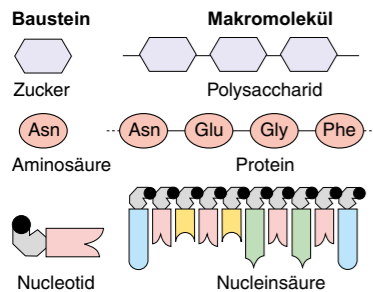


Basiskonzept Struktur und Funktion

Lebewesen zeichnen sich durch einen Zusammenhang von Struktur und Funktion aus. Er lässt sich durch den Evolutionsprozess erklären, einen Anpassungsprozess der Organismen an sich ändernde Umweltbedingungen.

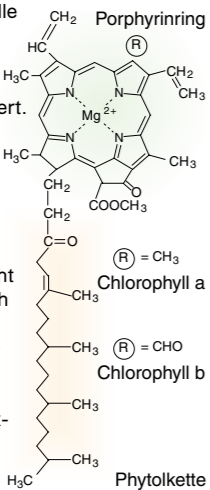
Bausteinprinzip



Makromoleküle sind meist aus identischen oder ähnlichen Grundeinheiten zusammengesetzt. Die relativ einfachen Einfachzucker, Aminosäuren und Nucleotide sind Grundlage für die hochspezifischen Strukturen der Polysaccharide, Proteine und Nucleinsäuren. Kleinste Veränderungen können dazu führen, dass bestimmte Funktionen nicht mehr möglich sind. Umgekehrt können aber auch Kombinationen von ähnlichen Grundbausteinen nach geringfügigen Abwandlungen völlig andersartige Funktionen wahrnehmen. Beispiele sind das Porphyrinsystem im Häm, Cytochrom und Chlorophyll.

Struktur lichtabsorbierender Pigmente

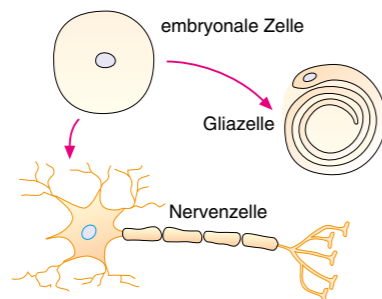
Die Pigmente der Photosynthese: Chlorophylle und Carotinoide sind als lichtsammelnde Einheit in die Thylakoidmembran integriert. Übereinstimmende Strukturmerkmale dieser Moleküle sind eine größere Anzahl konjugierter Doppelbindungen. Solche Moleküle können Licht absorbieren, wodurch Elektronen in einen energiereicheren Zustand gebracht werden. Redoxsysteme übernehmen die Elektronen bevor sie in den Grundzustand zurückkehren.



Kompartimentierung

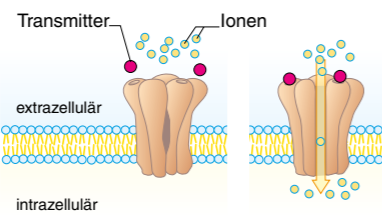
Lebende Systeme bestehen aus abgegrenzten Reaktionsräumen. Diese Kompartimente sind meist durch Membranen voneinander abgegrenzt. Eine Vielzahl von Stoffwechselreaktionen können so nebeneinander ablaufen. Jedes Kompartiment besitzt charakteristische Enzyme. Ein Beispiel ist die Dissimilation. Der erste Schritt des Glucoseabbaus, die Glycolyse, erfolgt im Cytoplasma der Zelle, der weitere Abbau in der Matrix der Mitochondrien. Der Ablauf der Atmungskette ist an den Intermembranraum der Mitochondrien gebunden.

Abwandlungsprinzip



Alle Organismen bestehen aus Zellen. Sie sind die kleinsten lebens- und vermehrungsfähigen Einheiten und zeigen ähnliche Grundbaupläne. Unterschiedliche Differenzierung führt jedoch zu vielfältigen Variationen. So verdeutlicht der Bau des Neurons anschaulich seine Funktion. Der Zellkörper mit den Dendriten dient als Verrechnungseinheit, das Axon der Weiterleitung von Aktionspotenzialen. Gliazellen, die die Neuronen isolieren, schützen und ernähren die Nervenzellen. Bei den markhaltigen Neuronen erhöhen sie die Leitungsgeschwindigkeit.

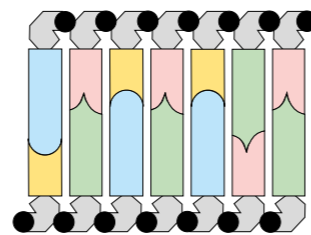
Schlüssel-Schloss-Prinzip



Jeder Organismus verfügt über eine Vielzahl von Molekülen, die eine spezifische Struktur besitzen. Sie treten mit räumlich passenden Molekülen in Wechselwirkung. Dieses Schlüssel-Schloss-Prinzip gilt für

die Passung zwischen Enzym und Substrat. Eine große Rolle spielt dieses Prinzip an den Synapsen der Nervenendigungen. Dort werden Transmittermoleküle freigesetzt, die an spezifische Rezeptormoleküle der postsynaptischen Membran gebunden werden.

Komplementäre Basenpaarung



Das Prinzip der Komplementarität ist das räumliche Ineinanderverschließen und die wechselseitige Bindung zwischen Molekülen. Am Bau des DNA-Doppelstrangs erkennt man auch seine Funktion. Zucker (Desoxyribose) und Phosphat erfüllen strukturelle Aufgaben, während die Basen die genetische Information tragen.

Bei der identischen Verdoppelung dient jeder Einzelstrang als Matrize für die Neusynthese eines identischen, neuen Tochterstranges. Ermöglicht wird diese identische Reduplikation durch die komplementäre Basenpaarung. Adenin und Thymin sowie Cytosin und Guanin entsprechen sich in ihrer Raumstruktur und ihrer Möglichkeit Wasserstoffbrückenbindungen auszubilden.

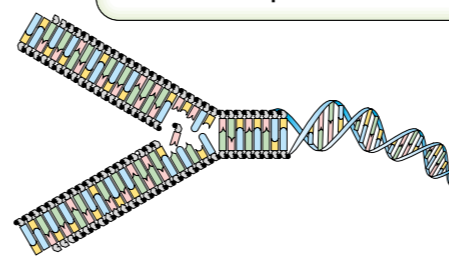
Aufgaben

- 1 Welche unterschiedlichen Funktionen können Sie den Porphyrinsystemen im Häm, Cytochrom und Chlorophyll zuordnen?
- 2 Enzyme sind spezifisch. Erklären Sie diese Aussage anhand der Struktur von Enzym und Substrat.
- 3 Stammzellen können in verschiedene Zelltypen differenzieren. Nennen Sie drei Beispiele und erläutern sie die Abwandlungen.
- 4 Gliazellen beteiligen sich bei markhaltigen Fasern auch an der Weiterleitung von Informationen. Erläutern Sie diese Aussage.
- 5 Beschreiben sie die Umsetzung des Prinzips der Kompartimentierung bei der Photosynthese und bei der Synthese von Proteinen.

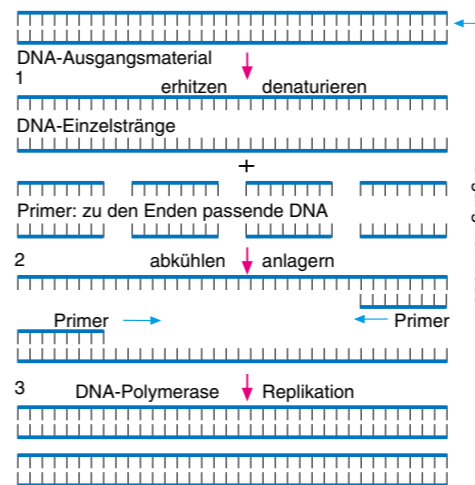
Basiskonzept Reproduktion

In der Biologie wird der Begriff „Reproduktion“ als Synonym für Fortpflanzung benutzt. Lebewesen haben im Gegensatz zur unbelebten Natur die Fähigkeit zur Vervielfältigung: Leben erzeugt Leben. Durch die individuell begrenzte Lebenszeit resultiert daraus eine Abfolge von Generationen, die die Möglichkeit zur Veränderung und damit auch zur Evolution schafft. Dazu tragen verschiedene Mechanismen bei, in die der Mensch mehr und mehr durch Gentechnik und Reproduktionsmedizin eingreifen kann.

Replikation

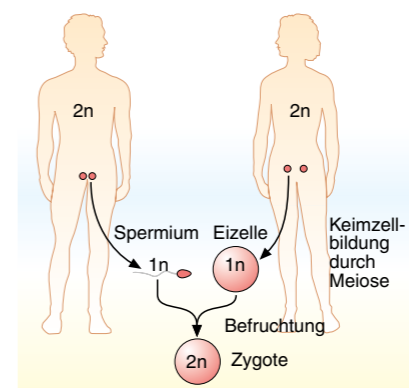


Bei der Replikation der DNA dienen die vorhandenen DNA-Stränge als Vorlage für die Synthese neuer DNA-Stränge. Diese Replikation wird ermöglicht durch die komplementäre Basenpaarung: A und T sowie C und G werden durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden. Die ursprüngliche Doppelhelix wird getrennt und jeder Einzelstrang dient als Vorlage für die Verdoppelung. Die Synthese läuft gleichzeitig an beiden Strängen ab, abgelesen wird in 3'–5', synthetisiert in 5'–3'-Richtung.



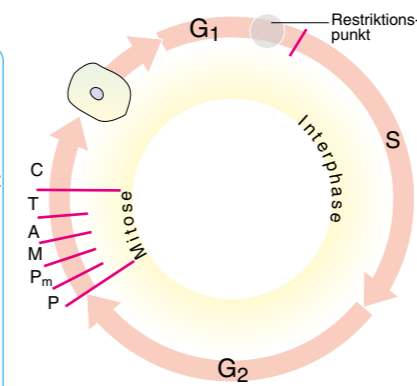
Die Replikation kleinerer Abschnitte der DNA kann auch in vitro im Verfahren der Polymerasekettenreaktion (PCR) ablaufen.

Zellzyklus



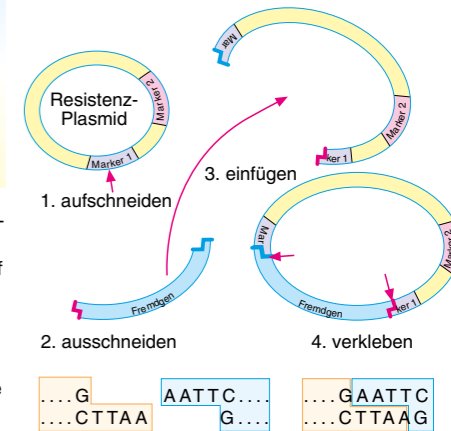
Eukaryoten wachsen, indem sich Zellen teilen. Da jede Zelle die gesamte Erbinformation enthält, muss diese verdoppelt und auf die beiden Tochterzellen verteilt werden. Dies geschieht im Zellzyklus, der aus zwei Phasen, der Interphase und der Mitosephase besteht. Das Genom ist auf mehrere Chromosomen verteilt. Bevor sich die Zelle teilt, werden die Chromosomen und die in ihnen verpackte DNA identisch verdoppelt. Dies geschieht in der Interphase. Die Chromosomen bilden nun identische Schwesterchromatiden, die am Centromer zusammengehalten werden. Bevor die Zelle sich teilt, werden in den Mitosephasen die Schwesterchromatiden getrennt und zu den Zellpolen bewegt. Eine neue Kernmembran bildet sich, das Cytoplasma wird auf die beiden Tochterzellen verteilt.

Sexuelle Fortpflanzung



Bei der sexuellen Fortpflanzung werden die Gene des Vaters und der Mutter an die Nachkommen weitergegeben, die Gene werden dabei rekombiniert, so dass die Nachkommen in der Regel unterschiedliche Genkombinationen aufweisen. Die Somaellen enthalten den doppelten Chromosomensatz, sie sind diploid. Im Vorgang der

Gentechnik



Mittels der Gentechnik werden Gene vervielfältigt (kloniert) und können in Wirtsorganismen eingeschleust werden. Dadurch wird das Genom der Organismen verändert. Die gebräuchlichsten Wirtsorganismen sind Bakterien. Als Vektoren zur Genübertragung können Plasmide oder Viren dienen. Weitere wichtige Werkzeuge der Gentechnik sind Restriktionsenzyme und Ligasen. Die Gentechnik bietet damit die Möglichkeit Gene einer Art in das Genom einer anderen Art einzubauen und diese Gene mit dem Genom des Wirtsorganismus zu vermehren und zu exprimieren.

Aufgaben

- 1 Welche Probleme ergeben sich bei der Verdoppelung der DNA aufgrund der antiparallelen Ausrichtung der komplementären DNA-Stränge?
- 2 Beschreiben Sie die Reaktionsbedingungen und die damit verbundenen Vorgänge beim Verfahren der Polymerasekettenreaktion.
- 3 Vergleichen Sie asexuelle und sexuelle Fortpflanzung an einem Beispiel.
- 4 Beschreiben Sie die Mechanismen bei der Meiose, die zu einer größeren Variabilität der Geschlechtszellen führen.
- 5 Bei der Gentechnik spricht man häufig auch von Klonierung. Zeigen Sie an einem Beispiel die Berechtigung dieser Begrifflichkeit.

Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung

Ein Kennzeichen der Lebewesen ist ihr Stoffwechsel. Er ist Voraussetzung für alle Lebensvorgänge. Stoffe werden vom Organismus aufgenommen und in andere Stoffe überführt, die als Baustoffe oder Energieträger dienen oder ausgeschieden werden. Bei jedem Stoffwechselfvorgang wird auch Energie umgewandelt. Deshalb gilt allgemein: Alle Lebensprozesse laufen unter Energieumwandlung ab. Tiere und Menschen erhalten die für die Lebensprozesse notwendige Energie durch die Aufnahme energiereicher Stoffe über die Nahrung. Pflanzen nutzen in der Regel die im Sonnenlicht enthaltene Energie. Energie kann weder neu erschaffen, noch vernichtet werden, sondern stets wird eine Energieform in eine andere umgewandelt.

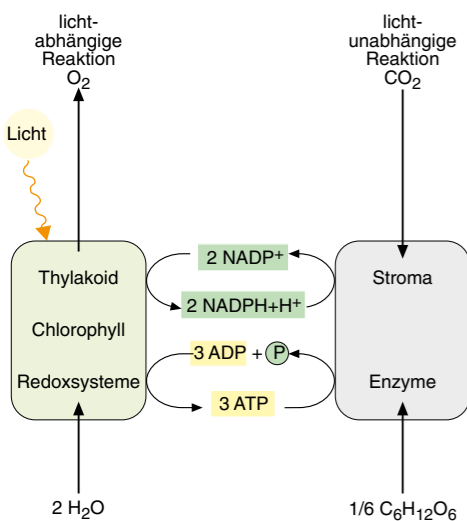
Fotosynthese

Stoffumwandlung

In der lichtabhängigen Reaktion werden Wassermoleküle in Protonen und Elektronen sowie Sauerstoff gespalten (Fotolyse des Wassers). Protonen und Elektronen werden an NADP^+ gebunden, es entsteht $\text{NADPH} + \text{H}^+$. Das energiereiche ATP wird gebildet. Kohlenstoffdioxid wird reduziert, $\text{NADPH} + \text{H}^+$ dient als Reduktionsmittel, ATP als Energiequelle.

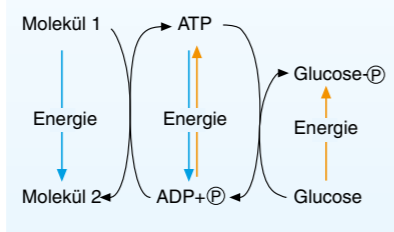
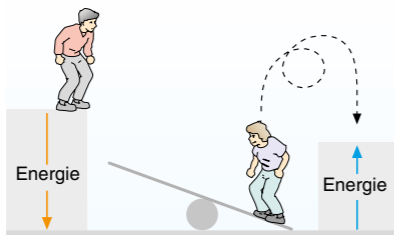
Energieumwandlung

Licht kann als elektromagnetische Welle betrachtet werden, die in Abhängigkeit von ihrer Wellenlänge elektromagnetische Energie enthält. Elektronen des Chlorophyll-Moleküls werden durch das Anheben



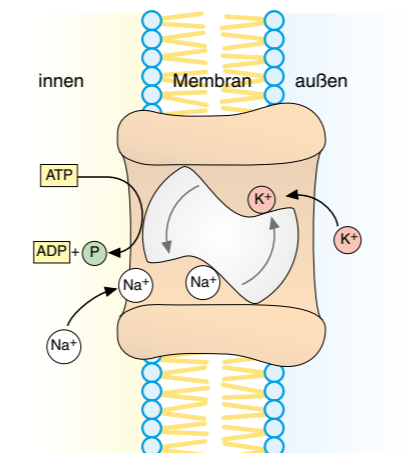
in einen „höheren“ Anregungszustand energiereicher. Die Elektronen werden entweder zwischen zwei Fotosystemen oder direkt ans Fotosystem I über Redoxsysteme weitergegeben. Diese Redoxreaktionen erzeugen einen Protonengradienten, der vom Enzym ATP-Synthetase zur Bildung des energiereichen ATP-Moleküls genutzt wird. In der lichtunabhängigen Reaktion wird für den energieverbrauchenden Schritt der Reduktion von Phosphoglycerinsäure zu Phosphoglycerinaldehyd Energie benötigt. Diese wird in einer gekoppelten Reaktion durch die Spaltung des ATPs in ADP und Phosphat bereitgestellt. Damit kann aus dem energiearmen Ausgangsstoff Kohlenstoffdioxid die energiereiche Verbindung Glucose synthetisiert werden.

ATP — die Energiewährung der Zelle



ATP dient in den Zellen als universeller Energieüberträger. An den meisten biochemischen Reaktionen, die Zufuhr von Energie benötigen, ist Adenosintriphosphat (ATP) beteiligt. Bei der Abspaltung einer Phosphatgruppe (P) entsteht aus dem ATP Adenosindiphosphat (ADP). Durch die Abspaltung wird Energie frei ($30,5 \text{ kJ/mol}$). Die freie Phosphatgruppe wird auf energiearme Moleküle übertragen, die dadurch energiereicher werden. Zellen können mithilfe des ATP-Moleküls Arbeit verrichten. Beispielsweise Transportarbeit, indem Stoffe durch die Membran gepumpt werden oder mechanische Arbeit, wenn bei einer Zellteilung Chromosomen durch den Zellkern bewegt werden.

Zum Aufbau von ATP aus ADP und Phosphat ist die Zufuhr eines entsprechenden Energiebetrages erforderlich. Energie liefernde Prozesse im Organismus z.B. beim Abbau der Glucose werden zur Gewinnung von ATP genutzt.



Nervensystem

Die Weiterleitung von Information über die Neuronen des Nervensystems kann nur gewährleistet werden, indem an der Zellmembran ein Ionengradient aufrecht erhalten wird. Leckströme durch die Membran und die Diffusion der Ionen durch die Ionenkanäle beim Aktionspotenzial würden zum Ionenausgleich zwischen intra- und extrazellulären Bereichen der Neuronen führen. Die bei der Spaltung von ATP freiwerdende Energie ermöglicht den in der Membran verankerten Ionenpumpen den Transport von K^+ - und Na^+ -Ionen entgegen dem Konzentrationsgefälle.

Aufgaben

1. Listen Sie die Ihnen bekannten Energieformen auf. Nennen Sie Umwandlungen im Organismus.
2. Welche Stoffumwandlungen laufen bei der Dissimilation ab?
3. Zeigen Sie am Beispiel der Fotosynthese und dem Abbau der Glucose, dass Stoffumwandlungen auch stets mit Energieumwandlungen gekoppelt sind. Definieren Sie den Begriff „gekoppelte Reaktion“ und erläutern Sie diesen an je einem Beispiel der Glykolyse und der Fotosynthese.
4. An welchen Stellen der Proteinbiosynthese wird ATP benötigt? Begründen Sie Ihre Aussage.
5. Erläutern Sie die Vorgänge an Neuronen und Synapsen unter dem Aspekt der Stoff- und Energieumwandlung!

Basiskonzept Organisationsebenen

Alles Leben ist durch verschiedene Organisationsebenen gekennzeichnet. Im System Organismus existieren kleinere Einheiten bzw. Untersysteme deren Zusammenwirken aufeinander abgestimmt ist. Dieses Zusammenspiel ist auf verschiedenen Organisationsebenen erkennbar, die sich auch durch die Größe ihrer Bestandteile unterscheiden. Die unterste Ebene beginnt mit kleinsten Teilchen, den Atomen, die sich zu Molekülen zusammenschließen, und führt über Gewebe und Organe hin bis zu Organismen.

Ebene der Atome und Moleküle

Organismen bestehen zum größten Teil aus nur sechs Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, dazu kleineren Mengen Schwefel und Phosphor. Diese Elemente sind in der Lage starke Elektronenpaarbindungen auszubilden. Insbesondere das Kohlenstoffatom bildet stabile Ketten. Sind weitere Atomgruppen, die funktionellen Gruppen, wie z. B. -OH-, -COOH- oder -NH₂-Gruppen gebunden, erhöht sich die Vielfalt erheblich.

Bei der Strukturierung der Zelle spielen sehr große Moleküle, die Makromoleküle eine zentrale Rolle. Die meisten Makromoleküle sind Polymere, d. h. sie werden aus identischen Bausteinen den Monomeren aufgebaut.

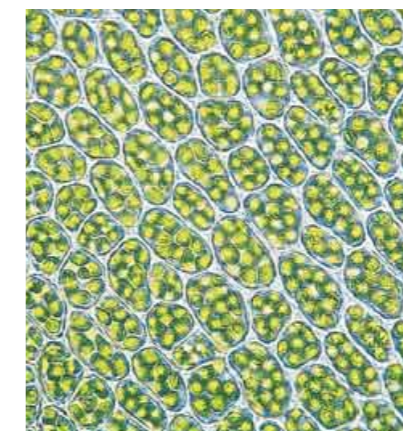
Die wichtigsten Makromoleküle in den Zellen sind Kohlenhydrate, Proteine und Nucleinsäuren, wichtige Biomoleküle sind außerdem die Lipide.

Kohlenhydrate werden in der Zelle als Betriebsstoffe und als Baustoffe eingesetzt. **Lipide** werden in mehrere Gruppen unterteilt: **Fette** sind Speichermoleküle mit großem Energiegehalt. In **Phospholipiden** ist eine Fettsäure durch eine hydrophile Gruppe ersetzt. Aufgrund der hydrophilen und der lipophilen Eigenschaft ist dieses Molekül sehr gut als Baustein der Zellmembran geeignet. Die **Bausteine der Proteine** sind 20 verschiedene Aminosäuren, die sich in ihrer Seitenkette unterscheiden. **Proteine** können sich in spezifischer Weise aufrollen. Aus der Abfolge der Aminosäuren, der Primärstruktur, ergibt sich auch die räumliche Gestalt des fertigen Makromoleküls (Tertiärstruktur).

Bestimmte Proteine, die **Enzyme** sind darauf spezialisiert, andere Moleküle reversibel zu binden. Die Bausteine der Nucleinsäuren sind die Nucleotide. Ihre Zucker- und Phosphatgruppen werden zu

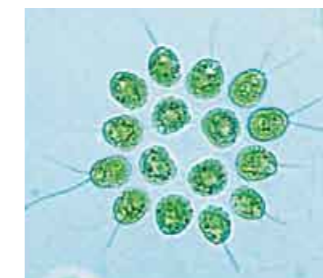
einem Strang verknüpft. Von diesem stehen verschiedene, stickstoffhaltige Basen ab. Die so entstandene **DNA** ist ein aufgewundener Doppelstrang, die einzelnen Basen sind durch Wasserstoffbrückenbindungen verknüpft. Bei der **RNA** dagegen handelt es sich um eine einsträngige Nucleinsäure.

Ebene der Organellen und der Zelle

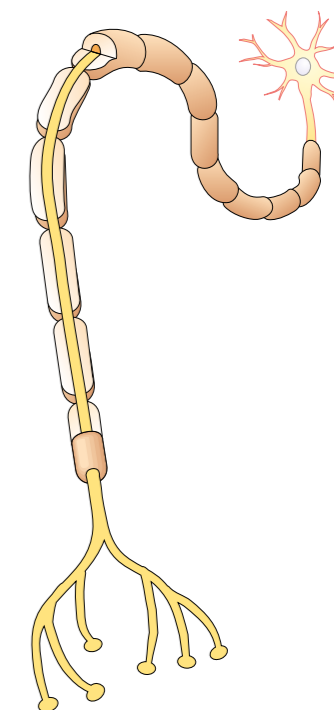


Die kleinste Einheit, die alle Aktivitäten des Lebens zeigt, ist die von einer Membran umgebenen Zelle. **Prokaryotenzellen** besitzen weder einen Zellkern noch membranumhüllte Organellen. **Eukaryotenzellen** werden durch innere Membranen in kleinere Reaktionsräume (**Kompartimente**) unterteilt. Verschiedene Stoffwechselreaktionen werden so voneinander abgegrenzt. Organellen wirken in komplexen Wechselwirkungen zusammen.

Zusammenschlüsse einzelner Zellen führten im Evolutionsgeschehen zu Zellaggregaten und schließlich zur Vielzelligkeit. Verbunden damit ist eine Spezialisierung und Arbeitsteilung der Zellen bei den Eukaryoten. Sehr spezialisierte Zellen sind Neuronen, die Signale weiterleiten können. Die Fortsätze dieser Nervenzellen, Dendriten und Axone, leiten Informationen zum Zellkörper bzw. von diesem weg.



Organsysteme



Das Nervensystem besteht im wesentlichen aus zwei Zelltypen, den Gliazellen und den Neuronen. Neuronen übertragen Signale, Gliazellen isolieren und versorgen die Neuronen mit Nährstoffen. Werden bei markhaltigen Neuronen die Gliazellen in den Mechanismus der Weiterleitung einbezogen, ist eine schnellere und zugleich material- und energiesparende Weiterleitung möglich. Im Verlauf der Evolution ist eine zunehmende Zentralisation der Nervensysteme erkennbar. Bei Wirbeltieren nimmt die Größe des Gehirns und dessen Komplexität, insbesondere des Großhirns zu.

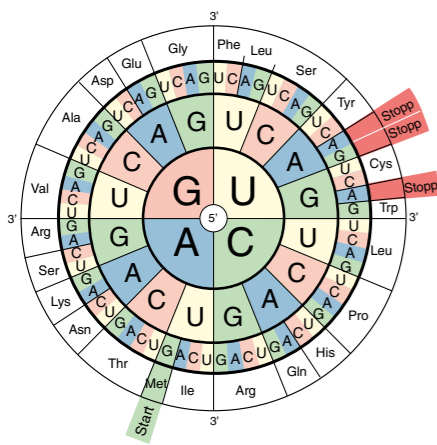
Aufgaben

1. Listen Sie die in der Zelle vorkommenden Nucleinsäuren auf und erläutern Sie deren Bau.
2. Welche Kohlenhydrate werden als Baustoffe, welche als Betriebsstoffe verwendet?
3. Finden Sie Erklärungen für die Aussage, dass Eukaryotenzellen kompartimentiert sein müssen.
4. Erstellen Sie eine Tabelle, in der die Organellen einer Zelle aufgeführt sind und geben Sie deren wichtigste Funktionen an.
5. Zeigen Sie am Beispiel des Down-Syndroms, welche verschiedenen Organisationsebenen beim Krankheitsgeschehen eine Rolle spielen.

Basiskonzept Information und Kommunikation

Lebewesen nehmen Informationen auf, speichern und verarbeiten sie und kommunizieren miteinander. Voraussetzungen sind eine gemeinsame Sprache und geeignete Aufnahme-, Speicher- und Abgabemechanismen. Information ist eine Mitteilung, die aus einer Abfolge von Signalen besteht, vom Empfänger aufgenommen wird und dort bestimmte Reaktionen auslöst. Kommunikation ist eine wechselseitige, aufeinander abgestimmte Informationsübertragung. Sie kann sowohl zwischen Organismen als auch innerhalb eines Organismus und in der Zelle stattfinden.

Genetischer Code

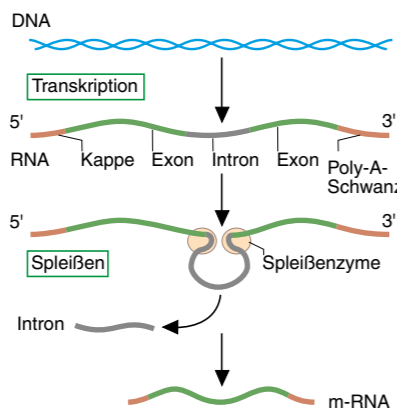


In der DNA ist die Erbinformation in der Abfolge der Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin verschlüsselt. Der genetische Code ist fast universell, d.h. er stimmt bei den meisten Lebewesen überein. 61 der möglichen 64 Basentriplets werden in eine Aminosäure übersetzt. Drei Tripletts fungieren als Start oder Stopp-Signal. Mit der Abfolge der Aminosäuren wird auch die Raumstruktur eines Proteins wesentlich festgelegt. Proteine steuern als Enzyme viele Stoffwechselprozesse in Zellen und Organismen. Damit sind sie für die Ausprägung von Merkmalen verantwortlich.

Informationsfluss innerhalb einer Zelle

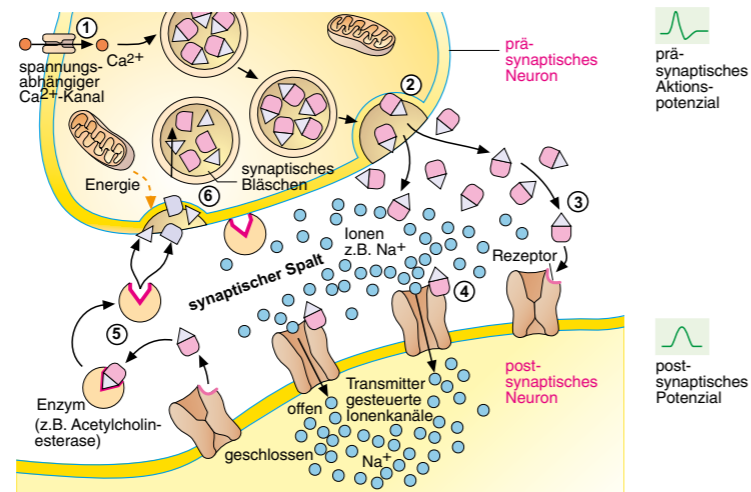
Innerhalb einer Zelle werden Informationen von Organell zu Organell weitergegeben. So existieren Import- und Exportsignale für Substanzen in den Zellkern hinein und aus dem Zellkern heraus. Ein Beispiel für ein Exportsignal ist der Poly-A-Schwanz

und die cap-Struktur der m-RNA. Sie sind Signale, die m-RNA aus dem Kern ins Cytoplasma zu transportieren. Die meisten Proteine der Mitochondrien werden vom Zellkern codiert und an den Ribosomen im Cytoplasma synthetisiert. Sie müssen ihren Zielort, die Mitochondrienmembran erreichen. Die Proteine werden dazu mit einem Signalpeptid, einer kurzen Aminosäurekette gekennzeichnet. Analog dazu werden Proteine, die in den Chloroplasten eingeschleust werden, mit einem Chloroplasten-Signalpeptid versehen.



Informationsaustausch zwischen Zellen

Mit Hilfe von Rezeptoren in den Zellmembranen können Zellen Signale aus der Umwelt aufnehmen und ins Innere der Zelle weiterleiten. Die extrazelluläre Information wird in eine intrazelluläre übersetzt. Beispielsweise binden Hormone an bestimmte Hormonrezeptoren und wirken dadurch nur an ihren Zielzellen. Über weitere Botenstoffe innerhalb der Zelle können beispielsweise Enzyme aktiviert werden. Im Muskel und im Nervensystem spielen membrangebundene Rezeptoren eine



Rolle. Signalmoleküle, die Neurotransmitter, binden an Ionenkanäle, verändern deren Struktur und damit die Durchlässigkeit für bestimmte Ionen. Das chemische Signal des Transmitters wird in ein elektrisches Signal übersetzt. Bei der **Immunabwehr** kommunizieren verschiedene Zellen der unspezifischen und spezifischen Abwehr entweder über Signalstoffe oder durch direkten Zellkontakt.

Nervensystem und Hormonsystem

Das Nervensystem ermöglicht eine schnelle Kommunikation im Körper. Von Sinnesorganen gelangen Informationen ins Zentrale Nervensystem und von dort zu den Muskeln und anderen Organen. Hormone erreichen mit dem Blutstrom die Zielorgane. Die Informationsübertragung ist jedoch langsamer als durch die Nervenzellen. Die Wirkung hält dagegen länger an.

Aufgaben

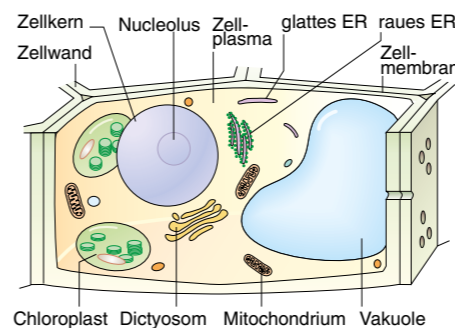
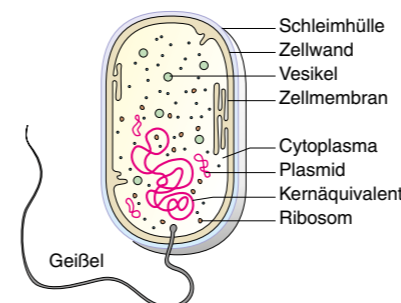
1. Stellen Sie die wichtigsten Schritte zusammen, die vom genetischen Code der DNA zur dreidimensionalen Struktur eines Proteins führen.
2. Begründen Sie die Aussage, dass Nucleinsäuren sowohl als Informationsspeicher als auch der Informationsübertragung dienen.
3. Erläutern Sie die einzelnen Codierungsschritte bei der Informationsübermittlung im Nervensystem.
4. Bei der Meiose werden Chromatiden auf die Keimzellen verteilt. Begründen Sie, warum zwei verschiedene Keimzellen unterschiedliche Erbinformationen enthalten.
5. Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Hormon- und Nervensystem.

Basiskonzept Entwicklung

Lebewesen verändern sich im Verlauf der Zeit, sie entwickeln sich. Man unterscheidet die *Individualentwicklung* oder auch *Keimesentwicklung* von der *evolutionären bzw. stammesgeschichtlichen Entwicklung*.

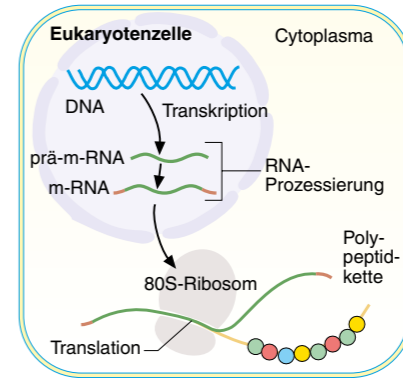
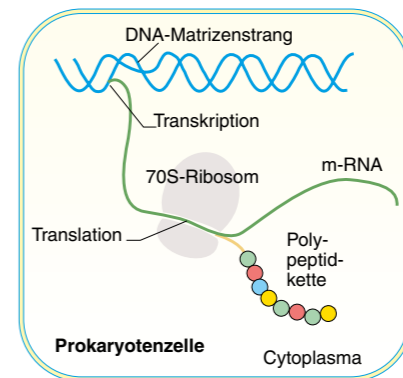
Individualentwicklung: Aus dem einzelligen Keim, der Zygote, entwickelt sich ein vielzelliger Organismus. Der Bauplan für den Organismus ist in den Genen festgelegt. **Stammesgeschichtliche Entwicklung:** Durch kleine Veränderungen in der Erbinformation, wie sie z. B. durch Mutationen hervorgerufen werden, kommt es zu Variationen von Merkmalen der Lebewesen einer Art. Die besser angepassten Varianten geben ihre Erbinformation häufiger weiter als die schlecht angepassten. Dies bewirkt eine Entwicklung (Evolution) im Verlauf längerer Zeiträume.

Protocyte – Eucyte



Der Zelltyp der Prokaryoten unterscheidet sich vom dem der Eukaryoten durch den viel einfacheren Aufbau. Prokaryoten sind fast ausnahmslos einzellig. Eubakterien und Archaeobakterien fehlen membranbegrenzte Organellen. Trotzdem findet man bei ihnen alle grundlegenden Stoffwechselwege. Die eukaryotische Zelle mit ihren Organellen zeichnet sich durch eine komplexere innere Struktur aus.

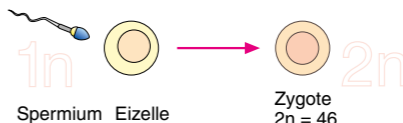
Pro- und eukaryotische Proteinsynthese



Bei Prokaryoten ist die gebildete m-RNA sofort nutzbar und kann an den Ribosomen in ein Protein übersetzt werden. In der eukaryotischen Zelle besteht die m-RNA zunächst aus Exons und Introns. Beim Spleißen werden die Introns herausgeschnitten. Werden verschiedene Exons zusammengesetzt, erhöht sich die Anzahl der herstellbaren Proteine gewaltig. Ein Beispiel ist die Bildung von Antikörpern.

Stammzellen

Jeder Mensch entwickelt sich aus der befruchteten Eizelle. Sie ist eine totipotente Stammzelle, aus der sich alle späteren Zelltypen bilden können. Durch viele Zellteilungen entsteht der vollständige Organismus. Bei adulten Stammzellen bleibt die Teilungsfähigkeit erhalten, sie können sich jedoch nur in bestimmte Zellen differenzieren, beispielsweise die Zellen des Knochenmarks in Blutzellen.



Chromosomen und Entwicklung

Bei der genotypischen Geschlechtsbestimmung hängt es von den Geschlechtschromosomen ab, ob weibliche oder männliche Geschlechtsorgane gebildet werden. Ist im Karyogramm eine abweichende Chromosomenzahl zu finden, kommt es zu Fehlsteuerungen, die massive Störungen in der Entwicklung des Gesamtorganismus nach sich ziehen.



Gentechnik

Bei der *somatischen Gentherapie* wird versucht intakte DNA-Abschnitte in die betroffenen Gewebe zu transferieren. Bei der *Keimbahntherapie* wird das Gen bereits in die befruchtete Eizelle eingeschleust. Man erhält so transgene Tiere. In Pflanzen können mithilfe des *Agrobacterium tumefaciens* Gene in das Pflanzengenom integriert werden, die für neue, erwünschte Eigenschaften codieren.

Aufgaben

1. Vergleichen Sie eine Pro- und eine Eukaryotenzellen und zeigen Sie auf, welche evolutionäre Weiterentwicklung erkennbar ist.
2. Vergleichen Sie tabellarisch die Unterschiede der Proteinsynthese bei Pro- und bei Eukaryoten.
3. Gonosomale Chromosomenabweichungen stören die Entwicklung weniger als autosomale. Geben Sie jeweils ein Beispiel und begründen Sie die Unterschiede!
4. Zeigen Sie am Beispiel der Phenylketonurie, welche Auswirkungen eine Genmutation auf die Entwicklung haben kann. Erläutern Sie, in wie fern auch Umweltbedingungen einen wesentlichen Einfluss nehmen können.
5. In fast allen Tierstämmen findet man nur marklose, in Wirbeltieren dagegen zusätzlich markhaltige Nervenzellen. Erläutern Sie welche evolutionäre Weiterentwicklung erkennbar ist.

Basiskonzept Variabilität und Anpassung

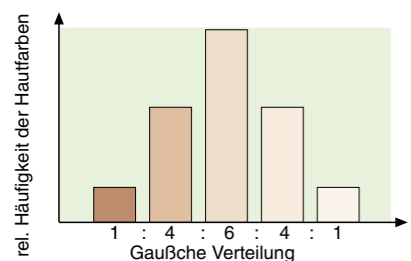
Unter *Variabilität* versteht man, dass die Individuen einer Art eine Verschiedenheit in der Ausbildung bestimmter Merkmale und Eigenschaften aufweisen. Diese sind durch unterschiedliche Erbanlagen, also unterschiedliche Gene (*genetische Variabilität*) und durch unterschiedliche Umwelteinflüsse (*modifikatorische Variabilität*) bedingt. *Anpassung* beschreibt wie die Merkmale eines Organismus im Wechselspiel mit der Umwelt während der Stammesgeschichte entstanden sind.

Rekombination: Erhöhung der genetischen Variabilität

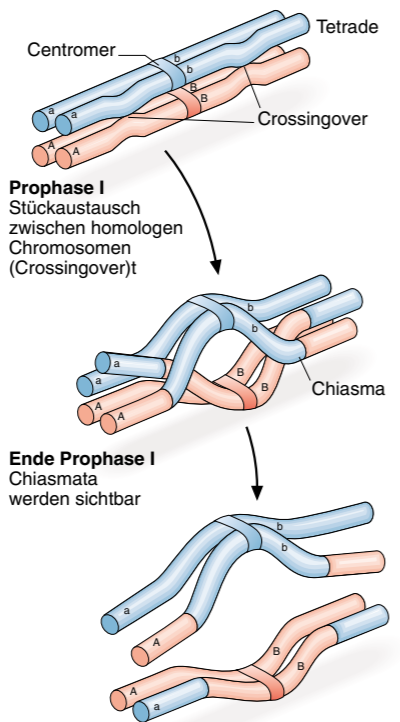
Bestimmte Bakterien und Hefepilze sind auch an ein Überleben ohne Sauerstoff angepasst. Steht genügend Sauerstoff zur Verfügung, stellen sie ATP über die Zellatmung her. Kommt es zu Sauerstoffmangel, kann beispielsweise die Bäckerhefe durch die alkoholische Gärung ebenfalls ATP gewinnen, allerdings in wesentlich geringerer Ausbeute. Wirbeltiere wechseln bei Sauerstoffmangel in den Muskeln zur Milchsäuregärung. So sind auch wechselwarme Tiere zu schnellen Bewegungen in der Lage, obwohl ihre Muskeln aufgrund ihrer einfachen Lungen und Kreislaufsysteme relativ schlecht mit Sauerstoff versorgt werden können. Das dafür benötigte ATP wird anaerob über die Milchsäuregärung bereitgestellt.

Hautfarbe

Die Sonneneinstrahlung ist auf unserer Erde nicht gleichmäßig verteilt. In den Gebieten um den Äquator zählt man die meisten Sonnenstunden im Jahr und damit auch eine hohe UV-Strahlung. Diese kann tödlichen Hautkrebs hervorrufen. Der braune Hautfarbstoff Melanin schützt. Mehrere Gene, die sich in ihrer Wirkung addieren (additive Polygenie) legen eine Variationsbreite der Hautfärbung fest. Innerhalb dieser Variationsbreite wird durch die UV-Strahlung eine hellere oder dunklere Pigmentierung erzeugt.



Rekombination: Erhöhung der genetischen Variabilität



Anaphase I
Rekombinierte Homologe trennen sich

In der Metaphase I der Meiose liegen die homologen Chromosomen gepaart in der Äquatorialebene. Der Zufall entscheidet, ob jeweils ein mütterliches oder ein väterliches Chromosom zum jeweiligen Zellpol wandert. Für den Menschen ergeben sich damit 2^{23} Möglichkeiten der Kombination. Zusätzlich kann es während der Prophase I zum Crossingover benachbarter Chromatiden kommen. Dieser Prozess erhöht nochmals die genetische Variabilität der möglichen Keimzellen.

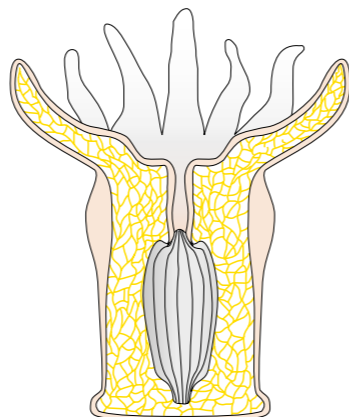
Mutation



Mutationen sind spontane, ungerichtete Veränderungen von Genen. Sie bewirken Veränderungen von Merkmalsausprägungen

bis hin zur Entstehung völlig neuer Eigenschaften. Bereits der Austausch einer Base in der DNA kann beträchtliche Veränderungen bewirken. *Teosinte*, eine heute noch in Mexiko beheimatete *Wildmaissorte*, gilt als Vorfahre des *Kulturmais*. Dieser hat etwa 40000 Gene. Von Teosinte unterscheidet er sich in 5 bis 6 Genen.

Lernen



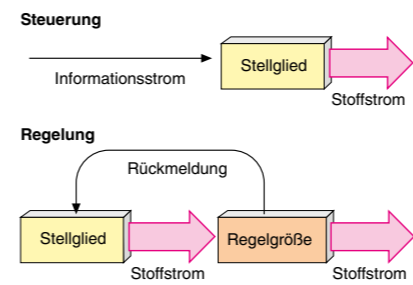
Im Verlauf der Evolution haben Organismen zunehmend komplexere Nervensysteme entwickelt. Sie können zunehmend variabel und angepasst auf unterschiedliche Umweltbedingungen reagieren. Auch das Verhalten des Menschen beruht auf der sensorischen Wahrnehmung, der Speicherung und dem Abrufen von gemachten Erfahrungen sowie der Aktivierung von motorischen Programmen.

Aufgaben

- Ein Chamäleon passt sich in seiner Färbung dem Untergrund an. Der Polarfuchs hat ein dickes Fell, einen gedrunghenen Körperbau, kleine Ohren und einen kurzen Schwanz. Erläutern Sie anhand dieser Beispiele die verschiedenen Mechanismen der Anpassung.
- Durch Mutationen wird ebenfalls die genetische Variabilität erhöht. Nennen Sie Beispiele aus der Humangenetik! Die Hautfarbe eines Menschen beruht auf genetischer und auf modifikatorischer Variabilität. Erläutern Sie diese Aussage.
- Diskutieren Sie Vor- und Nachteile der vegetativen Vermehrung bei Pflanzen! Erläutern Sie an zwei Beispielen die Feststellungen: Genetische Variabilität ist der Ausgangspunkt der Evolution. Selektion bewirkt Anpassung.

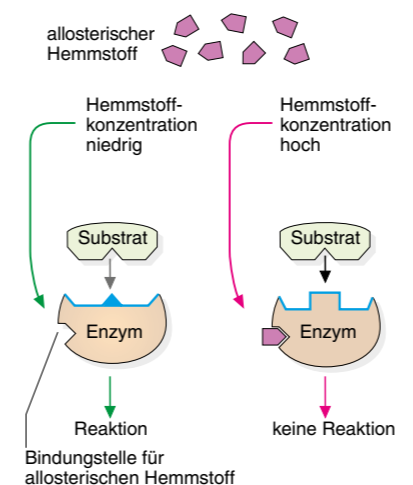
Basiskonzepte Steuerung und Regelung

Unter Steuerung versteht man die Beeinflussung von Vorgängen ohne Rückmeldung. Biologische Prozesse werden dabei in eine bestimmte Richtung gelenkt. Bei der Regelung dagegen werden biologische Größen auf einem bestimmten Wert gehalten. Dabei findet normalerweise eine negative Rückkopplung statt, d.h. es erfolgt eine Rückmeldung darüber, welche Folgen die Beeinflussung hatte.

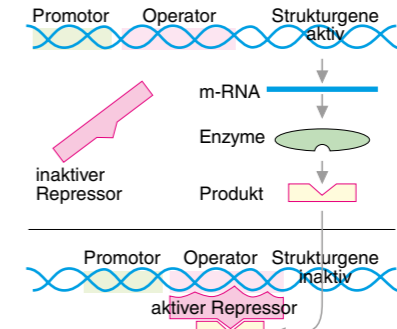


Regulation der Enzymaktivität

Allosterische Enzyme besitzen zwei verschiedene Bindungsstellen, eine für das umzusetzende Substrat (aktives Zentrum) und eine für ein weiteres ganz anders aufgebautes Molekül, den Effektor. Durch Bindung des Effektors wird die Raumgestalt des aktiven Zentrums so verändert, dass das Substrat nicht mehr gebunden und damit auch nicht umgesetzt werden kann. Diese, durch die Veränderung der räumlichen Struktur bedingte Hemmung, nennt man allosterische Hemmung. Sie spielt bei der Regulation vieler Stoffwechselprozesse in unserem Körper eine außerordentlich wichtige Rolle.

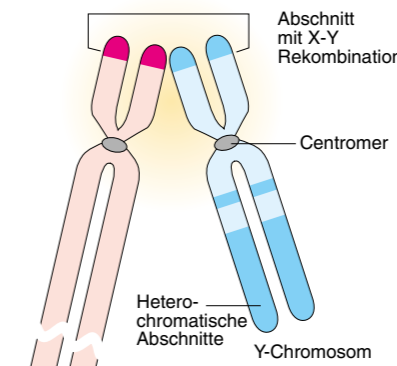


Regulation der Genaktivität



Substratinduktion und Endproduktrepression sind Beispiele wie Gene durch Rückkopplung über aktive bzw. inaktive Repressorproteine an- bzw. ausgeschaltet werden können. Diese sind allosterische Proteine. Sie können ebenso wie Enzyme ihre räumliche Struktur durch Anlagerung von Effektoren ändern. Im Beispiel der Endproduktrepression wird der Repressor aktiv, wenn genügend Produkt gebildet wurde.

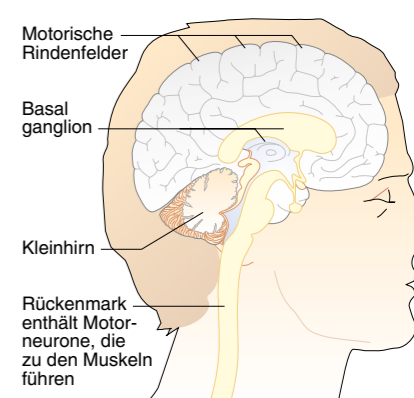
Geschlechtsbestimmung beim Menschen



Der weibliche oder männliche Karyotyp (46, XX oder 46, XY) bestimmt das Geschlecht. Auf dem Y-Chromosom befindet sich das geschlechtsbestimmende Gen SRY (Sex related y). Es ist zuständig für die Bildung eines bestimmten Proteins. Unter seiner Wirkung beginnt in den ersten Embryonalmonaten die Differenzierung der Keim-

drüsenanlagen zu Hoden. Im weiblichen Geschlecht fehlt das SRY-Gen und die Anlage der Keimdrüsen differenziert sich in Eierstöcke. Die Entwicklung der weiteren männlichen oder weiblichen Geschlechtsmerkmale hängt von produzierten *Geschlechtshormonen* ab: Testosteron in den Hoden, Östrogene in den Eierstöcken.

Steuerung von Bewegungen



Das oberste Zentrum für die Steuerung von Bewegungen befindet sich in der Großhirnrinde. Motorische Befehle gelangen über verschiedene Bahnen des Rückenmarks zu den Motoneuronen und lösen schließlich Muskelkontraktionen aus. Parallel dazu gelangen Informationen auch zu den Basalganglien und wieder zurück zur Großhirnrinde. Diese Rückkopplung ist für einen flüssigen Bewegungsablauf wichtig. Bei der Parkinson-Erkrankung ist die Funktion der Basalganglien und damit die Rückkopplung gestört. Parkinson-Patienten haben Schwierigkeiten Bewegungen zu koordinieren und verfallen in rhythmisches Zittern.

Aufgaben

- Der Zellkern wird häufig auch als Steuerzentrale der Zelle bezeichnet. Erläutern Sie wie der Zellkern die Abläufe im Stoffwechselgeschehen der Zelle steuert.
- Krebszellen reagieren nicht auf die Signale und Regulationsmechanismen in der Zelle. Erläutern Sie welche Mechanismen zur Krebsentstehung führen können.
- Finden Sie Beispiele für Regulationen auf verschiedenen Organisationsebenen (Von der Molekülebene bis zum Ökosystem).
- Auch Coenzyme (Cosubstrate) spielen in Regulationsprozessen des Stoffwechselgeschehens eine Rolle. Zeigen Sie dies am Beispiel der lichtabhängigen und lichtunabhängigen Reaktionen der Photosynthese.