapitel „Humanbiologie“ (3), 03.04.2026

0.2 Informationen zum Biologieunterricht

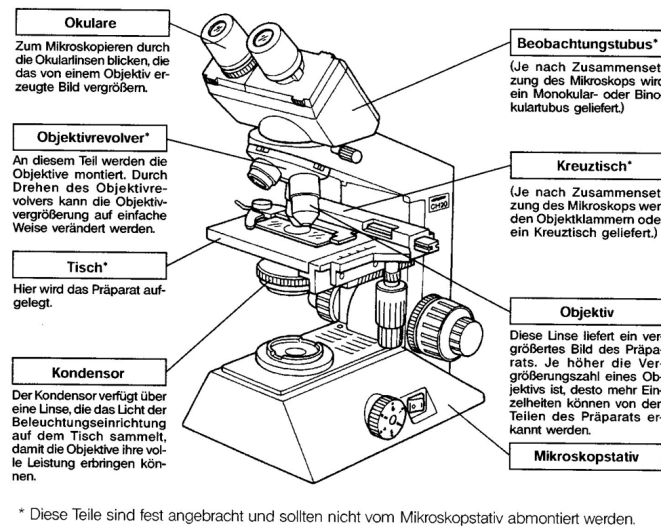


Abbildung 0.2.1: Teile des Mikroskops

Objektivvergrößerung	Gesamtvergrößerung
4x	40x
10x	100x
40x	400x
100x	1000x

Tabelle 0.2.1: Vergrößerungen beim Mikroskopieren

„Definitionen“, „Formelverzeichnis“ & „Aufgabenverzeichnis“ nicht vorhanden!

1 Botanik

1.1 Die Reiche von Lebewesen und Pflanzen

1. Pflanzen
2. Tiere
3. Pilze
4. Einzeller (z.B. Augentiere)
 - ↑ mit Zellkern, Eukaryonten
5. Einzeller (z.B. Bakterien)
 - ↑ ohne Zellkern, Prokaryonten

Pflanzen haben einen grünen Farbstoff (Chlorophyll) → betreibt Photosynthese, um Nahrung herzustellen → autotroph (gr.: „autos“, selbst / „throphe“, Nahrung).

Tiere nehmen Nahrung auf („essen“). Sie nehmen wie fast alle Organismen andere Organismen auf, bzw. organische Stoffe → heterotroph (gr.: „heteros“, der andere / „throphe“, Nahrung).

Alle Lebewesen mit / aus Zellen haben Stoffwechsel, Vererbung, molekulare Architektur und eine Zellstruktur.

Abteilungen des Pflanzenreichs

- Algen → vor 3.5 Mrd. J.
- Moose / Landpflanzen → vor 450 Mio. J.
- Farne / Gefässpflanze (Wasserleitungsbahnen) → vor 300 Mio. J.
- Blütenpflanzen → vor 130 Mio. J.

1.2 Tierische und pflanzliche Zellen

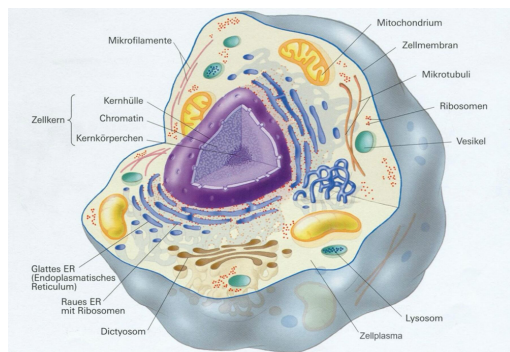


Abbildung 1.2.1: Tierische Zelle

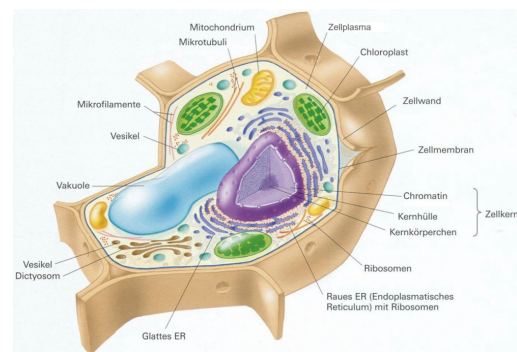
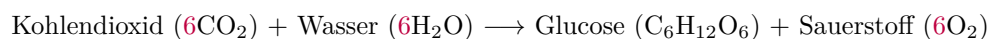


Abbildung 1.2.2: Pflanzliche Zelle

Funktionen von Membranen

- Abgrenzung vor extrazellulärem Raum
- Barriere (gegen die Umgebung) & Vermittler (zwischen Aussenwelt und Zellinnern)
- Durch Kompartimentierung Arbeitsteilung möglich

1.3 Photosynthese



anorganische Stoffe → organische Stoffe

Pflanze nimmt Wasser und Kohlenstoffdioxid auf und produziert Sauerstoff und Glukose. Davon gibt die Pflanze Sauerstoff ab und die Glukose speichert sie als Energie. Das Blatt braucht CO_2 , H_2O und Energie. CO_2 nimmt es von der Luft auf und H_2O über die Wurzeln und die Energie erhält es von der Sonne bzw. Lichtenergie. Diese wird in den Chloroplasten zu chemische Energie umgewandelt. CO_2 und H_2O reagieren mit Energie zu Glukose und Sauerstoff. Die Glukose braucht die Pflanze zum Wachsen. O_2 braucht sie nicht also gibt sie es ab.

Speicherform: Nahrung ist Glukose, aber kann nicht als Glukose gespeichert werden und deshalb wird es als Stärke gespeichert. Wenn es gebraucht wird, wird es verbrannt / zerteilt.

Einfluss der Photosyntheserate durch...

- ... Kohlenstoffdioxidkonzentration: nimmt zu
- ... Lichtstärke: nimmt zu
- ... Temperatur: nimmt ab

1.3.1 Aufbau eines Laubblatts

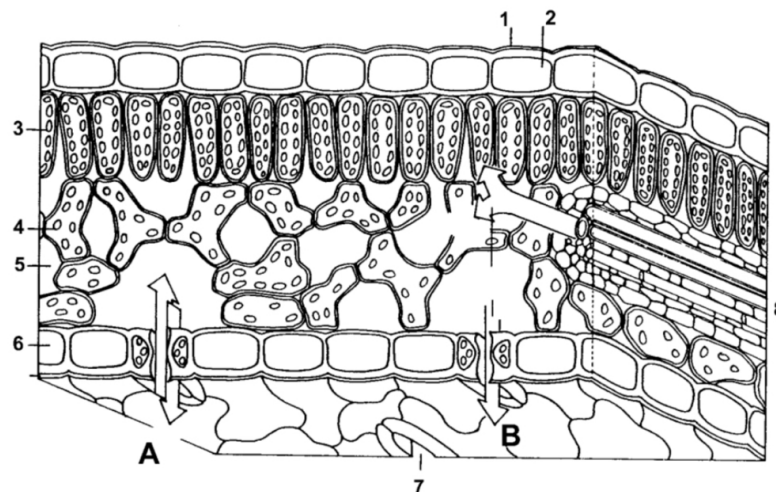


Abbildung 1.3.1: Aufbau eines Laubblatts

1. Kutikula: von den Epidermiszellen ausgeschiedene Wachsicht, die fast vollständig wasserundurchlässig ist.
2. Obere Epidermis: einschichtige Haut als Abschlussgewebe.
3. Palisadengewebe: besteht aus länglichen, dicht nebeneinander stehenden Zellen. Es enthält etwa $\frac{4}{5}$ aller Blattchloroplasten und ist somit das hauptsächliche Assimilationsgewebe des Laubblattes.
4. Schwammgewebe: Die Zellen enthalten weniger Chloroplasten und sind lockerer angeordnet als die Zellen des Palisadengewebes.
Durch die zahlreichen, zum Teil sehr grossen Zwischenräume oder Interzellularen - sie machen 90% des Blattvolumens aus - ist die Gesamtoberfläche aller Blattzellen oft fast 100x grösser als die Blattfläche. Die Interzellularen sind luftgefüllt und dienen dem Gasaustausch (A) und der Wasserdampfabgabe = Transpiration (B).
5. Interzellularen: siehe unter 4.

6. Untere Epidermis: wie die obere Epidermis von einer Kutikula überzogen.
7. Spaltöffnungen (Stomata): Über diese schliessbaren Spalten stehen die Interzellularen des Schwammgewebes mit der Aussenluft in Verbindung. Durch sie hindurch vollzieht sich der Gasaustausch (CO_2 und O_2) und die Wasserdampfabgabe. Die meist besonders grossen Interzellularen, die direkt hinter der Spaltöffnung liegen, bezeichnet man als Atemhöhlen.
8. Leitbündel: Sie ziehen als „Blattadern“ oder „Blattnerven“ durch das Schwammgewebe und dienen mit ihrem Xylem (oben) und Phloem (unten) dem Wasser- und Assimilatetransport.

1.4 Blüten und deren Bestäubung

Definitionen:

- Bestäubung: Übertragung der Pollenkörner auf eine andere Blüte
- Befruchtung: Verschmelzung männlicher und weiblicher Eizellen
- Zygote: Befruchtete Eizelle
- Selbstbestäubung: Übertragung von Pollenkörner im demselben Individuum
- Fremdbestäubung: Übertragung von Pollen im anderen Individuum

Funktionen der Blütenorgane

- Kelchblatt: Schutz der Fruchtknote, Lockfunktion (nur bei Insektenblüter)
- Kronblatt: Lockfunktion (inkl. Saftmal, nur bei Insektenblüter)
- Staubblatt: Männliches Geschlechtsorgan
 - Staubfaden: Träger des Beuteuls
 - Staubbeutel: Produktion der Pollenkörner
- Stempel: Weibliches Geschlechtsorgan
 - Narbe: Landung der Pollenkörner
 - Griffel: Durchgang für Pollenschlauch
 - Fruchtknoten: „Befruchtungsstandort“
- Blütenboden: direkte Fortsetzung (weiter) zum Stiel

Fortpflanzungsbiologische Begriffe

Begriff	Blütenpflanzen	Tier / Mensch
Organ (erzeugt von män. Keimzelle)	Staubblatt	Hoden
Organ (erzeugt von wei. Keimzelle)	Samenanlage des Stempels	Eierstock
Männliche Keimzellen	Pollenkörner (Blütenstaub)	Samenzellen, Spermien
Weibliche Keimzellen	Eizellen	Eizellen
Samen	Embryo mit Nährgewebe	alle män. Keimzellen
Frucht	Samen	Embryo, Fetus

Tabelle 1.4.1: Fortpflanzungsbiologische Begriffe

Windbestäubung und Insektenbestäubung

	Windblüter	Insektenblüter
Blütenhülle	klein, unscheinbar	gross
Nektardrüsen	klein	tief drin
Staubblätter	windexponiert	nicht viel, kleiner
Blütenstaub	viel, leicht, klein	weniger, klebriger
Narben	windexponiert, gross	je nach Aufbau der Blüte

Tabelle 1.4.2: Windblüter und Insektenblüter

Blüte → Frucht

1. Eizelle wird befruchtet → Zygote
2. Kron- & Kelchblatt, Staubblätter, Griffel, Narbe verwelken
3. Fruchtknoten reift zur Frucht heran
4. Verankerung durch Keimwurzeln
5. Keimblätter entfalten sich (Speicher der Nährstoffe → Starthilfe des Wachstums)
6. die ersten Laubblätter entstehen → Photosynthese möglich → Pflanze ist autotroph

Aus dem Fruchtknoten wird die Frucht. Aus der Zygote entsteht das Embryo, dann Keimblätter u. Keimwurzel, Laubblätter u. Wurzel. Aus der Hülle der Samenanlage wird die Samenschale und dann die Samenschale.

1.5 Samen und Früchte**Aufbau der...**

- ...Beere: weiche und fleischige Fruchtschale / eine bis mehrere Samen
z.B.: Tomate, Gurke, Weintraube
- ...Steinfrucht: fleischiger und saftiger äusserer Teil der Schale / verholzter und steinharter innerer Teil der Schale
z.B.: Pfirsich, Pflaume, Walnuss
- ...Nuss: trockene und harte Fruchtschale / eine Same
z.B.: Haselnuss, Eichel
- ...Sammel-Nussfrucht: Einzelner Fruchtknoten werden bei der Reife zu kleinen Nüssen. Die Nüsschen sitzen auf dem fleischig-saftigen Blütenboden.
Z.B.: Johannisbeere
- ...Sammel-Steinfrucht: Die einzelnen Fruchtknoten werden bei der Reife zu kleinen Steinfrüchten. Sie sitzen auf dem Blütenboden.
Z.B.: Brombeere, Himbeere, Erdbeere
- ...Scheinfrucht: Andere Pflanze- / Blütenteile sind an der Fruchtbildung beteiligt.
Z.B.: Apfel, Birne

Verbreitungsarten von Samen und Früchten

- Windwanderer
Viele Samen mit Wind verfrachtet, aber aufgrund hohen Risikos „sterben“ viele Samen.
- Selbstwanderer
Zum Beispiel Explosionsmechanismen oder mit Wasser (falls die Samen die richtigen Bedingungen hat).
- Tierwanderer
 - Anhafter: Dornen & Haken haften an Tierfellen.
 - Mundwanderer: Ausbreitung durch Aufnahme der Diasporen im Mund und späteres Ausspucken oder Fallenlassen der Kern.
 - Darmwanderer: Früchten mit unverdaubaren Samen → Tiere fressen es → scheiden es als Kot aus → Same keimt (mit sogar Dünger)
 - Vergraben von Früchten: Tiere vergraben ihr Essen (Vorräte) & vergessen es
- Selbstableger
Zum Beispiel Blüte verlängert und sucht Spalten in Wänden

Die Bedeutung von Verbreitung von Samen sind neuer Lebensraum und Verhinderung der Selbstbestäubung. Die Bedeutung von Samen für die Pflanze ist Fortpflanzung / Nachwuchs, Verbreitung / neuer Lebensraum und Überdauerungsstadium (bspw. überwintert die Samen).

Zeitpunkt fürs Keimen

Faktoren, die für die Keimung von Samen und das erste Wachstum wichtig sind:

- Wasser (essentiell)
- Temperatur (5° - 30°)
- O₂ (es darf nicht nur N₂ oder CO₂ sein)

1.6 Kulturpflanzen

In der Natur vorkommende Tiere und Pflanzen unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Einige zeigen zufällig bessere Eigenschaften: Grössere, Früchte, süsser, produzieren mehr Milch, ...

Diese werden ausgewählt (Selektion) und gezielt vermehrt (Züchtung).

In neuster Zeit wird immer mehr das Erbgut verglichen, das ebenfalls umso ähnlicher ist, je näher verwandt die Lebewesen sind.

Unterschiede zwischen Kultur- und Wildpflanzen

Im Gegensatz zur Wildpflanze, ist die Kulturpflanze eine vom Menschen angebaute, gepflegte und gezüchtete Pflanze, die als Nutzpflanze oder Zierpflanze Verwendung findet.

Die Samen einer Pflanze haben andere Eigenschaft als ihre Mutterpflanze, weil sich Samen von Wildpflanzen sich immer weiterentwickeln, was bei Kulturpflanzen bzw. bei Klonen nicht der Fall ist, da genau darauf geachtet wird, dass alle Pflanzen die gleichen Eigenschaften haben.

1.6.1 Pflanzenveredelung

Beim **Propfen** (Technik der Pflanzenveredelung) wird ein Teilstück einer Pflanze (sog. Edelreis) mit einer anderen Pflanze (sog. Unterlage) zusammengefügt. Der Unterlage werden Äste abgeschnitten oder Kerben in die Rinde geschlagen, um an diesen Stellen den Edelreis einzusetzen.

Okulation ist eine Art der Pflanzenveredelung, bei der vom Edelreis nur eine ruhende Knospe verwendet wird. Dieses Auge der Edelsorte wird mit einem kleinen Stück der umgebenden Rinde in die Unterlage eingesetzt.

2 Zoologie

Definitionen

- Homologie: Die Ähnlichkeit biologischer Strukturen aufgrund von einer gemeinsamen Abstammung. Die ähnliche Organe (z.B. das Skelett) bezeichnet man dabei als homologe Organe.
- Gleichwarm: Als gleichwarme Tiere bezeichnet man diejenigen, die ihre Körpertemperatur unabhängig von der Umwelttemperatur auf einem konstanten Wert behalten können → Vögel und Säugetiere.
- Wechselwarm: Als wechselwarme Tiere bezeichnet man Tiere, die keine konstante Körpertemperatur aufweisen → Reptilien, Amphibien und Fische.

Die 3 Unterklasse der Säugetieren

1. Kloakentiere: Enddarm, Harn- und Geschlechtswege gleiche Ausführung, legen Eier
2. Beuteltiere: Jungtiere werden in einem frühen Stadium geboren Wachsen als passive Traglinge im Beutel auf
3. Plazentatiere: Besitzen Gebärmutter und Mutterkuchen, Embryo wird durch Nabelschnur vorgesorgt

2.1 Wirbeltierskeletten

Der Körper eines Wirbeltieres wird in drei Teile aufgeteilt: Kopf, Rumpf, Schwanz, vordere und hintere Gliedmassen die drei Teile werden durch die Wirbelsäule verbunden.

1. Amphibien haben keinen Brustkorb, nur Stummel → ineffiziente Atmung
2. Amphibien schlucken Luft, nehmen sie über die Haut auf oder an der dünnen Wand im Mund
3. Bei Vögeln ist die Wirbelsäule, das Schulterblatt und das Becken verwachsen
4. Bei Vögeln dient der Brustbeinkamm als Ansatzstelle für den Flügelmuskel
5. Bei Fischen dient die Schwimmblase beim Schweben im Wasser

2.2 Häute der Wirbeltiere

Säugetiere:

- Oberhaut, Lederhaut, Unterhaut
- Regenerationsschicht (Zellen teilen sich)
- Fettgewebe hält Blut warm und flüssig
- Schweißdrüsen → Wärmehaushalt und Ausscheidung von Schadstoffen
- Nerven diene der allgemeinen Reaktion
- Talgdrüsen fetten die Haut an

Amphibien:

- Schleimdrüsen = Schutz der Haut

- Giftdrüse = Antibiotika, wehrt Feinde ab
- Gift ist für den Mensch nicht giftig, trotzdem Hände waschen

Reptilien:

- wechselwarm, Schuppen, nicht auf Wasser angewiesen
- alle eierleger bis auf wenige
- sind träge, kommen daher lange ohne Nahrung aus
- gespaltene Zunge → wo Beute ist und ob verletzt

Vögel:

- Schuppen an den Federn, Federn entstanden aus Schuppen
- Schaft hohl und leicht, Federn verhakt, reparieren Federn selbst
- Vögel erzeugen Luftstrom durch Flügelschlag, Beine eng am Körper
- zupfen, quetschen, reißen, kauen nicht, leichter Schnabel
- Ein Finger, Becken und Wirbelsäule verschmelzt, Knochen hohl / netzig
- keine Schwanzwirbelsäule, wenig Knochen
- Pinguin → Fortbewegung unter Wasser

2.3 Systematik

Ordnungsprinzip der Systematik

Art → Gattung → Familie → Ordnung → Klasse → Stamm

Binäre Nomenklatur

Gattungsname artname

Artbegriff

Lebewesen gleicher Art können sich untereinander erfolgreich fortpflanzen, was Lebewesen anderer Arten nicht können (bzw. nur erfolglos, aber deren Nachkommen sind steril).

3 Humanbiologie

3.1 Zellbiologie

Funktionen der Organellen der Zelle

Siehe Abbildung 1.2.

Das Endoplasmatische Retikulum

- Rauhes ER: Ribosomen → Proteinfabrik
- Glatte ER:
 - Herstellung von Membranbestandteilen (Vesikel transportieren das zum Golgi-Aparat)
 - Enzyme für den Abbau und Umwandlung von Kohlenhydraten
 - Abbau von Giften

Ribosomen

- Proteinfabrik, d.h. Aminosäure wird zu Proteinen verknüpft

Der Golgi-Aparat

- Produktionsstätten, Zwischenlagen, Sortier- und Versandzentralen
- Vesikel vom ER docken an, verarbeitet / angepasst, als Golgi-Vesikel zu bestimmten Zellen verschickt

Vesikel & Vakuole

- Transport, Speicherung, Aufnahme von Stoffen, die vom Plasma getrennt bleiben müssen
- z.B.: Verdauungsenzyme oder körperfremde und giftige Stoffe

(Transport-)Vesikel

- Transportieren eingeschlossene Stoffe zu ihrem Zielort
- Andocken und austauschen mit Endozytose
- Transport von Stoffen innerhalb der Zelle nach aussen (Exozytose)

(Nahrungs-)Vakuolen

- Aufnahme von Nahrungsstoffen durch Nahrungsvakuolen durch Endozytose und Führung (inkl. Verarbeitung) durch eine Zelle, dann Exozytose

Lysosomen

- Verdauung von Stoffen
- Abbau alter / überflüssiger Zellbestandteile (Recycling)

Der Zellkern

- Hauptträger / Bewahrung des Erbguts
- Steuerung der Entwicklung und Aktivitäten der Zelle (mithilfe Erbgut)
- Verdoppelung vom Erbgut, vor Teilung der Zelle

Chloroplasten

- Photosynthese

Mitochondrien

- Kraftwerke aller Zellen
- Energie durch energiereichen Nahrung freisetzen

Hierarchischer Aufbau von...

... Zelle

Grundbaustein, aufgebaut aus Zellorganellen (< Molekül < Atom)

... Gewebe

Verbund gleicher Zellen mit gleicher Funktion

... Organ

Verbund verschiedener Gewebe: Körperteil mit bestimmten Funktionen

... Organismus

Verbund verschiedener Organen / Organsystemen

Zelldifferenzierung aus Stammzellen (mit Blutzellen als Beispiel)

Stammzelle (omnipotent; aus dem Knochenmark) → teilt sich → Blutstammzelle (pluripotent; aus dem Knochenmark) → kontrollierte Teilung (ansonsten Tumor) → Vorläuferzellen → Differenzierung → Erythrozyten, Leukozyten (Granulozyten, Lymphozyten...), Blutplättchen

omnipotent = alles werden

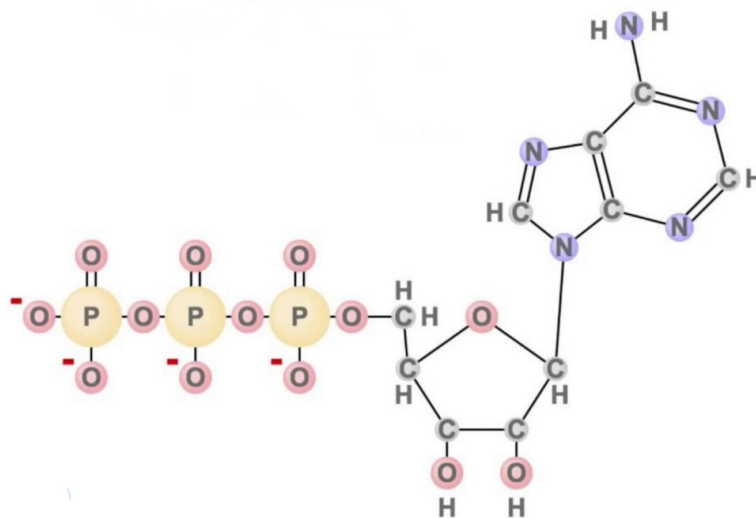
pluripotent = *fast* alles werden**Adenosintriphosphat (ATP)**

Abbildung 3.1.1: Schematischer Aufbau von Adenosintriphosphat (ATP)

Phosphorsäurerest, Ribose und Adenin → Adenosin

Adenosintriphosphat (ATP), Adenosindiphosphat (ADP), Adenosinmonophosphat (AMP)

Bedeutung: An den meisten biochemischen Reaktionen, welche die Zufuhr von Energie benötigen, ist ATP beteiligt. ATP kommt in Mitochondrien aller lebenden Zellen vor und stellt Energie bereit. Diese Energie ermöglicht alle Arbeitsprozesse, wie z.B. Fortbewegung oder Stofftransport.

Transportmechanismen durch Membranen

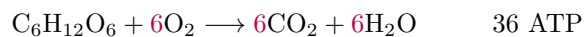
- Diffusion: Allgemeiner Konzentrationsausgleich
- Osmose: Konzentrationsausgleich durch semipermeable Membran
- Plasmolyse / Deplasmolyse: Wasserverlust (weil anderswo höhere Konzentration vorhanden) bzw. Zelle zieht sich zusammen
- Turgor: Zellinnendruck (hoher Druck = stramme Zelle)
- Gekoppelter Transport: Transfer, der nur bei gleichzeitigem Transport einer anderen Molekülart erfolgt.
- Konzentrationsgradient: Unterschied zwischen der Konzentration auf der einen Seite der Membran zu dem auf der anderen.
- Kanalproteine: Durchgänge für hydrophile Moleküle
- Carrierproteine: Spezifisch gestaltete Bindungsstelle, in die das zu transportierende Molekül passt wie Schlüssel und Schloss
- Aktiver Transport: Transport von speziellen Moleküle durch Membrane mithilfe von Carrierproteine, tief zu hoher Konzentration
- Passiver Transport: läuft spontan und von sich aus / ohne Energieverbrauch, zu tiefe Konzentration
- Sekundär aktiver Transport: natriumgekoppelter Glukosetransport

Erklärung von osmotischen Phänomenen

1. Bekämpft wurden die missliebigen Schimmelpilze seit alters mit Salz und Zucker.
2. Je Schluck Meerwasser wird uns mindestens ein Schluck Körperwasser entzogen.
3. Wasser wird ihnen durch die Kiemenmembranen ins Blut gepresst.
4. Meerfischen wird Wasser über die Kiemen entzogen. Sie trinken und verdursteten doch.
5. Ein Blatt an der Sonne verzuckerte, kandierte sich selber, wenn der Zucker, nicht in den Chloroplasten schon als Stärke entgiftet würde. Glukose kann in der Form nicht gespeichert werden, d.h. dass es als Stärke gespeichert wird; inkl. Turgor.

3.1.1 Zellatmung**Summenformel der Zellatmung für...**

... Glucose:



... Palmitinsäure:

**Respiratorischer Quotient (RQ)**Definition: $\text{RQ} = \text{Volumen CO}_2 \text{ ausgeatmet} / \text{Volumen O}_2 \text{ eingeatmet}$ Bedeutung: Verhältnis zwischen gebildetem bzw. abgeatmetem CO_2 und dem vom Körper aufgenommenen O_2 .**Grundumsatz und körperliche Tätigkeit**

Mehr als die Hälfte des täglichen Energieverbrauchs ist auf die Erhaltung der lebenswichtigen

Funktionen zurückzuführen. Ein sehr aktiver Sportler kann den Energieverbrauch verdoppeln, 1 Megajoule = 239 kcal.

Energielieferant

Reihenfolge: Zunehmende Länge der Belastung

- A) ATP: 1 - 2 Sekunden
- B) Kreatinphosphat: 10 - 20 Sekunden
- C) Anaerobe Glykolyse: 10 Sekunden - wenige Minuten
- D) Zellatmung
 - a) Glukose
v.a. bei hohen Belastungen: RQ 1
 - b) Fett
v.a. bei tieferen Belastungen: RQ 0.7

Alkoholische Gärung

Die alkoholische Gärung ist ein biochemischer Prozess, bei dem Hefezellen Zucker in Alkohol (Ethanol) und Kohlendioxid (CO₂) umwandeln. Ausgangsstoffe sind dabei Zuckerarten wie Maltose. Der Prozess beginnt mit der Keimung von Getreidekörnern, wobei Enzyme die Stärke in Malzzucker umwandeln. Dieser Zucker wird dann von den Hefezellen vergoren. Die Endprodukte sind Alkohol und Kohlendioxid. Der Nutzen für die Hefezellen besteht darin, dass sie durch diesen Prozess Energie gewinnen, die sie für Wachstum und Vermehrung benötigen. Beispiele: Bier, Wein, Brot.

3.2 Molekularbiologie

Was ist Stärke?

Kohlenhydrate, Mono- / Polysaccharide, Glukosekette; riesige Moleküle

3.2.1 Kohlenhydrate

Aufbau

Maltose = Glukose + Glukose

Laktose = Glukose + Galaktose

Saccharose = Glukose + Fructose

Zellulose = min. 1000 Glukose

Amylose (Stärke) = min. 200 - 300 Glukose

Amylopektin (Stärke) = min. 200 - 300 Glukose (verzweigt)

Bedeutung

- leicht verwertbare Energielieferanten (für alle lebenden Zellen, wie z.B.: Glukose im Blut)
- aufgrund Form, leicht verfügbare Energiereserve (z.B.: Glykogen liefert den Muskeln Energie für schnelle Arbeitsleistung)
- Natürlicher Baustoff (z.B.: Zellwand von pflanzlichen Zellen)

Vorkommen:

Überall bspw. in Früchten, Milch, pflanzliche und menschliche Zellen

3.2.2 Proteine

Verschiedene Typen

- Enzyme: Beschleunigung von chemischen Reaktionen
- Strukturproteine: Zellgerüst (Cytoskelett), Membrane und Organellen befestigen
- Motorproteine, Ionenpumpen. . . : Transportprozesse
- Carrierproteine: Transport schwerlöslicher Stoffe im Blut (z.B.: Fette, Gase)
- Immunglobuline: Erkennung und Abwehr von Fremdkörper (Antikörper)
- Signalstoffe: Steuerung von Lebensprozessen (Hormone, Wachstumsfaktoren)
- Speicher für Aminosäure

Aufbau

1. Primärstruktur: Abfolge der verschiedenen Aminosäuren
2. Sekundärstruktur: Faltung der α -Helixe und β -Faltblattstruktur
3. Tertiärstruktur / Konformation: dreidimensionale Anordnung der Aminosäurenkette
4. Quartärstruktur: Komplex aus zwei oder mehreren Proteinen

Funktion verschiedener Proteine

- Insulin: Regulation der Konzentration
- Hämoglobin: Bindung und Transport Sauerstoff in roten Blutkörperchen
- Amylase: Spaltung von Stärke und Verdauung von Kohlenhydraten
- Immunglobulin G: Antikörper / abfangen von Viren und Bakterien
- Ferritin: speichert Eisen
- Calcium-Pumpe: Regulation von Calciumionen-Gleichgewicht und Calciumionen aus dem Zellinneren ins ER oder extrazelluläre Umgebung pumpen
- Alkohol-Dehydrogenase: Alkohol abbauen und Schaden verringern

Denaturierung von Proteinen

Hitze, Salz, Säure an Klebestellen → es wird schwach → Verlust von Tertiärstruktur / Funktionsfähigkeit

Aquaporin

Proteine, die Kanäle in der Zellmembran bilden, um die Diffusion von Wasser und einigen weiteren Molekülen zu erleichtern. Aquaporine sind kleine schliessbare Spalten. Sie verbindet Luft von aussen mit dem Inneren des Blattes. Dort findet der Gasaustausch CO_2 und O_2 und die Wasserabgabe statt.

3.2.3 Enzyme

Definitionen

- Aktive Stellen: Verbindet Molekül mit dem Substrat
- Wirkungsspezifisch: Eine Substanz wirkt gezielt an bestimmte Rezeptoren oder Zielmoleküle
- Substratspezifisch: Beschreibung der Selektivität einer Substanz für einen bestimmten Ausgangsstoff oder Reaktionspartner
- Schlüssel-Schloss-Prinzip: Spezifischer Schlüssel für Aktivierung von bestimmten Prozessen
- RGT-Regel: Beschreibung der Beziehung zwischen Reaktionsgeschwindigkeit (R), Temperatur (T) und Konzentration (C) in chemischen Reaktionen (Erhöhung von Temperatur und Konzentration = Steigung der Reaktionsgeschwindigkeit)
- Denaturierung / Renaturierung: Die Denaturierung ist der Prozess bei eine biochemische Struktur ihre ursprüngliche Form und Funktion durch äussere Einflüsse verliert, während die Renaturierung die Rückkehr dieser Struktur zu ihrer ursprünglichen Form bezeichnet.

3.2.4 Lipide

Lipide sind Energieträger / Energiereserve / Schutz vor Wärmeverlust / mechanischer Polster und Bausteine von biologischen Membranen (Phospholipide).

Fette und Öle in Wasser

Glycerin-Kopf ist hydrophil und löst sich im Wasser auf

Phospholipide in Wasser

Gibt man ein typisches Membranlipid in Wasser, so entsteht aufgrund der Wechselwirkungen zwischen Wassermolekülen und den hydrophilen Lipidbereichen die Architektur der Membran: doppelschichtige Verbände, deren Fettsäureschwänze ein hydrophones Membraninneres bilden.

3.2.5 Nukleinsäure

DNA: Desoxyribonukleinsäure
Speicher der Erbinformationen

RNA: Ribonukleinsäure:
Botenstoff / Übersetzer bei der Ablesung und Nutzung der Erbinformationen

Bausteine der Nukleinsäure

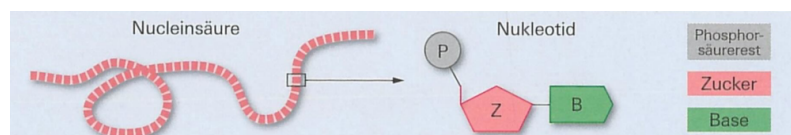


Abbildung 3.2.1: Bausteine der Nucleinsäure

Aufbau von Nucleinsäure



Abbildung 3.2.2: Aufbau von Nucleinsäure

Die Basen

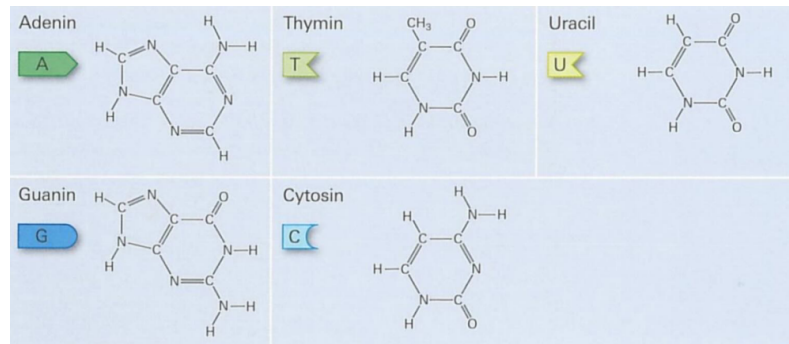
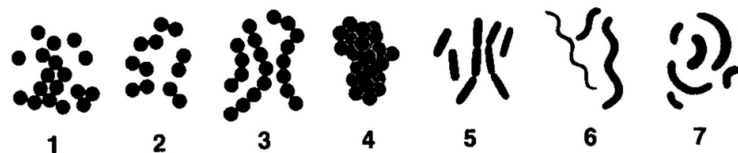


Abbildung 3.2.3: Die Basen, wobei es Thymin nur bei DNA und Uracil nur bei RNA gibt.

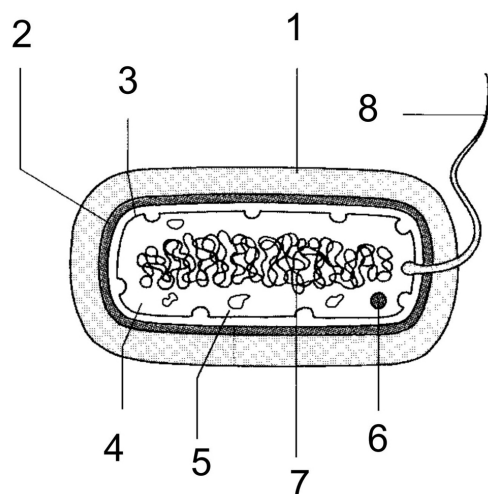
Aufbau von Doppelhelix DNA hat eine schraubenförmige (helikale) Struktur und besteht aus zwei gleichartigen Strängen → Doppelhelix. RNA hingegen hat einen Einzelstrang, jedoch kann es durch Paarung kompletären Basen stabilisiert werden.

3.3 Mikrobiologie



Formen einzelliger Bakterien: 1 Mikrokokken, 2 Diplokokken, 3 Streptokokken, 4 Staphylokokken, 5 Stäbchenbakterien, 6 Spirillen, 7 Vibrionen

Abbildung 3.3.1: Formen von Bakterien



- 1. Schleimhülle
- 2. Zellwand
- 3. Zellmembran
- 4. Zellplasma
- 5. Reservestoffe
- 6. Plasmide
- 7. Bakterienchromosom
- 8. Geisseln

Abbildung 3.3.2: Aufbau von Bakterien

Definition

Obligate Aerobier: Für diese Bakterien ist die Verwendung des Luftsauerstoffs bei der Energiegewinnung essentiell. Sie vermehren sich nur in der Gegenwart von O₂.

Fakultative Anaerobier: Sie zeigt Wachstum sowohl in Gegenwart als auch in Abwesenheit von O₂.
Obligate Anaerobier: Sie wachsen nur in völliger Abwesenheit von Luftsauerstoff. Giftige Produkte, die beim aeroben Stoffwechsel entstehen, können sie nicht abbauen. Die Anhäufung dieser Stoffe führt zum Zelltod.

Relative Besiedlungsdichte von Bakterien

1. Haut: Bis zu 1000 Keime pro Quadratzentimeter.
2. Mund und Rachen: Ca. 100 Millionen Bakterien pro Milliliter Speichel.
3. Dickdarm: Bis zu 100 Milliarden Bakterien pro Gramm Stuhl.
4. Vagina: Bis zu 10 Millionen Laktobazillen pro Milliliter Vaginalsekret.

Gründe für unterschiedliche Besiedlung

1. Haut: Besiedelung variiert je nach Durchblutung und Zusammensetzung der Haut. Bakterien sind hauptsächlich in den oberen Hornhautschichten und Haarfollikeln zu finden, während Talg- und Schweißdrüsen eine geringere Bakteriendichte aufweisen.
2. Mund und Rachen: Die Schleimhaut ist dicht mit anaeroben und aeroben Bakterien besiedelt, die sich dort gut vermehren können.
3. Gastrointestinaltrakt:
 - Magen: Wegen der produzierten Salzsäure steril.
 - Dünndarm: Obere Anteile weitgehend bakterienfrei.
 - Dickdarm: Optimale Bedingungen für bakterielles Wachstum führen zu einer hohen Besiedlungsdichte.
4. Vagina: Enthält eine hohe Zahl von Laktobazillen sowie andere aerobe und anaerobe Mikroorganismen.

Antibiotika

Antibiotika bestehen aus natürlichen Substanzen (meistens von Pilzen oder Bakterien produziert) oder synthetischen Verbindungen, die das Wachstum von Bakterien hemmen oder sie abtöten.

Probleme mit Antibiotikaresistenz:

1. Behandlungsschwierigkeiten: Infektionen werden schwer behandelbar, da resistente Bakterien nicht auf gängige Antibiotika ansprechen.
2. Längere Krankheitsdauer: Patienten bleiben länger krank und benötigen oft stärkere und teurere Medikamente.
3. Höhere Sterblichkeit: Resistente Infektionen führen häufiger zu schweren Komplikationen und erhöhen die Sterblichkeitsrate.
4. Übertragung von Resistenzen: Resistente Bakterien können ihre Resistenzgene auf andere Bakterien übertragen, was das Problem weiter verschärft.
5. Antibiotikaresistenzen: Bakterien entwickeln Resistenzen gegen Antibiotika, was zu schwer behandelbaren Infektionen führt.
6. Nebenwirkungen: Antibiotika können Nebenwirkungen verursachen, wie Allergien oder Störungen der Darmflora.
7. Übernutzung: Übermäßiger und unsachgemässer Einsatz von Antibiotika fördert die Entwicklung resistenter Bakterienstämme.

3.3.1 Viren

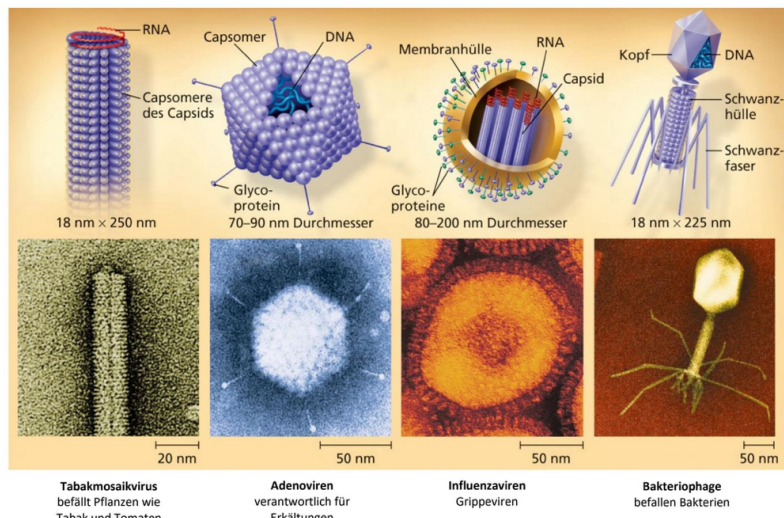


Abbildung 3.3.3: Aufbau von Viren

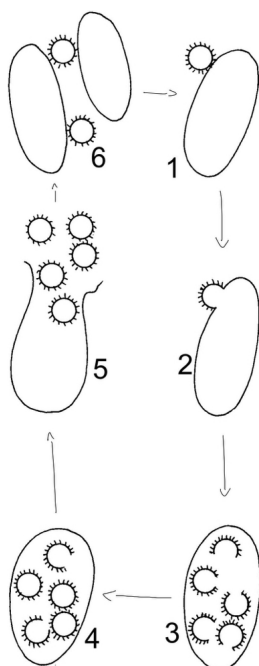


Abbildung 3.3.4: Vermehrung von Viren

3.4 Muskel

Drei Grundtypen von Muskelgewebe

1. Quergestreiften Muskulatur (Skelettmuskulatur: willentliche Bewegung)
2. Herzmuskulatur (nur im Herz: nicht willentlich bewegen)

3. Glatte Muskulatur (nicht willentlich)

Wände der Hohlorgane:

- Verdauungstrakt
- Bronchien
- Harnblase
- Uterus
- Blutgefässe

Aufbau des Skelettmuskelgewebes

- Bilder LM

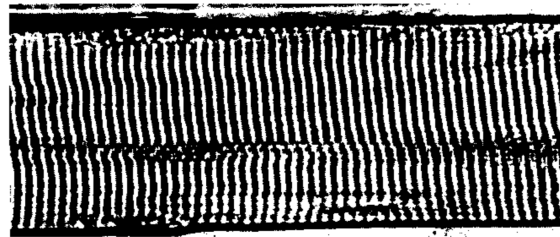


Abbildung 3.4.1: Skelettmuskel im Lichtmikroskop

- Bilder EM

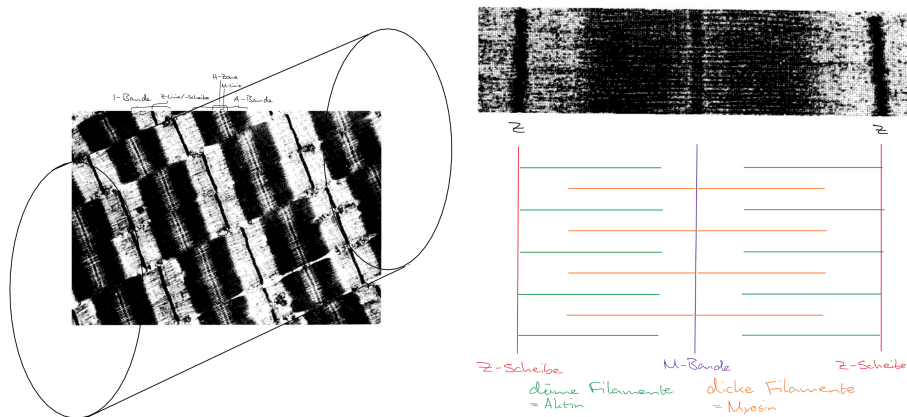


Abbildung 3.4.2: Aufbau Sarkomer

- Skizze

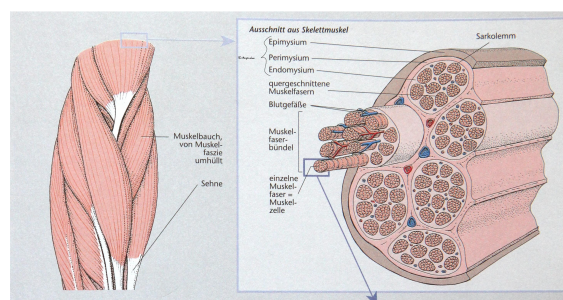


Abbildung 3.4.3: Skizze: Skelettmuskel

- Proteine
 - a) A-Bande: Myosin
 - b) H-Zone: Myosin / Aktin
 - c) I-Bande: Aktin
- Aufbau Sarkomer

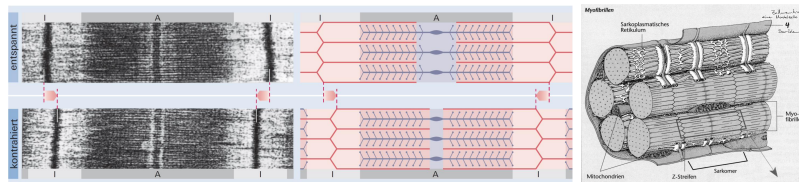


Abbildung 3.4.4: Aufbau Sarkomer

Filamentgleiten (Muskelkontraktion)

- Myosin- und Aktinfilamente: Im Ruhezustand sind die Myosinköpfe vom Aktin gelöst.
- Stimulation: Bei einem Nervenreiz binden die Myosinköpfe an die Aktinfilamente.
- Filamentgleiten: Die Myosinköpfe kippen, wodurch die Filamente aneinander vorbeigleiten und der Muskel sich zusammenzieht.
- Lösen und Wiederholung: Nach dem Gleiten lösen sich die Myosinköpfe vom Aktin und richten sich neu auf, bereit für einen weiteren Zyklus.

Ablauf Querbrückenzyklus

1. Ruhezustand: Myosinköpfe sind mit ADP und P beladen, aber nicht an Aktin gebunden.
2. Calciumfreisetzung: Ca^{2+} -Ionen aus dem sarkoplasmatischen Retikulum binden an Proteine, die die Myosin-Bindungsstellen am Aktin blockieren.
3. Bindung: Die Myosinköpfe binden an das Aktin und setzen ADP und P frei, was das Umkippen des Myosinkopfs bewirkt.
4. Lösen: Myosinköpfe binden ATP, wodurch sie sich vom Aktin lösen.
5. Neuausrichtung: ATP wird zu ADP und P gespalten, die Myosinköpfe richten sich wieder auf, und der Zyklus wiederholt sich, solange Ca^{2+} vorhanden ist.

Ursache von Muskelkater

- Mikrotraumen der Muskelfasern: Kleine Verletzungen durch ungewohnte oder intensive Belastung.
- Exzentrische Bewegungen: Dehnung der Muskeln während einer Belastung verursacht besonders häufig Muskelkater.
- Entzündungsreaktion: Die Mikroverletzungen führen zu Entzündungen, die Schmerzen und Steifheit auslösen.

3.5 Immunsystem

Eigenschaften von weissen Blutkörperchen / Zellen des Immunabwehrs

- bewegt sich selbstständig fort
- verformbar
- erkennt / unterscheidet verschiedene Zellen
- nimmt Bakterien auf (und verdaut es)

Definition

Antigen: Da Lymphocyten bestimmte Mikroorganismen sowie körperfremde Moleküle erkennen und darauf reagieren, sagt man, sie zeigen „Spezifität“. Eine Fremdschubstanz, die eine solche Immunantwort auslöst, nennt man Antigen.

Antikörper: Eine Möglichkeit, wie ein Antigen eine Immunantwort auslöst, besteht darin, B-Zellen zu aktivieren. Dadurch beginnt sie, spezifische Proteine zu produzieren, die so genannten Antikörper (Antigen ist ein Kürzel für Antikörper generierend).

Entstehung von Plasmazellen

Durch klonale Selektion werden B-Zellen mit spezifischen Antigen-Rezeptoren aktiviert, vermehren sich und differenzieren sich zu Plasmazellen, die spezifische Antikörper gegen das Antigen produzieren.

1. Bei der Prägung im Knochenmark bilden sich Millionen verschiedener B-Lymphocyten, die sich in den Bindungsstellen ihrer Antigen-Rezeptoren unterscheiden
2. Ein B-Lymphocyt erkennt nur ein Antigen.
3. Beim ersten Auftreten eines Antigens (Erstinfektion) wird dieses von einem Lymphocyt mit dem passenden Rezeptor gebunden. Der Lymphocyt wird aktiviert und bildet durch wiederholte Teilungen einen Klon von B-Lymphocyten mit gleichem Antigen-Rezeptor.
4. Jeder B-Lymphocyt besitzt an seiner Oberfläche Rezeptoren, die alle das gleiche Antigen binden können.
5. Von den B-Lymphocyten eines Klons vergrössern sich viele zu Plasmazellen. Diese bilden Antikörper gegen das Antigen, das an ihren Rezeptor passt. Alle Plasmazellen eines Klons bilden die gleichen Antikörper (monoklonale Antikörper). Die Antikörper werden in die Körperflüssigkeit ausgeschieden. Darum spricht man von der humoralen Immunreaktion.

Prinzip der aktiven Immunisierung

Immunität, wie sie durch die Erholung von einer Infektionskrankheit wie Windpocken verliehen wird, wird aktive Immunität genannt, denn sie beruht auf der Reaktion des eigenen Immunsystems der betreffenden Person. Wie bei allen derartigen Infektionen ist die aktive Immunität natürlich erworben.

Bei einer Zweitinfektion mit einem bereits bekannten Antigen erinnert sich das Immunsystem an dieses. Die Antikörperbildung verläuft schneller und es werden viel höhere Antikörperkonzentrationen erreicht. Das Gedächtnis des Immunsystems beruht auf langlebigen Gedächtniszellen, die sich bei der Erstinfektion parallel zu den Plasmazellen bilden.

Aktive Immunität kann auch künstlich erworben werden, und zwar durch Impfung.

3.6 Nervensystem

Regelsystem zur Bewegungskontrolle

- Zentralnervensystem (ZNS) (Gehirn und Rückenmark)
- Periphere Nervensystem (PNS) (alle Nerven)
- Vegetative Nervensystem (Atmung, Blutkreislauf, Verdauung, Ausscheidung und Drüsenarbeit)

Aufgaben des sensorischen und motorischen Nervensystems

- sensorisch: von Sinneszellen Meldungen zum Rückenmark und Gehirn bringen
- motorisch: Befehle an die Muskeln leiten

Aufbau der Hirnhäute

Die weiche Hirn- oder Rückenmarkshaut (Pia mater) liegt dem Gehirn bzw. dem Rückenmark direkt an. Sie besteht aus weichem, zartem Bindegewebe. Aussen, im Gehirn direkt am Schädelknochen, liegt die Dura mater (Harte Hirnhaut). Zwischen diesen beiden Bindegewebsschichten liegt die Arachnoidea, die Spinnwebshaut. Die Arachnoidea überspringt, wie auch die Dura mater, die Furchen des Gehirns und erhält ihren Namen durch die starke weissliche Zeichnung mit feinen Fasern aus Bindegewebe, die ihr ein spinnwebartiges Aussehen gibt. Das Rückenmark ist durch ein Fettpolster gegen Druck bei Bewegungen geschützt.

Beschriftung eines Querschnitts durch das Gehirn und Rückenmark

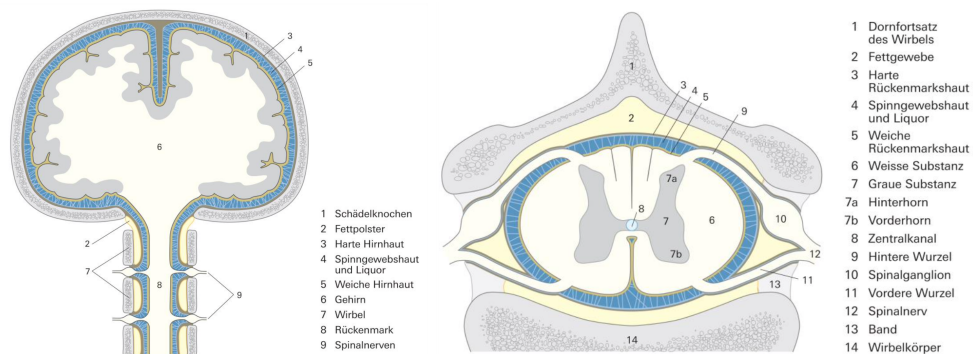
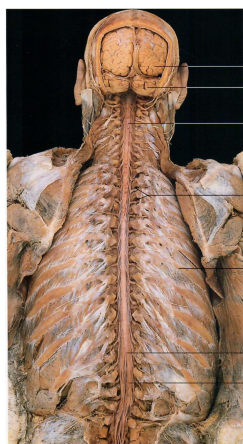


Abbildung 3.6.1: Beschriftung: Gehirn / Rückenmark



1. Grosshirn (Hinterhauptslappen)
2. Kleinhirn
3. Rückenmark
4. Spinalnerven
5. Rippen
6. Ende des Rückenmarks
7. Spinalnerven im Wirbelkanal (Pferdeschweif)

Abbildung 3.6.2: Beschriftung: Gehirn / Rückenmark

Medizinische Bedeutung des Pferdeschweifs (Cauda equina)

Das Rückenmark endet auf der Höhe des zweiten Lendenwirbels. Von hier aus ziehen nur noch die Wurzeln der Spinalnerven im Wirbelkanal nach unten. Auf diese Weise entsteht ein Nervenfaserbündel, das in seinem Aussehen an ein Haarbüschel erinnert. Es wird deshalb "Pferdeschweif"- lateinisch Cauda equina – genannt. Da hier kein festes Rückenmark mehr vorhanden ist, kann man relativ leicht gefahrlos zwischen den unteren Lendenwirbeln und durch die Rückenmarkshaut hindurch mit einer langen Hohlnadel für diagnostische Zwecke Liquor entnehmen (Lumbalpunktion) oder Betäubungsmittel in den Liquor einbringen (Spinalanästhesie).

Organisation des Nervensystems

- Zentralnervensystem
- Peripheren Nervensystem
 - sensorisch
 - motorisch
 - * autonom
 - * somatisch

Beide Zelltypen des Nervensystems und deren Aufgaben

- Gliazellen: Stützfunktionen
- Nervenzellen: Gedächtnisfunktion, Muskelzellen zur Kontraktion veranlassen

Abbildung 3.6.3: Aufbau einer typischen Nervenzelle

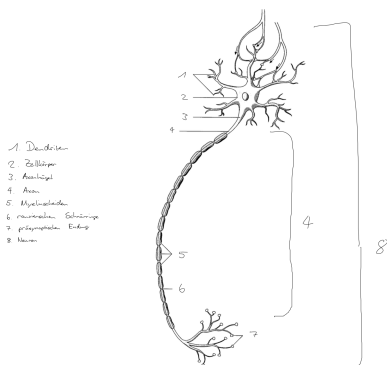
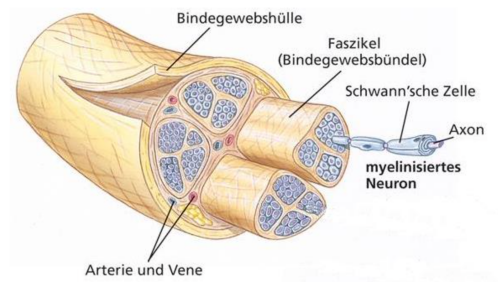


Abbildung 3.6.4: Aufbau eines Nervs



Definition

Ruhepotential:

Spannung über der Membran im Ruhezustand, ca. -70 mV, durch Ionenkonzentrationsunterschiede.

Depolarisation:

Spannungsänderung durch Einstrom von Na⁺-Ionen, Membranpotential wird positiver.

Hyperpolarisation:

Spannungsänderung durch verstärkten K⁺-Ausstrom, Membranpotential wird negativer als Ruhepotential.

Aktionspotential:

Kurzzeitige Umkehr des Membranpotentials (ca. +30 mV), verantwortlich für Nervenimpulse.

Refraktärzeit:

Zeitraum nach einem Aktionspotential, in dem keine erneute Erregung möglich ist.

„Alles oder Nichts Gesetz“:

Ein Aktionspotential tritt nur auf, wenn der Schwellenwert überschritten wird.

Saltatorische Erregungsleitung:

Sprunghafte Weiterleitung von Aktionspotentialen entlang myelinisierter Nervenfasern.

Entstehung von elektrischen Signale in Nervenzellen und deren Weiterleitung

Ionenbewegungen durch spannungsgesteuerte Na⁺- und K⁺-Kanäle erzeugen Aktionspotentiale, die entlang des Axons weitergeleitet werden.

Aufbau von Synapsen

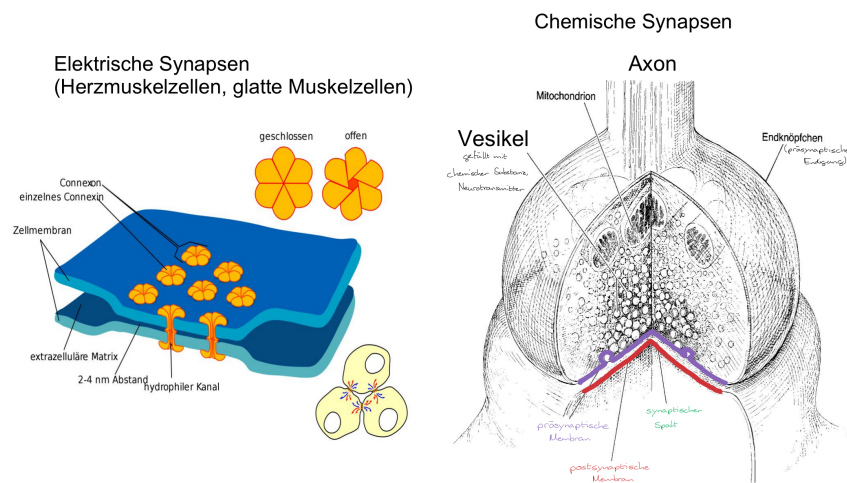


Abbildung 3.6.5: Aufbau: Synapsen

Übertragung von Erregungen über Synapsen

Neurotransmitter wie Acetylcholin übertragen Signale chemisch auf die postsynaptische Membran.

Erklärung von „EPSP“ und „IPSP“

EPSP (Erregendes postsynaptisches Potential): Ein EPSP entsteht, wenn ein Neurotransmitter wie Acetylcholin, Noradrenalin, Serotonin oder Dopamin auf die postsynaptische Membran wirkt und Ionenkanäle öffnet, die eine Depolarisierung der Membran verursachen. Dadurch wird das Membranpotential positiver, und die Wahrscheinlichkeit für ein Aktionspotential steigt.

IPSP (Inhibitorisches postsynaptisches Potential): Ein IPSP entsteht, wenn hemmende Neurotransmitter wie GABA oder Glycin Ionenkanäle öffnen, die eine Hyperpolarisierung der Membran bewirken. Das Membranpotential wird negativer, wodurch die Wahrscheinlichkeit für ein Aktionspotential sinkt.

EPSP: Depolarisierung → Erregend → Erhöht Aktionspotential-Chance.

IPSP: Hyperpolarisierung → Hemmend → Reduziert Aktionspotential-Chance.

Wirkung von Synapsengiften (Acetylcholin-Synapsen)

- Curare
Wirkungsweise: Blockiert Acetylcholinrezeptoren an motorischen Endplatten.
Auswirkung: Verursacht rasche Atemlähmung.

- Nicotin
Wirkungsweise: Wirkt wie Acetylcholin, wird aber nicht von Acetylcholinesterase abgebaut.
Auswirkung: Führt zu dauerhafter Reizung.
- Alkylphosphate (z.B. E605)
Wirkungsweise: Hemmen die Acetylcholinesterase.
Auswirkung: Verursachen Muskelkrämpfe und Atemlähmung.
- Atropin
Wirkungsweise: Blockiert Acetylcholinrezeptoren, z.B. am Herzen.
Auswirkung: Lähmt Augenmuskeln und führt zu Herzstillstand.
- Muskarin
Wirkungsweise: Wirkt wie Acetylcholin, wird nicht abgebaut.
Auswirkung: Führt zu Krämpfen und Atemlähmung.
- α -Latrotoxin (Schwarze Witwe)
Wirkungsweise: Führt zu schlagartiger, irreversibler Entleerung der Speichervesikel an Endplatten.
Auswirkung: Massive Überstimulation.
- Botulinumtoxin (Clostridium botulinum)
Wirkungsweise: Hemmt die Ausschüttung von Acetylcholin.
Auswirkung: Führt zu Muskellähmungen, eines der stärksten Gifte.

3.6.1 Das Nervensystem steuert Bewegungen

Vorgänge für die Muskelkontraktion

1. Signal vom ZNS zum Motoneuron:
Das Signal entsteht im zentralen Nervensystem (ZNS) und wird über das Axon eines α -Motoneurons, dessen Zellkörper im Rückenmark liegt, zur motorischen Endplatte geleitet.
2. Übertragung des Signals an die Muskelfaser:
An der motorischen Endplatte wird Acetylcholin ausgeschüttet, das die Membran der Muskelfaser depolarisiert. Bei ausreichender Depolarisation entsteht ein Aktionspotential in der Muskelzellmembran (Sarkolemma).
3. Calciumfreisetzung:
Die Depolarisation des Sarkolemmas führt zur Freisetzung von Calcium-Ionen (Ca^{2+}) aus dem sarkoplasmatischen Reticulum (SR) in das Cytoplasma der Muskelfaser.
4. Mechanik der Muskelkontraktion:
 - Im Ruhezustand: Aktin-Bindungsstellen für Myosin sind durch Proteine blockiert.
 - Bei Kontraktion: Ca^{2+} bindet an diese Proteine, verändert ihre Struktur und ermöglicht das Binden von Myosin an Aktin.
 - Der Querbrückenmechanismus der Myosinköpfe führt zur Kontraktion.
5. Energieverbrauch:
Zur Lösung der Bindung zwischen Myosin und Aktin wird ATP benötigt. Dessen Spaltung in ADP + P liefert die Energie, um Myosinköpfe in ihre Ausgangsposition zurückzubringen.
6. Ende der Kontraktion:
Im Ruhezustand wird Ca^{2+} wieder aktiv ins SR aufgenommen, die Kontraktion hört auf, und der Muskel entspannt sich.

Motorische Einheit (Erklärung)

Wenn ein elektrischer Impuls ein Motoneuron erreicht, wandert der Impuls entlang dem Axon zur neuromuskulären Endplatte. Von da breitet sich der Impuls über alle Muskelfasern aus, welche von diesem Motoneuron innerviert werden. Das α -Motoneuron und alle Muskelfasern, die von diesem innerviert werden, bilden eine motorische Einheit.

Ablauf eines Eigenreflexes (Erklärung)

1. Reizaufnahme durch Muskelspindeln:
Wird ein Muskel passiv gedehnt, registrieren die Muskelspindeln im Muskel die Längenveränderung. Die Dehnungsrezeptoren in der Mitte der Muskelspindeln senden daraufhin über 1a-afferente Nervenfasern elektrische Impulse.
2. Weiterleitung zum Rückenmark:
Die Impulse der sensorischen Nervenfasern gelangen über das Hinterhorn des Rückenmarks direkt zu den α -Motoneuronen desselben Muskels.
3. Umschaltung (Reflexbogen):
Im Rückenmark wird das Signal monosynaptisch (über nur eine Synapse) auf die α -Motoneuronen übertragen.
4. Reaktion des Muskels:
Die α -Motoneuronen leiten das Signal an den Muskel weiter, der daraufhin kurz kontrahiert, um der passiven Dehnung entgegenzuwirken.
5. Zweck des Reflexes:
Der Eigenreflex schützt den Muskel vor Überdehnung und dient zur Stabilisierung, z. B. bei Haltefunktionen wie Stehen oder Sitzen.

Muskelspindel / Muskelspannung (Erklärung)

Muskelspindeln sind spezialisierte Sinnesorgane im Muskel, die ständig die Länge des Muskels und dessen Dehnung überwachen. Sie sind entscheidend für die Regulation der Muskelspannung (Tonus). Wenn der Muskel gedehnt wird, erhöhen die Muskelspindeln ihre Impulsfrequenz und aktivieren über 1a-afferente Nervenfasern die α -Motoneuronen im Rückenmark. Dies führt zur Kontraktion des Muskels und verhindert ein Erschlaffen. Bei bewusster Bewegung werden γ -Motoneuronen aktiviert, um die Sensitivität der Muskelspindeln trotz Verkürzung des Muskels aufrechtzuerhalten.

Die *Muskelspannung*, auch Ruhetonus, ist die Grundspannung der Muskeln im Ruhezustand. Sie ermöglicht die Aufrechterhaltung der Körperhaltung. Der Ruhetonus wird über einen Regelkreis gesteuert: Muskelspindeln messen die Dehnung des Muskels und regulieren über negative Rückkopplung die Aktivität der α -Motoneuronen. Dadurch wird die Spannung konstant auf einem bestimmten Sollwert gehalten.

Ablauf eines Fremdreflexes

1. Reizaufnahme durch Sinnesorgan:
Schmerzrezeptoren in der Haut (z. B. durch einen spitzen Gegenstand) nehmen den Reiz auf und leiten elektrische Impulse über sensorische Neuronen ins Rückenmark.
2. Verarbeitung im Rückenmark:
Im Gegensatz zum Eigenreflex enthält der Reflexbogen bei Fremdreflexen Interneurone. Diese verbinden die sensorischen Neuronen mit mehreren motorischen Neuronen, sodass der Reflex polysynaptisch ist.

3. Reaktion des betroffenen Beins:

- Der Beugemuskel des betroffenen Beins kontrahiert, um das Bein schnell zurückzuziehen.
- Gleichzeitig wird der Streckmuskel durch ein hemmendes Interneuron gehemmt, um die Bewegung nicht zu blockieren.

4. Koordination des anderen Beins:

Damit das Körpergewicht gehalten wird, kontrahiert die Streckmuskulatur des Standbeins. Gleichzeitig wird dessen Beugemuskulatur gehemmt.

5. Zweck:

Der Fremdreiflex entfernt den gefährdeten Körperteil schnell aus der Gefahrenzone, während die Koordination anderer Muskeln die Körperstabilität sicherstellt.

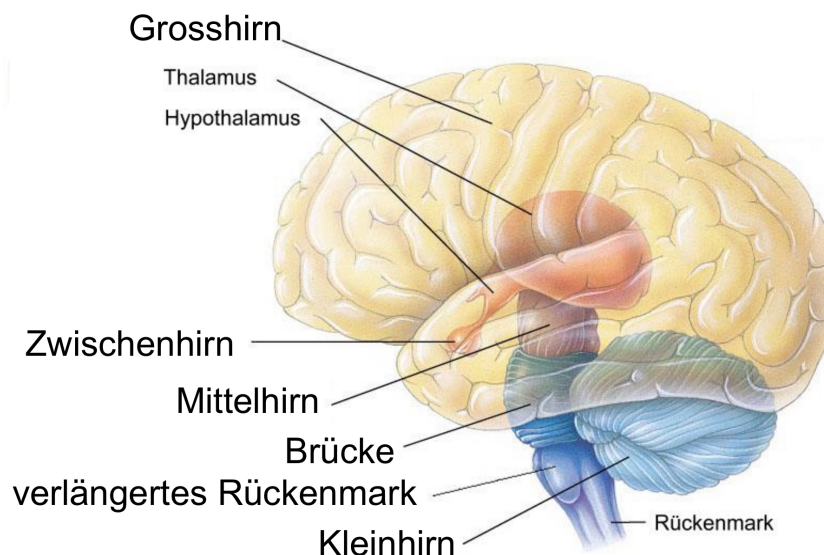
Hauptkomponenten des Gehirns am Modell / Gehirnschnitt / Skizze

Abbildung 3.6.6: Aufbau: Gehirn

Die verschiedenen Rindenfeldern (Definition)

Die **motorischen** Rindenfelder steuern bewusst ausgeführte Bewegungen, indem sie Signale an die Skelettmuskulatur senden. Sie liegen im Stirnlappen (vor der Zentralfurche). Jede Körperregion ist in diesem Bereich repräsentiert, wobei feinmotorische Regionen wie Hände und Gesicht überrepräsentiert sind.

Die **somato-sensorischen** Rindenfelder verarbeiten Sinneseindrücke von Haut, Muskeln, Gelenken und inneren Organen (z. B. Tastsinn, Schmerz, Temperatur). Sie liegen im Scheitellappen (hinter der Zentralfurche) und stellen den gesamten Körper dar, jedoch nicht massstabsgetreu (Hände und Gesicht sind überrepräsentiert).

Die **assoziativen** Rindenfelder verarbeiten und verknüpfen Informationen aus sensorischen Feldern mit Gedächtnisinhalten. Sie ermöglichen planvolles Denken, Problemlösungen und die Bewertung von Stimmungen. Diese Felder vergleichen Sinneseindrücke mit früheren Erfahrungen und ordnen Bedeutungen zu (z.B. das Bild einer Kerze mit dem Konzept „Kerze“).

Motorisches und somato-sensorisches Rindenfeld am Gehirn (Lokalisierung)

Im Grosshirn: motorisch im Frontallappen, somato-sensorisch im Parietallappen.

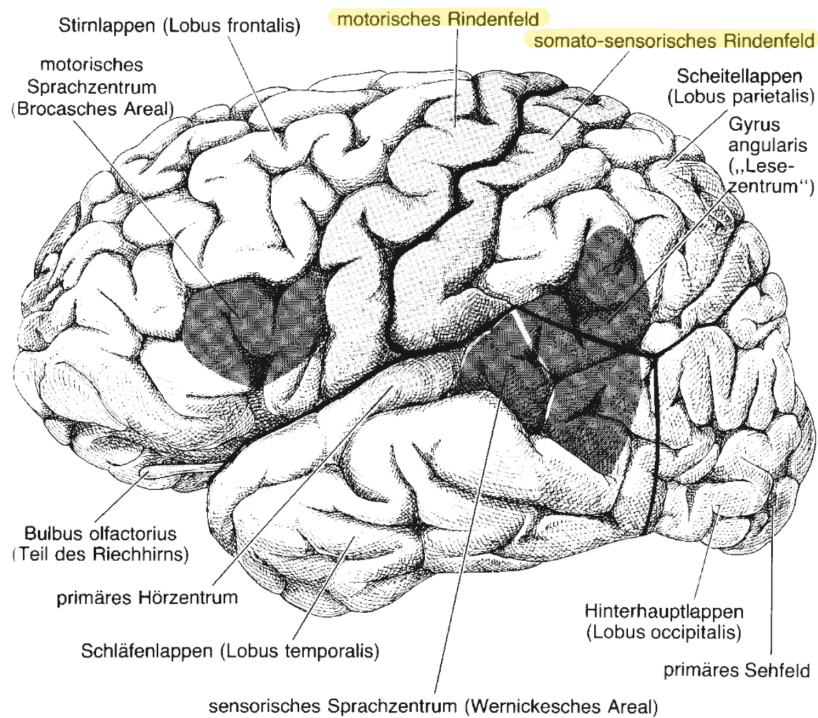


Abbildung 3.6.7: Lokalisierung: Motorisches und somato-sensorisches Rindenfeld

3.6.2 Vegetatives Nervensystem**Aufgaben vom vegetativen Nervensystem**

Steuerung lebenswichtiger Funktionen wie Atmung, Verdauung, Kreislauf, ohne bewusste Kontrolle.

Zentrum des vegetativen Nervensystems

Hypothalamus: Oberste Steuerzentrale, reguliert das Zusammenspiel zwischen Sympathikus und Parasympathikus.

Sympathikus und Parasympathikus (Wirkung)

- Sympathikus: „Kampf- oder Fluchtmodus“ – steigert Herzfrequenz, hemmt Verdauung, setzt Adrenalin frei.
- Parasympathikus: „Ruhemodus“ – fördert Verdauung, senkt Herzfrequenz.

Zwei Teile des vegetativen Nervensystems / Prinzip der Wirkung

Beide Systeme wirken antagonistisch (gegensätzlich) auf dieselben Organe. Beispiel: Blutdruckregulation.

3.7 Neurobiologie

Funktion von einigen limbischen System im Gehirn

- Thalamus: Filtert und leitet sensorische Informationen an spezifische Hirnregionen weiter.
- Amygdala: Entscheidend für emotionale Bewertungen und die damit verknüpfte Gedächtnisbildung.
- Hippocampus: Verantwortlich für die Konsolidierung von Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis.

Neurophysiologische Vorgänge beim Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis

- Kurzzeitgedächtnis: Beruht auf der Aktivität von Neuronen in Netzwerken (elektrische Signale).
- Langzeitgedächtnis: Erfordert strukturelle Veränderungen an Synapsen, z. B. durch Bildung neuer Verbindungen (Synaptische Plastizität).

3.8 Endokrinologie (Hormone)

Allgemeine Eigenschaften von Hormonen

- Hormonwirkung ist abhängig von spezifischen Rezeptoren an Zielzellen.
- Wirken in niedriger Konzentration und über das Blut verteilt.

Hormondrüsen des Menschen

- Schilddrüse:
Liegt am Kehlkopf und produziert Thyroxin, das Stoffwechsel und Wachstum reguliert. Calcitonin steuert den Calciumstoffwechsel und Knochenbau.
- Nebenschilddrüsen:
An den Seiten der Schilddrüse. Bilden Parathormon, das zusammen mit Calcitonin und Vitamin D den Calcium- und Phosphathaushalt sowie das Knochenwachstum reguliert.
- Bauchspeicheldrüse:
Erzeugt Verdauungssäfte und die Hormone Insulin und Glucagon, die den Blutzucker konstant halten.
- Zirbeldrüse:
Produziert ein Wachstumshormon zur Steuerung der Körperentwicklung.
- Nebennieren:
Sitzten auf den Nieren und bilden:
 1. Adrenalin/Noradrenalin: Aktivieren den Stoffwechsel in Stresssituationen.
 2. Glucocorticoide (z. B. Cortisol): Regulieren den Blutzucker und unterdrücken die Immunabwehr.
 3. Mineralcorticoide: Steuern den Mineralstoffhaushalt und beeinflussen den Blutdruck.
- Thymusdrüse:
Zwischen Brustbein und Herz. Wichtig für die Reifung der T-Zellen des Immunsystems, verfettet mit dem Alter.
- Eierstöcke:
Produzieren Östrogen und Progesteron zur Förderung der Entwicklung der Geschlechtsorgane und -merkmale.

- Hypophyse:
Die übergeordnete Drüse im Gehirn steuert andere Drüsen mit Befehlshormonen. Produziert Adiuretin, das die Harnkonzentration in der Niere reguliert.

Regulation der Schilddrüsenhormone und der Hormone der Hypophyse

In der Neurohypophyse werden Hormone abgegeben, welche im Hypothalamus produziert und über Axone zu Blutgefässen in diesem Organ transportiert werden. ADH (Antidiuretisches Hormon) ist wichtig für den Wasserhaushalt. Oxytocin ist das Hormon, welches die Geburt auslöst. Es wird direkt auf die Muskulatur der Gebärmutter. Zudem stimuliert es die Produktion von Muttermilch in den Brustdrüsen.

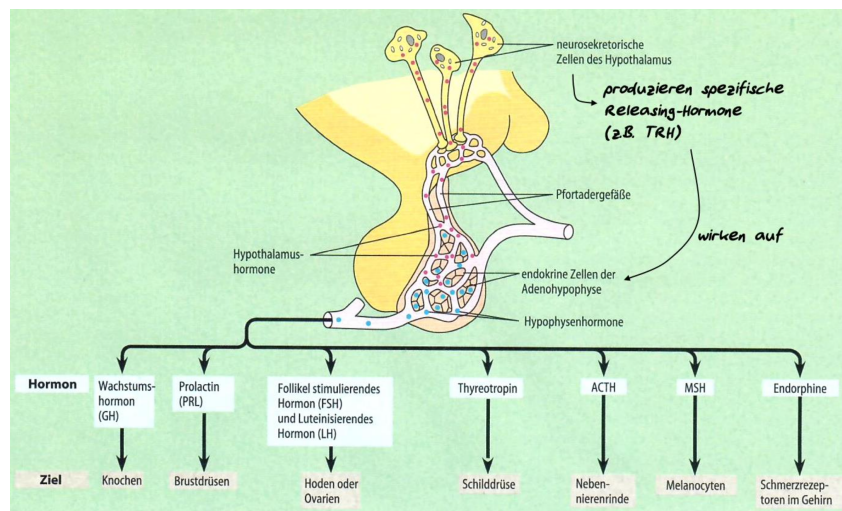


Abbildung 3.8.1: Adenohypophyse

3.8.1 Blutzuckerregulation

Blutzuckerspiegel: ca. 90 mg/dl (= ca. 6 g Glukose im Blut). Reicht nur wenige Minuten für Energieversorgung → daher ständige Nachlieferung notwendig.

Nervenzellen: sind fast ausschliesslich auf Glukose angewiesen, können kaum speichern → Unterversorgung führt zu Konzentrationsschwäche oder Bewusstlosigkeit.

Regulationssystem: hält Glukosekonzentration konstant, trotz schwankender Nahrungsaufnahme und Belastung.

Hormone der Blutzuckerregulation:

1. Insulin (aus β -Zellen der Bauchspeicheldrüse, nach dem Essen)
 - Senkt Blutzuckerspiegel.
 - Fördert Glukoseaufnahme in Zellen (v.a. Muskel-, Fettzellen).
 - Stimuliert Glykogenaufbau in Leber & Muskeln.
 - Fördert Glukoseverbrauch und hemmt Glykogenabbau.
 - Unterstützt Aufbau von Fett und Eiweiss. → Speicherhormon.
2. Glukagon (aus α -Zellen, bei Hunger)
 - Erhöht Blutzuckerspiegel.
 - Fördert Glykogenabbau und Glukoseneubildung in der Leber. → Mobilisierungshormon.
3. Adrenalin (aus Nebennierenmark, bei Stress / Kampf / Flucht)

- Rasche Energiebereitstellung.
- Fördert Glykogenabbau in Leber und Muskeln.

3.9 Genetik

3.9.1 Molekulargenetik

Bau der Chromosomen

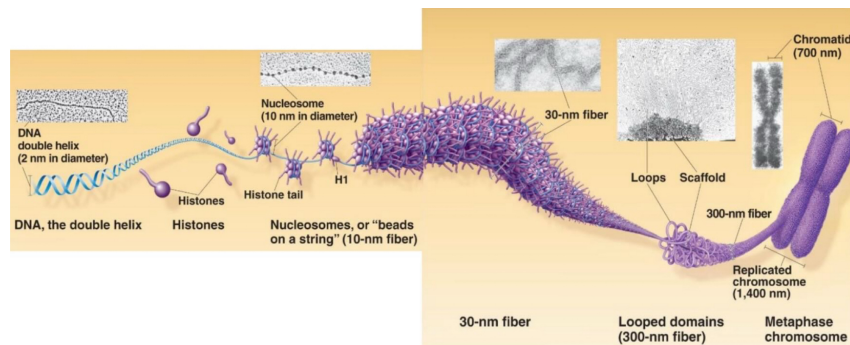


Abbildung 3.9.1: Aufbau der Chromosomen

- 2 homologe Chromosomen mit je zwei DNA-Fäden, die ein X bilden.
- Centromer (auf dt. Spindelfaseransatzstelle) halten die beiden Stränge (Chromatiden), die identisch sind (während die homologen Chromosomen gleich, aber nicht identisch sind*), zusammen.
*Die DNA-Fäden enthalten Gene (Erbinformation; z.B. Gen Haarfarbe)
- Ein Chromosom kommt vom Vater und eine von der Mutter und auf denen sind u.a. die Gen-Haarfarbe.
- Gene können unterschiedliche Informationen enthalten (= Genvarianten): Allel
z.B. blond oder braun
- Proteine sorgen dafür, dass die DNA aufgewickelt (200 Umrundungen). Die werden so sehr kondensiert, dass sie im Lichtmikroskop sichtbar sind.

Begriffe

- **Autosom**
46 Chromosomen = $2 \cdot 23$ Chromosomen, wovon 22 Autosompaare sind und ein Gonosompaar (Geschlechtschromosompaar)
- **Chromosom**
In Protein stark aufgewickelte (kondensierte) DNA (Erbinformation). Sie speichern und ordnen Gene für die Weitergabe der Erbinformationen.
Chromosomen werden nur während der Zellteilung sichtbar, in der sich das Chromatin (Inhalt des Zellkerns mit Protein und DNA) verändert.
- **Chromatid**
Ein Chromosom hat zwei identische Chromatide, welche die einzelnen „aufgewickelten Einheiten“ sind.
- **Centromer**
Das Centromer (auf dt. Spindelfaseransatzstelle) halten die beiden Stränge (Chromatiden) zusammen.

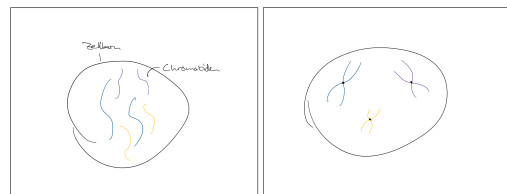
- diploid (2n)
Diploide Zellen enthalten von jedem Chromosom zwei homologe Exemplare.
- haploid (1n)
Haploide Zellen enthalten von jedem Chromosom ausnahmsweise ein Exemplar. Vgl. Geschlechtszellen (Ei- und Spermienzellen), die haben somit von jedem Chromosom nur ein Exemplar bzw. sie hat einen Chromosomensatz.
- Homologe Chromosomen
Chromosomen sieht man nur während der Zellteilung. In einem Karyogramm werden die Chromosomen paarweise (homologe Chromosomen) der Grösse nach sortiert. Sie sind zwar gleich, aber nicht identisch (wie bspw. Chromatiden).
- Gen / Allel
Gene können unterschiedliche Informationen enthalten (= Genvarianten): Allel

Mitose

1. Interphase

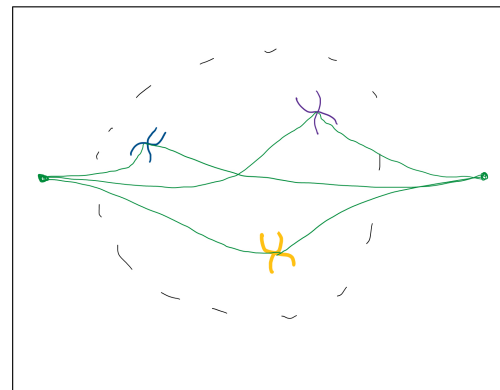
Diploide Zellen: Chromosomen bilden Chromatin

S-Phase (Synthese-Phase) der Interphase:
DNA-Replikation, nicht sichtbar (in LM),
aber chemisch nachweisbar



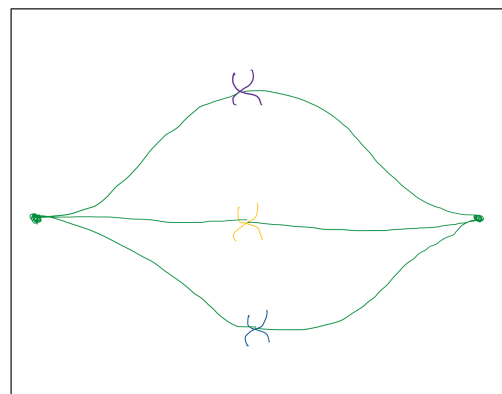
2. Prophase (sichtbar)

- Kernhülle löst sich auf
- DNA kondensieren zu sichtbaren Chromosomen
- Verdoppelung und Platzierung der Polkörperchen
- Bildung der Spindelfaser (Proteinfäden)



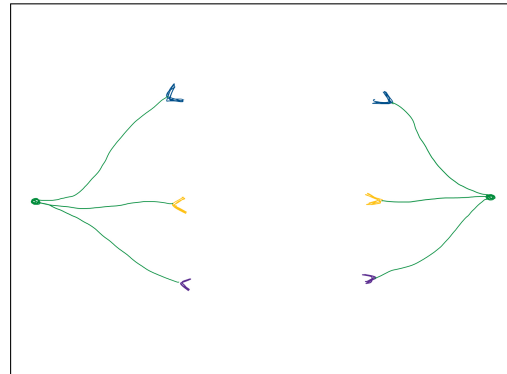
3. Metaphase

Anordnung der Chromosomen auf der Äquatorialebene.



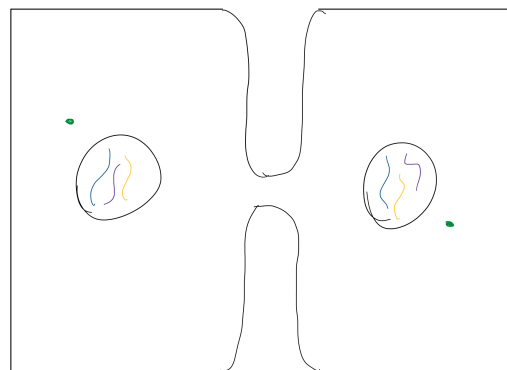
4. Anaphase

Chromatiden werden getrennt und zu den Polen gezogen.



5. Telophase

- Kernhülle
- Chromosomen dekondensieren
- Trennung der Zellen (Cytokinese)

**Zellzyklus**

- Der Zellzyklus beschreibt den Lebenszyklus einer Zelle von ihrer Entstehung bis zur Teilung.
- M-Phase (Mitose + Cytokinese): Kurzer Abschnitt, in dem die Zelle sich teilt; Chromosomen werden getrennt, Cytokinese vollzieht die Zellteilung.
- Interphase: Längster Abschnitt (ca. 90% des Zyklus), in dem die Zelle wächst, Stoffwechsel betreibt und die DNA verdoppelt.
 - G1-Phase („Arbeitsphase“): Zellwachstum, normale Zellfunktionen, Vorbereitung der DNA-Replikation; kann sehr lang sein, manche Zellen scheinen „ruhend“.
 - S-Phase (Synthese-Phase): DNA wird verdoppelt.
 - G2-Phase: Vorbereitung auf Mitose, Kontrolle und Reparatur der DNA.
- G0-Phase: Ruhestadium ausserhalb des Zellzyklus; manche Zellen treten dauerhaft ein (z.B. Nerven- und Muskelzellen), andere können durch Signale wie Wachstumsfaktoren zurückkehren (z.B. Leberzellen).
- Kontrolle des Zellzyklus:
 - Restriktionspunkt in G1: „Alles-oder-Nichts“-Entscheidung, ob die Zelle die DNA repliziert und die Teilung beginnt.
 - Kontrolle erfolgt durch innere und äussere Signale: Wachstumsfaktoren, Zelldichte, Anheftung an Unterlage.
 - Fehler oder fehlende Signale → Eintritt in G0 oder Stopp des Zyklus.
 - Fehlregulation → unkontrollierte Zellteilung, wie bei Krebszellen.
- Dauer der M-Phase bei schnell teilenden Zellen: ca. 1–2 Stunden.

Aufgaben:

- a) Wovon hängt die Länge der Zellzyklen bei den einzelnen Zelltypen ab?
- Von der Zellart und ihrem Vermehrungsbedarf.
 - Schnell teilende Zellen (z.B. Haut- oder Darmzellen) haben kurze G1-Phasen → Zellzyklus kurz.
 - Spezialisierte oder ruhende Zellen (z.B. Nervenzellen) haben lange oder sogar unendlich lange G1-Phasen → Zellzyklus sehr lang oder ruht.
- b) Welchen Schluss kann man daraus ziehen?
Die Länge des Zellzyklus ist an den Bedarf des Organismus angepasst: Gewebe, das schnell erneuert werden muss, teilt sich oft; langlebige oder spezialisierte Zellen teilen sich selten oder gar nicht.

Meiose

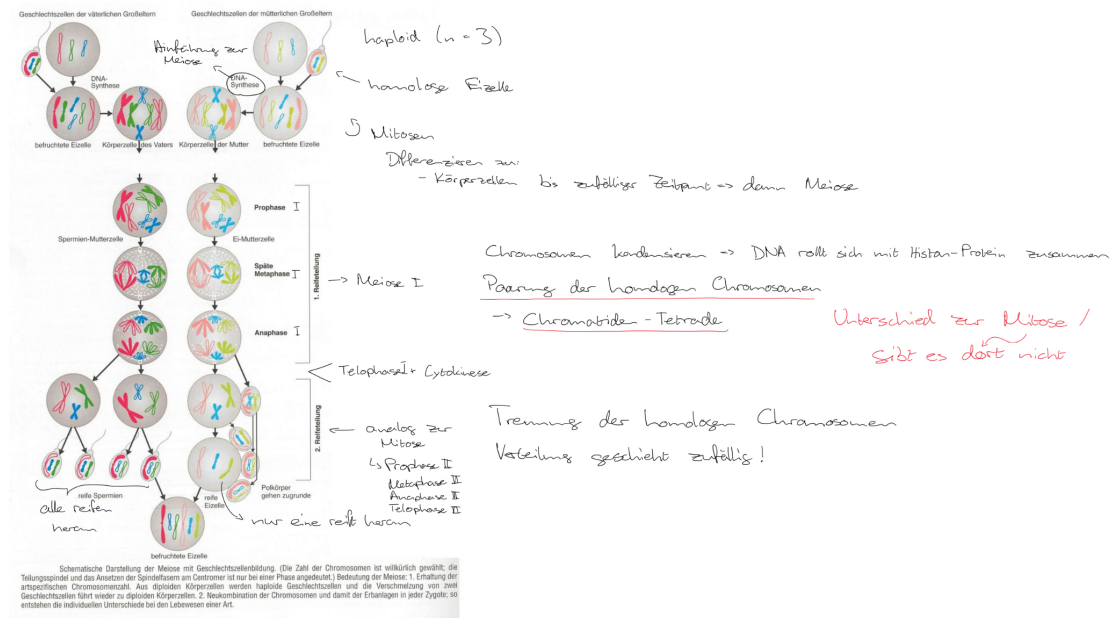


Abbildung 3.9.2: Ablauf der Meiose

Interchromosomale Rekombination (Aufgaben)

Inter = zwischen Chromosomen. Wie viele sind es beim Menschen mit 46 Chromosomen (n=23)?

$$2^n \rightarrow 2^{23}$$

Wieviele genetisch unterschiedliche Kinder könnte demzufolge ein Ehepaar theoretisch kriegen?

$$(2^{23})^2 = 70'368'744'177'664$$

Die Meiose führt zu einer Neukombination von Erbanlagen ⇒ individuelle Unterschiede zwischen den Nachkommen.

Intrachromosomale Rekombination (Crossing over)

Intra = innerhalb eines Chromosoms. Prophase I: u.a. Stücke der Chromatiden werden ausgetauscht.

Mögliche Allelpaarungen (Genvarianten)...

... ohne Crossing over: AB, ab

... mit Crossing over: AB, ab, Ab, aB

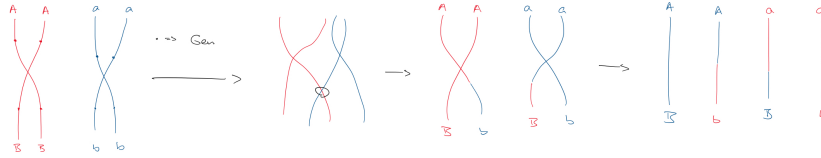


Abbildung 3.9.3: Intrachromosomale Rekombination (Crossing over)

DNA Replikation

1. Helicase (Enzym) spaltet die DNA-Stränge. Dabei entsteht eine Y-förmige Replikationsgabel.
2. DNA-Polymerase (in 5'-3'-Richtung gehend) heftet am 3'-Ende die Nukleotide an den wachsenden DNA-Strang.
3. Der Strang, an der die DNA-Polymerase sich in die gleiche Richtung wie die Helicase sich bewegt, ist der kontinuierlicher Strang, während der andere der diskontinuierliche Strang ist.
4. Beim diskontinuierlichen Strang muss die DNA-Polymerase immer wieder neu ansetzen (5'-3'-Richtung!) und deshalb entstehen viele einzelne DNA-Fragmente mit vielen Lücken, die durchs häufige Andocken geschieht, namens Okazaki-Fragmente, welche jedoch von der DNA-Ligase „zusammengeklebt“ wird.

PCR

Primer der DNA so wählen, dass ein gesuchtes kurzes DNA-Stück kopiert / vermehrt wird.

1. Denaturierung der DNA (durch Erhitzen auf 95°C.)
2. Hybridisierung der Primer (ca. 50°C. - 60°C.)
3. DNA-Polymerase kopiert die Vorlage → DNA verdoppelt: 2 Stränge
4. Wiederholung der Schritte 1) - 3)
2x 4 Stränge, 3x 8 Stränge, nx 2ⁿ Stränge ⇒ exponentielle Zunahme der DNA-Menge

Problem: Die DNA-Polymerase (Protein) denaturiert bei 95°C. auch.

Lösung: DNA-Polymerase von Bakterien aus heißen Quellen (Thermus aquaticus → Taq-Polymerase ⇒ stabil bei 95°C. / Optimum bei 72°C.)

Sichelzellanämie

Sichelzellanämie = vererbare Krankheit (kann tödlich sein). Rote Blutkörperchen verformen sich sichelförmig bei O₂-Mangel, weil Hämoglobin verklumpt.

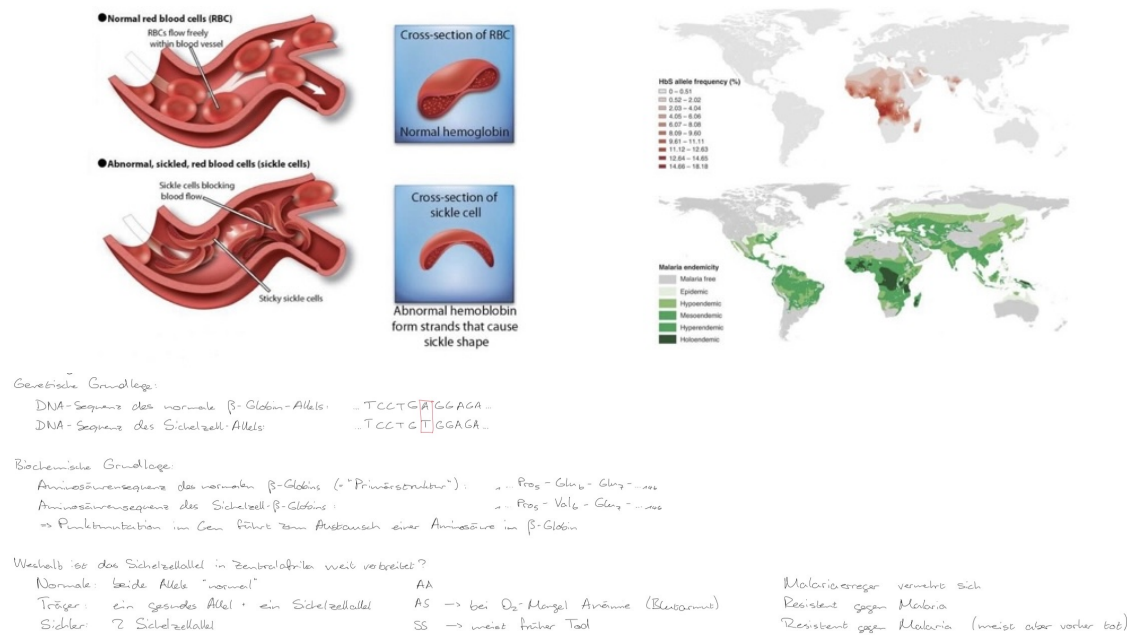


Abbildung 3.9.4: Sichelzellanämie

Vom Gen zum Protein

1. Gen / DNA

Woher weiss die RNA-Polymerase, wo ein Gen ist?

Promoter Triplet (AUG / Met.) und Terminator Triplet (UAA / Stop-Codon)

2. Transkription

- RNA-Polymerase liest DNA von 3' → 5' = codierender / codogener Strang synthetisiert RNA 5' → 3' $\hat{=}$ komplementären DNA-Strang = nicht codierender Strang
- RNA-Polymerase (Enzym) packt Nukleotid und bildet eigenen Strang mithilfe des anderen Stranges. Das Produkt ist die einstrangige mRNA.
- Meist wird für ein Gen die Sequenz des nicht-codierenden Strangs angegeben.
- Gene können auf beide DNA-Strängen lokalisiert sein

3. Translation

mRNA (m = messenger) geht durch Ribosom (mit rRNA; r = ribosomal), in der sich tRNA (t = transfer) mit den komplementären Codons an das mRNA andocken sollte. Beim erfolgreichen Andocken entsteht nach und nach eine Polypeptidkette \Rightarrow Proteine.

4. Protein

Wenn die komplementären Codons, die durch den tRNA gebracht werden, mit dem Codon der mRNA übereinstimmt, wird die Aminosäure, die ebenfalls mit der tRNA hingebacht wurde zu der bestehenden Aminosäurekette gebunden, was eine Polypeptidkette (= Protein) ergibt.

3.9.2 Klassische Genetik

Begriffe

- **Gen:** Ein Gen ist ein Abschnitt der DNA mit einer Information eines Merkmals.
- **Allel:** Ein Allel ist eine Variante eines Gens (z.B.: „braune Augen“ oder „blaue Augen“).
- **Merkmal:** Ein Merkmal ist eine Eigenschaft, die beobachtbar ist (z.B.: Augenfarbe, Blutgruppe, Haarfarbe).
- **Genotyp:** Der Genotyp ist die Allelkombination, die ein Individuum besitzt (z.B.: BB, Bb, bb).
- **Phänotyp:** Der Phänotyp ist das sichtbare Erscheinungsbild, was aus dem Genotyp resultiert.
- **homozygot:** homozygot (reinerbig) → beide Allele sind gleich (BB, bb).
- **heterozygot:** heterozygot (mischerbig) → zwei verschiedene Allele (Bb).
- **dominant:** Ein dominantes Allel setzt sich immer durch, wenn es vorhanden ist, d.h. ein Allel reicht aus.
- **rezessiv:** Ein rezessives Allel wirkt nur, wenn kein dominantes Allel da ist.
- **intermediär:** Kein Allel ist dominant, d.h. der Phänotyp ist eine Mischform (z.B.: rot und weiss → pink).
- **homogametisch:** Nur eine Art von Geschlechtschromosomen (Mensch: Frau = XX → homogametisch)
- **heterogametisch:** Zwei verschiedene Geschlechtschromosomen (Mensch: Mann = XY → heterogametisch)

Faktoren für Phänotyp

Phänotyp = Genotyp + Erbgang + Umwelt

1. Genotyp: Welche Allele zusammenwirken
2. Erbgang: dominant / rezessiv / intermediär / kodominant / autosomal / X-chomosomal
3. Umweltfaktoren: Ernährung, Sonne, Training, ...

Versuche über Pflanzenhybride (Mendel)

Theorie:

1. Reinerbige Ausgangspflanzen
Mendel wählte Pflanzen, die über viele Generationen immer dasselbe Merkmal zeigten (homozygot).
2. Kontrollierte Bestäubung
Er verhinderte Selbstbefruchtung, indem er die Staubblätter entfernte. Danach bestäubte er die Pflanze gezielt mit Pollen einer anderen Pflanze.
3. Kreuzung (P-Generation)
Zwei Pflanzen mit unterschiedlichen Merkmalen wurden gekreuzt (z.B. gelbe × grüne Samen).
4. Beobachtung der F₁-Generation
Alle Nachkommen zeigten nur ein Merkmal → das dominante. Das andere Merkmal verschwand scheinbar.

5. Weiterkreuzung ($F_1 \times F_2$)
In der F_2 -Generation tauchte das verschwundene Merkmal wieder auf, meist im Verhältnis 3 : 1.
6. Auswertung
Mendel zählte sehr viele Pflanzen und erkannte gesetzmässige Zahlenverhältnisse. Daraus formulierte er die Mendelschen Regeln.

Gesetzmässigkeiten bei der Weitervererbung

1. Mendelsche Regel (Uniformitätsregel)
Kreuzt man zwei reinerbige Eltern, die sich in einem Merkmal unterscheiden, sind alle Nachkommen der F_1 -Generation gleich (uniform) und zeigen das dominante Merkmal.
2. Mendelsche Regel (Spaltungsregel)
Kreuzt man die Individuen der F_1 -Generation untereinander, spalten sich die Merkmale in der F_2 -Generation in einem festen Verhältnis auf, meist 3 : 1 (dominant : rezessiv).
3. Mendelsche Regel (Unabhängigkeitsregel)
Bei der Betrachtung von zwei oder mehr Merkmalen werden diese unabhängig voneinander vererbt, sofern die Gene nicht auf demselben Chromosom liegen.

Analyse verschiedener Erbgänge

1. Dominant-rezessiver Erbgang
 - Dominantes Allel (A) setzt sich durch
 - Rezessives Allel (a) wirkt nur bei aa
 - Genotyp \rightarrow Phänotyp
 - AA \rightarrow dominant
 - Aa \rightarrow dominant
 - aa \rightarrow rezessiv

Beispiel (ein Merkmal) - Erbsenfarbe:

- A = gelb (dominant)
- a = grün (rezessiv)

Kreuzung: Aa \times Aa

- **Genotypen: 1 AA : 2 Aa : 1 aa**
- **Phänotypen: 3 dominant : 1 rezessiv**

2. Intermediärer Erbgang
 - Kein Allel dominiert
 - Heterozygote zeigen Mischform
 - Genotyp \rightarrow Phänotyp
 - AA \rightarrow Merkmal 1
 - Aa \rightarrow Mischform
 - aa \rightarrow Merkmal 2

Beispiel - Blütenfarbe:

- A = rot
- a = weiss

- $Aa \rightarrow \text{rosa}$

Kreuzung: $Aa \times Aa$

- **Genotypen: 1 AA : 2 Aa : 1 aa**
- **Phänotypen: 1 rot : 2 rosa : 1 weiss**

3. Mehrere Merkmale (dihybrider Erbgang)

- Jedes Merkmal wird getrennt analysiert
- Kombination der Ergebnisse

Beispiel - dominant-rezessiv:

- $A = \text{gelb} / a = \text{grün}$
- $B = \text{rund} / b = \text{eckig}$

Kreuzung: $AaBb \times AaBb$

- Gegeben:
 $AaBb \times AaBb$
- Für jedes Gen gilt:
 $Aa \times Aa \Rightarrow 3:1$
- Unabhängige Vererbung:
 $(3:1) \cdot (3:1)$
- Phänotypen:

$$\begin{aligned} A-B- &: \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{16} \\ A-bb &: \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{3}{16} \\ aaB- &: \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{16} \\ aabb &: \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16} \end{aligned}$$

- **Phänotypen: 9 : 3 : 3 : 1**

Voraussagen von zahlenmässigen Verhältnissen der Geno- und Phänotypen

Siehe oben (rot)

Molekulare Grundlage der klassischen Beobachtungen

Mendel beobachtete bei Erbsen einen dominant-rezessiven Erbgang der Samenform mit einer 3:1-Aufspaltung in der F_2 -Generation (rund : kantig).

Heute weiss man, dass dieses Merkmal auf molekularer Ebene durch ein Gen für ein Enzym der Stärkebildung erklärt werden kann.

Rolle des R-Gen: Das R-Gen codiert ein Enzym (Starch-branching-enzyme I), das für die Bildung von Amylopektin verantwortlich ist.

- R-Allel (dominant)
 - Enzym funktionsfähig
 - Stärke stark verzweigt (viel Amylopektin)
 - wenig löslicher Zucker
 - wenig Wasser im Samen
 - Samen bleibt rund

- r-Allel (rezessiv)
 - Enzym defekt
 - kaum verzweigte Stärke (wenig Amylopektin)
 - viel Saccharose (löslicher Zucker)
 - viel Wasseraufnahme
 - beim Austrocknen schrumpft der Inhalt, die Samenschale nicht
 - Samen wird kantig/runzlig

Wichtig: Der rezessive Phänotyp tritt nur bei rr auf, weil nur dann kein funktionsfähiges Enzym vorhanden ist.

Chemischer Unterschied der Samen:

- Runde Samen: hoher Stärkeanteil, viel Amylopektin, wenig Saccharose, wenig Wasser
- Kantige Samen: weniger verzweigte Stärke, wenig Amylopektin, viel Saccharose, viel Wasser

Genetischer Hintergrund:

Beim r-Allel ist das Gen etwa 800 Basenpaare länger als beim R-Allel. Ursache ist der Einbau eines Transposons, wodurch das Enzym nicht mehr korrekt gebildet wird.

Blutgruppensysteme ABO und Rhesusfaktor

ABO-Blutgruppensystem: Gen mit 3 Allelen (I^A , I^B , i)

Genotyp \rightarrow Phänotyp:

- $I^A I^A$ oder $I^A i \rightarrow A$
- $I^B I^B$ oder $I^B i \rightarrow B$
- $I^A I^B \rightarrow AB$
- $ii \rightarrow 0$

Rhesusfaktor (Rh-System): Gen mit 2 Allelen (D, d)

Genotyp \rightarrow Phänotyp:

- DD, Dd \rightarrow Rh-positiv
- dd \rightarrow Rh-negativ

Vererbung des Geschlechts

Das Spermium bestimmt das Chromosomengeschlecht (XX oder XY).

- Zu Beginn sind alle Embryonen zweigeschlechtlich angelegt:
- Müller-Gänge (weiblich)
- Wolff-Gänge (männlich)
- Ohne spezielle Hormone entwickelt sich automatisch das weibliche Geschlecht (Grundprogramm).

Bei XY-Embryonen:

- Das SRY-Gen auf dem Y-Chromosom bildet den Testis-determinierenden Faktor (TDF).
- TDF \rightarrow Entwicklung der Hoden.
- Die Hoden produzieren:

- AMH → Rückbildung der Müller-Gänge
- Androgene (z.B. Testosteron) → Entwicklung von Samenleitern und männlichen äusseren Geschlechtsorganen.

Fehlen diese Hormone oder ihre Rezeptoren, entwickelt sich der Embryo äusserlich weiblich, auch bei XY.

X-Chromosom:

- Nicht für die Geschlechtsbestimmung entscheidend
- Enthält viele lebenswichtige Gene.

Grundlage des Farbsehens

Allgemeine Grundlage

- Farbsehen beruht auf Sehpigmenten (Opsinen) in den Zapfen der Netzhaut.
- Dichromatisch: 2 Pigmente → weniger Farben
- Trichromatisch: 3 Pigmente → mehr Farben
- Ein Pigment für kurze Wellenlängen (blau) liegt bei allen Primaten auf einem Autosom.

Altweltaffen (z. B. Mensch, Menschenaffen)

- Auf jedem X-Chromosom liegen zwei verschiedene Pigmentgene:
- Rot
- Grün
- Kein entsprechendes Gen auf dem Y-Chromosom.

Folge:

- Weibchen (XX) → immer trichromatisch
- Männchen (XY) → ebenfalls trichromatisch

Neuweltaffen:

- Auf dem X-Chromosom liegt nur ein Pigmentgen für mittlere/lange Wellenlängen.
- Dieses Gen kommt in verschiedenen Allelen vor (z.B. rot, gelb, grün).

Folge:

- Männchen (XY) → nur ein Allel → dichromatisch
- Weibchen (XX): gleiche Allele → dichromatisch / zwei verschiedene Allele → trichromatisch

Superfarbsinn (v.a. beim Menschen)

- Durch Mutation entstehen mehrere funktionelle Allele für Rot-/Grün-Pigmente.
- Heterozygote Frauen (XX) können dadurch mehr als drei Zapfentypen besitzen.

Beurteilung von geschlechtsgekoppelten Erbgängen

Grundlage:

Das Gen liegt auf einem Geschlechtschromosom (meist X). Männer (XY) haben nur ein X ⇒ Allel wirkt sofort.

X-chromosomal rezessiv:

- Männer: ein krankes Allel \Rightarrow krank
- Frauen: ein krankes Allel \Rightarrow Trägerin
- Mehr Männer betroffen, keine Vater-Sohn-Übertragung

X-chromosomal dominant:

- Ein krankes Allel genügt
- Kranker Vater \Rightarrow alle Töchter krank
- Kranke Mutter \Rightarrow 50 % der Kinder krank

3.9.3 Genetische Diagnostik

Diagnosemethoden für Erbkrankheiten

Pränatal: Trisomie 21 ist durch Ultraschalluntersuchung sichtbar, aber Ultraschall ist keine genetische Untersuchung. Für genetische Untersuchung braucht es Erbgut. Zwei Möglichkeiten:

1. Fruchwasserpunktion (Amniozentese)

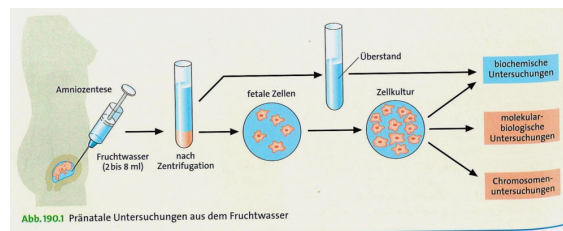


Abbildung 3.9.5: Pränatale Untersuchung aus dem Fruchtwasser (Amnion)

2. Chorionbiopsie (Punkt 3)

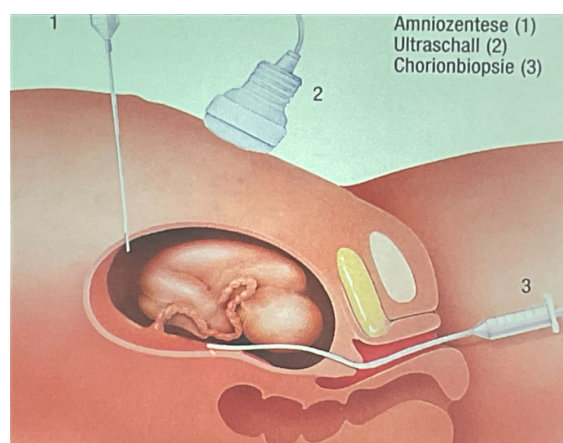


Abbildung 3.9.6: Pränatale Untersuchung aus der Zottenhaut (Chorion)

3. Präimplantationsdiagnostik (erlaubt seit 2015; CH)

- Künstliche Befruchtung \Rightarrow *in vitro* Fertilisation \Rightarrow dafür braucht es mehrere Eizellen

- Embryonen werden implantiert
 - eine / alle / keine nisten sich in Gebärmutter ein
4. Nicht-invasiver Pränataltest:
Erbgut des Kindes, auffindbar im Blut der Mutter, wird analysiert.

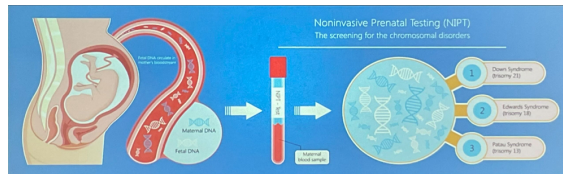


Abbildung 3.9.7: Pränatale Untersuchung (nicht-invasiv)

Postnatal: Analyse des gesamten Erbgut des Kindes.

1. Neugeborenen Screening: in einem kleinen Bluttröpfchen werden nach Krankheiten gesucht (vorausgesetzt, dass sie eine Heilung haben, bspw. eine Phenylalanin Diät).
2. Gentest mit Proben von irgendeiner Zelle (ausser Erythrozyten; meistens Speichelprobe).
Methodik:
 - (a) PCR (Vermehrung eines bestimmten DNA-Stücks)
 - (b) Chromosomenuntersuchung (mit Kariogramm): Molekularbiologische Untersuchung mit FISH Test...
 - fluorescent: Sonde wird mit Fluoreszenzfarbstoff markiert
 - *in situ*: im Gewebe
 - Hybridisierung: Sonde (DNA) bindet an DNA
 - (c) Genchip (nicht wichtig)
 - (d) Personalisierte Medizin (Analyse des ganzen Erbguts)

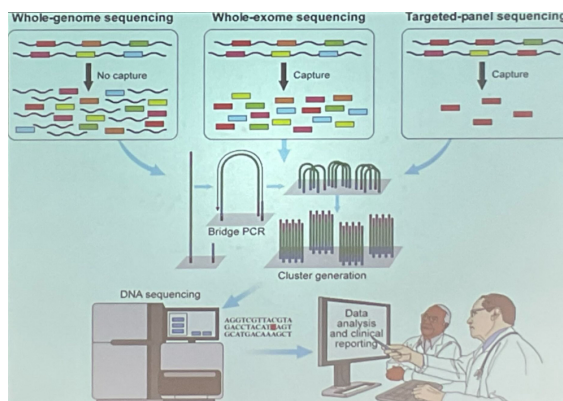


Abbildung 3.9.8: Postnatale Untersuchung durch personalisierter Medizin

Prinzip der Gentherapie

Diese 7 Gentherapien gibt es aktuell:

1. Strimvelis, heilt Immunschwäche
2. Luxturna, lindert angeborene Blindheit

3. Zynteglo, hilft bei β -Thalassämie
4. Zolgensma, bremst erheblichen Muskelschwund
5. Kymriah + Yescarta + Tecartus, bekämpfen aggressiven Blutkrebs

Grundfrage: Wie bringt man fremde DNA in Körperzellen? Zwei Möglichkeiten:

1. **in vivo**: Vektoren direkt in den Körper bringen
Vektoren sind sehr oft Viren, die als Vehikel agieren, mit dem man die DNA reinbringt.
2. **ex vivo / in vitro**: im Labor machen und Ausgang des Eingriffs ist kontrollierbar, dann reimplantieren, was wiederum schwierig ist

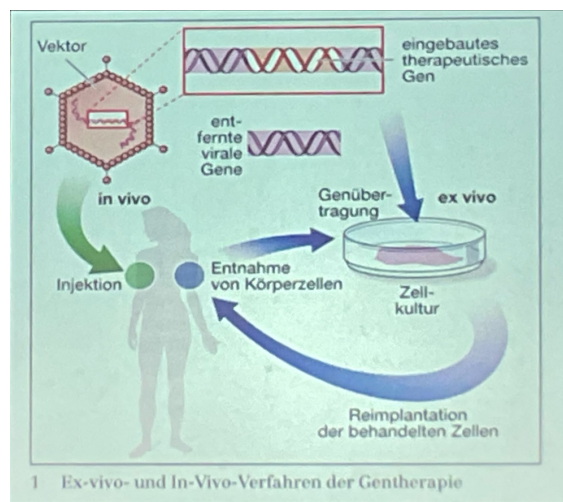


Abbildung 3.9.9: ex vivo- und in vivo-Verfahren der Gentherapie

Klassische Gentechnik

1. Ansatz

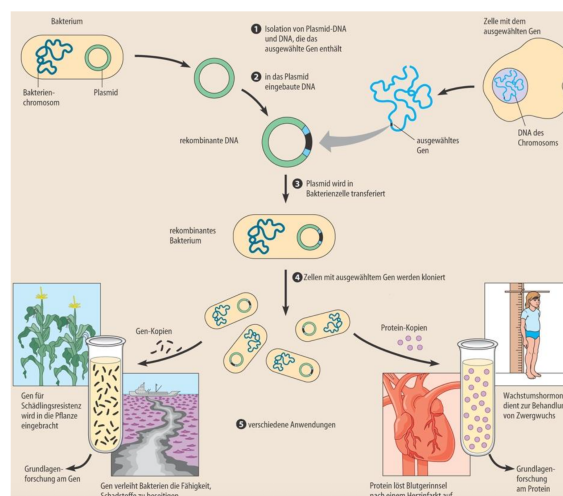


Abbildung 3.9.10: Klassische Gentechnik [Übersicht](1. Ansatz)

1. Man isoliert Bakterien Plasmid-DNA sowie aus einem anderen Organismus (z.B. vom Menschen) diejenige DNA, die das gesuchte Gen enthält. [Plasmide sind kleine, ringförmige, doppelsträngige DNA-Moleküle, die in Bakterien vorkommen können, aber nicht zum Bakterienchromosom zählen, also extrachromosomal vorliegen].
2. Ein DNA-Fragment, das dieses Gen trägt, wird in ein Plasmid eingebaut, wodurch rekombinante DNA entsteht.
3. Das rekombinante Plasmid wird zurück in die Bakterienzelle eingeschleust.
4. Bakterienzellen werden vermehrt, es bildet sich ein Klon gleicher Zellen. Dadurch wird auch des eingebaute Gen vermehrt. Auf diese Weise wird auch das Gen 'kloniert'.
5. Dargestellt sind einige Anwendungen der Genklonierung in Bakterien. Das klonierte Gen kann in einen anderen Organismus eingebaut werden, wodurch dieser neue Eigenschaften erhält (Beispiele links).
Die rekombinanten Bakterien können aber auch direkt nützliche Proteine herstellen, die in grossen Mengen aus Bakterienkulturen gewonnen werden können (z.B. Medikamente oder Enzyme in Waschmitteln).

2. Ansatz

- Das Prinzip der „Molekularen Schere“
Restriktionsenzyme (Endonukleasen) fungieren als hochpräzise Scheren. Sie erkennen spezifische, oft palindromische DNA-Sequenzen und schneiden den Doppelstrang.
 - Klebrige Enden (Sticky Ends): Für die Gentherapie ist der versetzte Schnitt entscheidend. Es entstehen kurze, einzelsträngige Überhänge, die wie ein Klettverschluss funktionieren.
 - Präzision: Da jedes Enzym eine exakte Sequenz erkennt, kann man ein gesundes Gen (das therapeutische Gen) punktgenau aus einem Spenderorganismus oder einem Plasmid ausschneiden.
- Die „Molekulare Klebe“: DNA-Ligase
Das Herausschneiden ist nur der halbe Weg. Um ein funktionsfähiges Therapeutikum zu erstellen, muss das isolierte Gen in einen Vektor (ein Transportmittel, meist ein entschärftes Virus oder ein Plasmid) eingebaut werden.
 - Die DNA-Ligase schliesst die Lücken im Zucker-Phosphat-Rückgrat der DNA.
 - Dadurch entsteht rekombinante DNA: Eine künstliche Kombination aus der Transport-DNA (Vektor) und dem heilenden Gen.
- Bedeutung für die klassische Gentherapie
In der klassischen Gentherapie ist das Ziel meist der Genersatz: Ein defektes, krankmachendes Gen im Körper des Patienten soll durch eine intakte Kopie ergänzt werden.

Schritt	Werkzeug	Funktion in der Therapie
Isolation	Restriktionsenzym	Das „gesunde“ Gen wird aus der Spender-DNA isoliert.
Rekombination	Ligasen	Das Gen wird stabil in einen viralen Vektor eingebaut.
Applikation	Vektor	Das rekombinante Konstrukt wird dem Patienten injiziert (<i>in vivo</i>) oder in entnommene Zellen eingebracht (<i>ex vivo</i>).

Tabelle 3.9.1: Bedeutung für die klassische Gentherapie

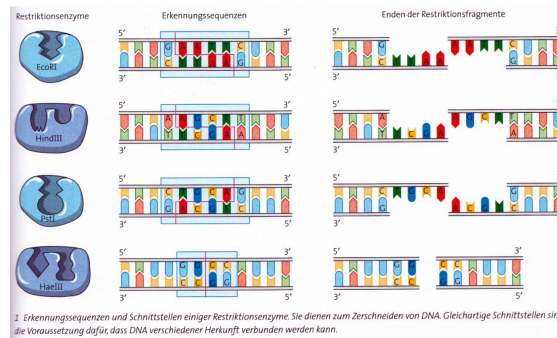


Abbildung 3.9.11: Klassische Gentechnik [Grundoperation](2. Ansatz)

3. Ansatz

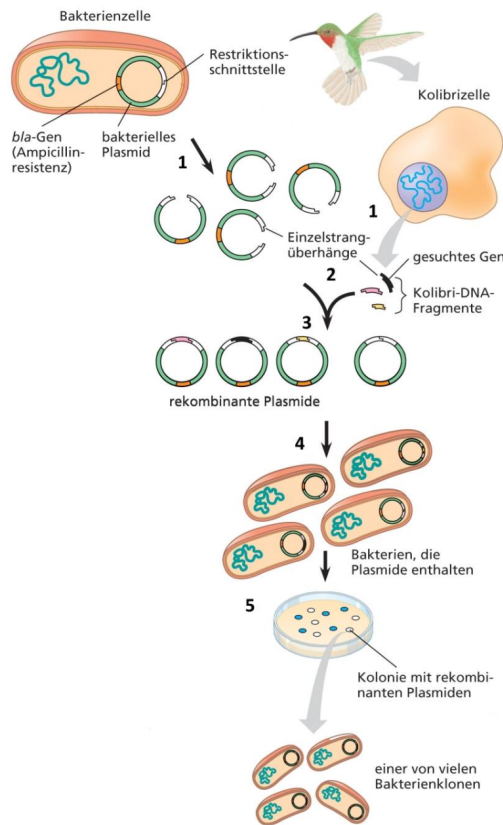


Abbildung 3.9.12: Klassische Gentechnik [Übersicht 2](4. Ansatz)

4. Ansatz

Um fremde DNA in eine Zelle zu übertragen, sind immer die folgenden grundlegenden Schritte notwendig.

- DNA aus dem Spenderorganismus wird isoliert und mithilfe eines Enzyms in Fragmente zerlegt.
- Zur Übertragung der Spender-DNA wird in der Regel ein Transportmolekül benötigt, ein Vektor. Er besteht ebenfalls aus DNA. Um fremde DNA in Bakterien einzuschleusen,

benutzt man meist ein Plasmid: kurze, ringförmige DNA, die natürlicherweise in Bakterien vorkommen und in diesen in zahlreichen, manchmal tausenden Kopien vorliegen. Eine anderer möglicher Vektor sind Viren; hier nutzt man ihre natürliche Eigenschaft aus, ihre eigene DNA in Wirtszellen einzuschleusen.

- Die Vektor-DNA wird isoliert und mithilfe des gleichen Restriktionsenzym aufgeschnitten, sodass sich die Spender-DNA anlagern kann.
- Durch das Enzym DNA-Ligase werden beide DNA-Moleküle verbunden.
- Die neu zusammengefügte, sogenannte rekombinante DNA wird in die Zellen eines Empfängerorganismus eingebracht („Transformation“).
- Zellen, die die rekombinante DNA aufgenommen haben, werden selektiert und vermehrt.

CRISPR/Cas9

CRISPR: Ursprünglich in Bakterien entdeckter Genort → Leit-RNA (heute synthetisch hergestellt).

Cas9: Enzym, das DNA schneidet, geleitet von der Leit-RNA.

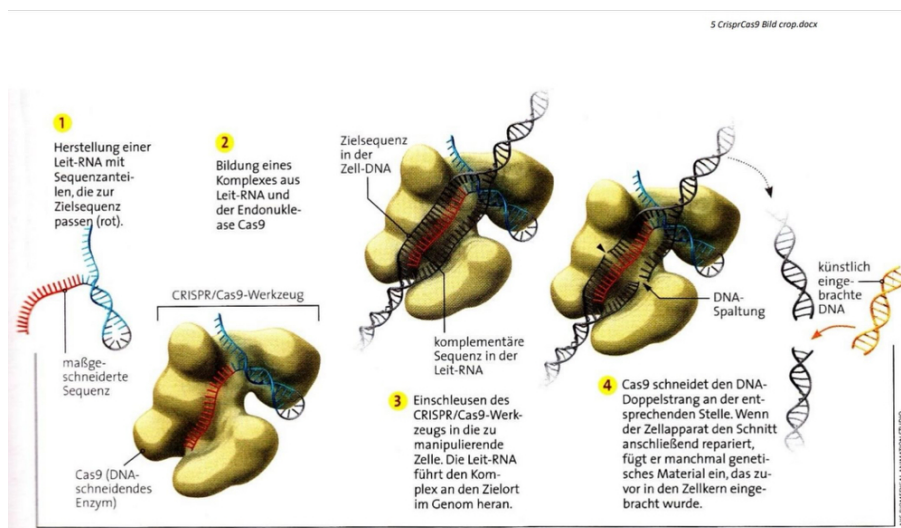


Abbildung 3.9.13: CRISPR/Cas9 Prozess

3.10 Humanevolution

Evolutionsgedanken von Lamarck und Darwin

Jean-Baptiste de Lamarck: Anpassung durch Gebrauch (1809)

Lamarck vertritt die Ansicht, dass die Umwelt den Organismus zu einer Verhaltensänderung zwingt.

- Mechanismus: „Gebrauch und Nichtgebrauch“. Die Giraffe streckt sich aktiv nach dem Laub. Durch diese ständige Anstrengung und Gewohnheit verlängern sich Hals und Vorderbeine im Laufe des individuellen Lebens.
- Vererbung: Diese während des Lebens individuell erworbenen Eigenschaften werden direkt an die Nachkommen weitergegeben. Die Evolution erfolgt hier also durch die Aufsummierung individueller Bemühungen über Generationen hinweg.

Charles Darwin: Anpassung durch Selektion (1859)

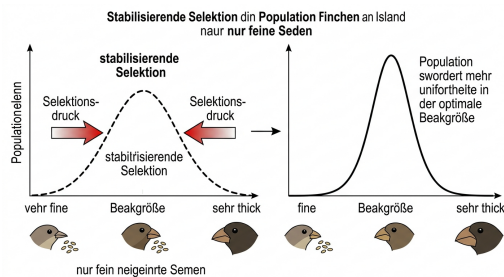
Darwin sieht die Ursache nicht in der Anstrengung des Einzelnen, sondern in der natürlichen Vielfalt innerhalb einer Population.

- Mechanismus: Variabilität und Selektion („Überleben der Besten“). Es gibt von Natur aus Giraffen mit leicht unterschiedlichen Halslängen. In Zeiten von Dürre und Hungersnot haben diejenigen Individuen einen Überlebensvorteil, die nur ein paar Zoll höher reichen können als ihre Artgenossen.
- Vererbung: Diejenigen, die überleben, pflanzen sich häufiger fort. Dadurch wird das Merkmal „langer Hals“ in der nächsten Generation häufiger. Die Evolution erfolgt hier passiv durch das Auslesen der am besten angepassten Varianten.

Mechanismen der Evolution

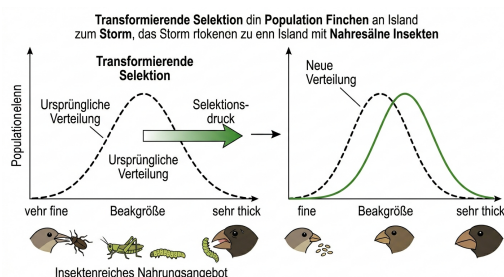
1. Überproduktion
Alle Arten erzeugen viel mehr Nachkommen, als zur Erhaltung notwendig wäre. Da die Ressourcen begrenzt sind, führt dies dazu, dass die Umwelt nicht alle tragen kann und nur ein Bruchteil überlebt.
2. Variation
Die Individuen einer Population variieren enorm in ihren Merkmalen; keine zwei sind exakt gleich. Ein Grossteil dieser Variabilität ist erblich.
3. Wettbewerb
Aus der Überproduktion folgt ein Wettbewerb oder „Kampf ums Dasein“ (struggle for life). Die Individuen stehen aufgrund der Ressourcenknappheit in direkter Konkurrenz zueinander.
4. Selektion
Im Wettbewerb überleben nur die am besten angepassten Individuen (survival of the fittest). Besonders „tauglich“ ist dabei das Individuum, welches die vorteilhaftesten Merkmale besitzt.

Verschiedene Arten der Selektion



Stabilisierende Selektion

Ausgangslage: Eine Vogelart ist an feine Samen angepasst.
 Selektionsdruck: Richtet sich gegen die Extreme (sehr fein- oder sehr dickschnablige Vögel haben ein „Problem“).
 Wirkung: Die mittleren, gut angepassten Individuen werden begünstigt. Die Merkmalsvarianz nimmt ab, die Population bleibt stabil bei der bewährten Form.



Transformierende (richtende) Selektion

Ausgangslage: Ein Teil der Population wird auf eine Insel mit vielen Insekten verfrachtet (grüne Kurve).
 Selektionsdruck: Richtet sich gegen die bisherige Durchschnittsform, da diese für die neue Nahrung (Insekten statt Samen) nicht ideal ist.
 Wirkung: Ein Extrem (z.B. spitze Schnäbel) ist nun im Vorteil. Die Kurve verschiebt sich in diese Richtung; es findet eine Merkmalsänderung statt.

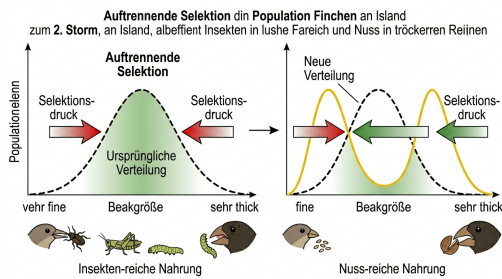


Abbildung 3.10.1: Arten der Selektion (nur Graphen beachten)

Aufrennende (disruptive) Selektion

Ausgangslage: Die Population landet auf einer Insel mit zwei gegensätzlichen Nahrungsangeboten: Insekten (grün) und Nüsse (gelb).

Selektionsdruck: Richtet sich gegen die Individuen mit mittleren Schnäbeln, da sie für beide Nahrungsquellen nur mässig geeignet sind.

Wirkung: Beide Extreme (sehr fein für Insekten UND sehr dick für Nüsse) sind im Vorteil. Die Kurve bildet zwei Gipfel aus; die Population spaltet sich auf.

3.10.1 Zeitliche Einordnung und Definitionen der Humanevolution

Homininenstammbaum:

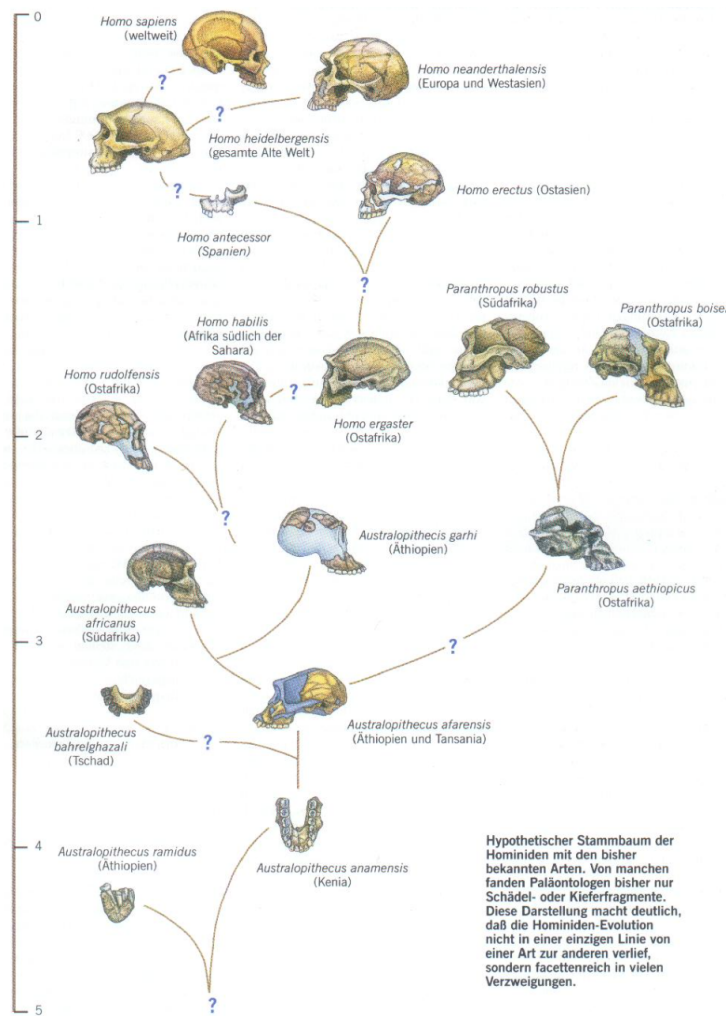


Abbildung 3.10.2: Homininenstammbaum

Was unterscheidet Menschen von anderen Menschenaffen?

- Aufrechter Gang
- Kiefer- / Hirnvergrößerung ⇒ Werkzeuge, Schmuck, Kultur, Sprache, Symbolik

Begriffe:

- Hominide: Menschen, Schimpansen, Gorilla, Orang-Utan
- Hominini: aufrecht gehender Menschenaffe
- Homo: Menschenaffen mit vergrößertem Gehirn

3.10.2 Mimese, Mimikry, Koevolution

- **Mimese:** Tarnung durch Nachahmung der Umwelt (Gottesanbeter / Birkenspanner)
- **Mimikry:** Tarnung durch Nachahmung von anderen Tieren (Wespe vs. Schwebfliege)
- **Koevolution:** Evolution, von denen man sich gegenseitig beeinflusst. (Orchidee mit langem Kelchsporn und Falter mit entsprechen langem Rüssel)

A Anhang

Allgemeinwissen

Erforschung von Hirnfunktionen

Phrenologie (18. Jahrhundert):

Franz Joseph Gall entwickelte die Theorie, dass Charaktereigenschaften an Schädelverformungen ablesbar seien. Diese Theorie erwies sich jedoch als wissenschaftlich unhaltbar.

Läsionsforschung (19. Jahrhundert):

Pierre Paul Broca entdeckte durch Studien an Patienten mit Hirnschädigungen, dass bestimmte Hirnareale spezifische Funktionen erfüllen. Er identifizierte beispielsweise das Broca-Areal, das für die Sprachproduktion zuständig ist.

Röntgen-Tomographie (1970er Jahre):

Mithilfe fokussierter Röntgenstrahlen können Schichtbilder des Gehirns erstellt werden. Diese Methode liefert genaue Informationen über die Struktur des Gehirns.

Positronen-Emissions-Tomographie (PET):

Diese Methode untersucht die Stoffwechselaktivität im Gehirn, indem radioaktive Marker injiziert werden. Aktivitätsunterschiede bei verschiedenen Aufgaben (z.B. Hören oder Sprechen von Wörtern) können sichtbar gemacht werden. PET zeigt nicht nur die Struktur, sondern die Funktion aktiver Gehirnbereiche.