

Kärntner Gesundheitsfonds

Vorbereitungskurs für Aufnahmeverfahren an Medizinuniversitäten 2023

Biologie – Modul 2

Molekulargenetik | Mutationen | Evolution & Ökologie

Mag. Hans-Jörg Schaumberger

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer!

Nach positiven Erfahrungen in den letzten beiden Jahren, wird auch der Vorbereitungskurs 2023 digital abgehalten. Wir hoffen, euch auf diesem Weg bei eurem Vorhaben ein Stück weit unterstützen zu können.

Zum Umgang mit diesem Arbeitsmaterial:

Der Teilbereich „BIOLOGIE“ des Vorbereitungskurses soll einerseits den Oberstufenstoff in diesem Fachbereich wiederholen und andererseits einen Einblick in das Fragenformat des MEDAT geben. Der Bereich Biologie ist in drei Module unterteilt. Zusätzlich zum Skriptum und den Übungsfragen sind zwei Zoom-Termine für eine Präsentation bzw. als Raum für Austausch geplant:

Modul 1: Zellbiologie | Zellteilung | Genetik

& Modul 2: Molekulargenetik | Mutationen | Evolution & Ökologie

am 24.02.2023 (18:00-20:00)

Modul 3: Der menschliche Körper

am 25.02.2023 (10:00-12:00)

Du erhältst im Vorfeld ein Skriptum sowie Übungsfragen. Das Skriptum dient als Anhaltspunkt, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sollte für die Vorbereitung mit ausreichend weiterer Fachliteratur ergänzt werden.

Du solltest dich bereits im Vorfeld mit den Inhalten und Fragen eines Moduls beschäftigen. Der digitale Vortrag dient anschließend der Vertiefung der Inhalte, soll aber auch Raum für deine Fragen bieten.

Wir möchten euch an dieser Stelle noch viel Energie und Erfolg für euren Weg wünschen.

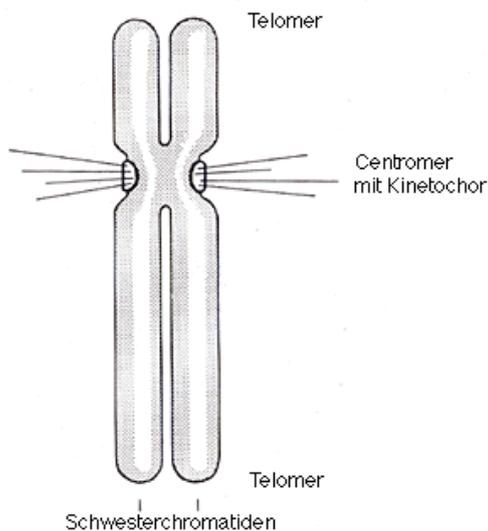
Inhalt

1. Molekulargenetik	- 4 -
1.1 DNA (desoxyribonucleic acid = Desoxyribonukleinsäure)	- 4 -
1.1.1 Bau der DNA	- 5 -
1.1.2 Replikation der DNA	- 7 -
1.1.3 Überblick DNA Replikation	- 9 -
1.2 Proteinbiosynthese – vom Gen zum Protein.....	- 10 -
1.2.1 Transkription	- 11 -
1.2.2 RNA Processing (RNA Reifung)	- 12 -
1.2.3 Translation.....	- 12 -
2. Mutationen.....	- 14 -
2.1 Genmutation	- 15 -
2.2 Chromosomenmutationen (strukturelle Chromosomenabberation)	- 16 -
2.3 Genommutation (numerische Chromosomenabberation)	- 17 -
3. Ökologie.....	- 18 -
3.1 Wechselwirkungen – Organismen und ihre Umwelt	- 18 -
3.1.1 Abiotische Faktoren.....	- 18 -
3.1.2 Biotische Faktoren.....	- 19 -
3.1.3 Ökosysteme	- 19 -
3.1.4 Das biologische Gleichgewicht	- 19 -
3.1.5 Ökologische Nische.....	- 19 -
3.2 Populationen	- 20 -
4. Evolution.....	- 22 -
4.1 Chemische Evolution	- 22 -
4.2 Biogenese	- 22 -
4.3 Charles Darwin	- 23 -
4.4 Mechanismen der Evolution	- 24 -
4.5 Belege für die Evolution	- 24 -

1. Molekulargenetik

1.1 DNA (desoxyribonucleic acid = Desoxyribonukleinsäure)

- DNA ist das genetische Material, trägt die Erbinformation von Lebewesen
- In eukaryotischen Zellen ist der Großteil dieser Erbinformation im Zellkern (als Chromosomen) gespeichert, ein kleiner Teil befindet sich in semiautonomen Organellen (Mitochondrien, Chloroplasten)
- Prokaryotische Zellen besitzen keinen Kern, hier liegt die DNA im Zytoplasma
- Gene: Funktionsabschnitte auf der DNA, beginnen mit „Promotor“, beinhalten kodierende (Exons) und nichtkodierende Abschnitte (Introns)
- Euchromatin: Bereich der DNA, der viel Information beinhaltet, ist weitgehend entspiralisiert, wird oft als aktive DNA bezeichnet
- Konstitutives Heterochromatin: genetisch inaktiv, keine Gene sondern Satelliten DNA (repetitive DNA, ATATATAT) – an den Telomeren (Enden) und Centromeren zu finden
Jeder Mensch besitzt unterschiedlich viel Heterochromatin → genützt für Vaterschaftstests, etc.

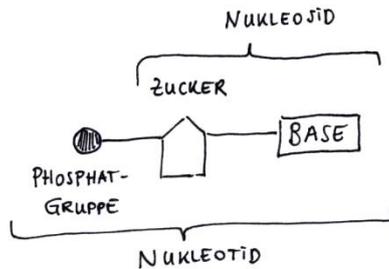


http://e-learning.studmed.unibe.ch/Gen_Kurs/GEN_KURS/REPLIKA/BILDER/ZELL02.GIF

- Fakultatives Heterochromatin: eigentlich Euchromatin, kann Struktur ändern und inaktiv werden (Bsp: inaktives X Chromosom der Frau)
Die Inaktivierung ist nur vorübergehend und kann bei der Keimzellbildung wieder rückgängig gemacht werden

1.1.1 Bau der DNA

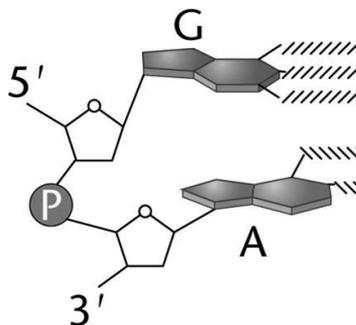
- DNA ist ein riesiges Kettenmolekül, das aus Einzelbausteinen, so genannten Nucleotiden aufgebaut ist
- Jedes dieser Nucleotide besteht aus 3 Bestandteilen, dem Zucker (Pentose „Desoxyribose“), einer Phosphatgruppe (Phosphorsäure) und einer von vier verschiedenen, stickstoffhaltigen Basen (Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin)



Base + Zucker = Nucleosid

Base + Zucker + Phosphat = Nucleotid

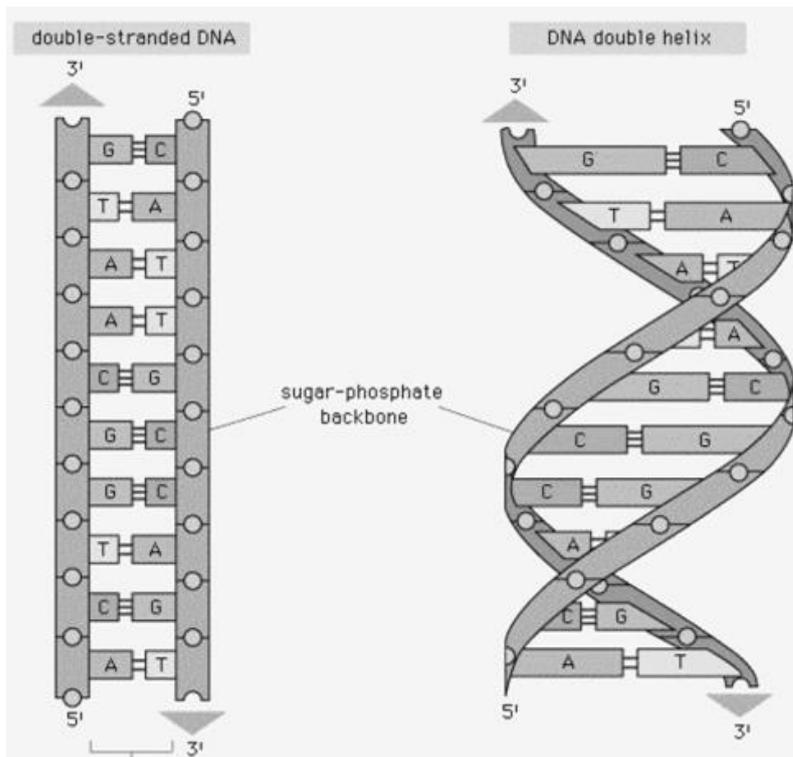
- Viele Millionen dieser Nucleotide bilden gemeinsam ein DNA Molekül, die Bindung erfolgt hier jeweils zwischen dem Zucker mit dem Phosphat des Folgenucleotids
- Dabei ist das C5 Atom eines Zuckermoleküls über eine Phosphorsäuregruppe mit dem C3 Atom des nächsten Zuckermoleküls verbunden – die Kette verläuft von 5' nach 3'



http://bio3400.nicerweb.com/Locked/media/ch10/10_14c-double_helix.jpg

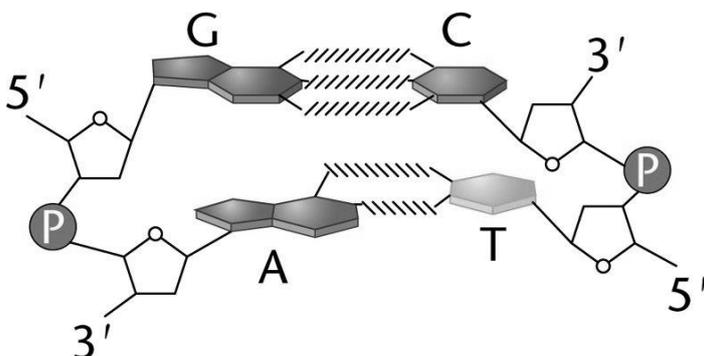
Doppelhelix

- Normalerweise paart sich ein DNA Einzelstrang mit einem anderen Einzelstrang, die DNA liegt somit als **Doppelstrang** vor, der um eine Mittelachse gewunden ist („Doppelhelix“)
- Der zweite (antiparallele) Strang verläuft von 3' nach 5'
- Der Durchmesser beträgt ca. 2nm, alle 10 Basenpaare findet eine vollständige Drehung statt

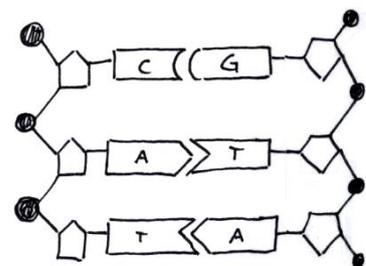


<http://i98.photobucket.com/albums/l280/kachina2012/DNA3and5.gif>

- Dabei bilden sich zwischen den Basen der Einzelstränge Wasserstoffbrücken-Bindungen aus
- Hierbei gehören immer zwei Basen zueinander, man nennt sie komplementär (Adenin paart sich über 2 Wasserstoffbrücken mit Thymin, Guanin über 3 Wasserstoffbrücken mit Cytosin)



http://bio3400.nicerweb.com/Locked/media/ch10/10_14c-double_helix.jpg



Basenzusammensetzung

- Die Basenzusammensetzung ist artspezifisch
- Dabei gilt: Menge Adenin = Menge Thymin, Menge Guanin = Menge Cytosin
Daraus ergibt sich die Chargaff - Regel (nach ihrem Entdecker Erwin Chargaff):
 $A + G = T + C$ [→ beim Menschen: $A \sim 30$]

Beispiele für Zusammensetzungen:

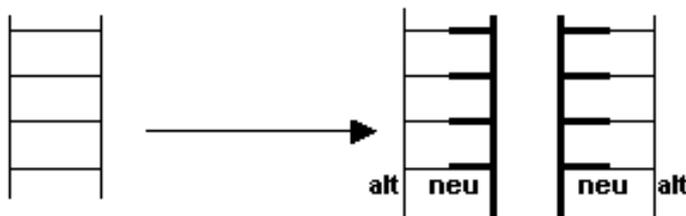
	A	T	G	C
Mensch	29,9	29,9	20,1	20,1
Rind	28,7	28,7	21,3	21,3
Grünalge	20,2	20,2	29,8	29,8
Weizen	26,9	26,9	23,1	23,1

http://www2.klett.de/sixcms/media.php/71/Bau_der_DNA.pdf

- Die Abfolge der Basen variiert und stellt die eigentliche Erbinformation dar
- Die menschliche DNA besteht aus ca. 6×10^9 Basenpaaren

1.1.2 Replikation der DNA

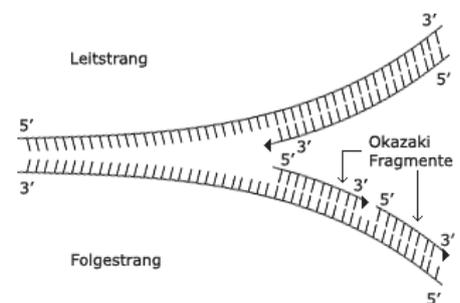
- Vor der Zellteilung muss das genetische Material einer Zelle verdoppelt werden
- Dies geschieht während der Synthesephase
- Man spricht von einer „semikonservativen Replikation“, weil ein Strang belassen und ein neuer, komplementärer Strang dazu gebildet wird (dies wurde von Meselson und Stahl in einem Versuch bewiesen)
- Jeder DNA-Einzelstrang dient also als Vorlage für einen neuen, komplementären Strang



<http://www.scheffel.og.bw.schule.de/faecher/science/biologie/molekulargenetik/5replikation/rep13.gif>

Wichtige Schritte und mitwirkende Enzyme

- Beginn der Replikation an so genannten Replikationsursprüngen (artspezifisch)
- Entwinden und Trennen der beiden Stränge (durch Lösen der Wasserstoffbindungen) führen zur Bildung einer Replikationsblase durch das Enzym Helicase
- Einzelstrang Bindungsproteine verhindern, dass sich die beiden Stränge wieder verbinden
- Da der neue Strang nur in $5' \rightarrow 3'$ Richtung hergestellt werden kann ist dies für einen Strang einfach und kontinuierlich möglich (Leitstrang) für den anderen schwieriger und nur diskontinuierlich möglich (Folgestrang).



<http://www.biolk-gsg.de/buch/kap5/replikation.gif>

Leitstrang (kontinuierliche Replikation):

- Ein Enzym namens Primase synthetisiert ein kurzes Stück („Primer“) aus RNA Nucleotiden
- Ein weiteres Enzym namens Polymerase ergänzt den Leitstrang kontinuierlich in 5' → 3' Richtung
- Für die Synthese werden freie Nucleotide aus dem Zytoplasma verwendet

Folgestrang (diskontinuierliche Replikation)

- Auch hier werden zunächst Primer synthetisiert
- Die Polymerase erstellt anschließend kleine Stücke in 5' → 3' Richtung, die nach ihrem Entdecker als Okazaki Fragmente bezeichnet werden
- Die Primer werden durch DNA ersetzt
- Das Enzym DNA-Ligase verknüpft die einzelnen Okazaki Fragmente zu einem kompletten Strang

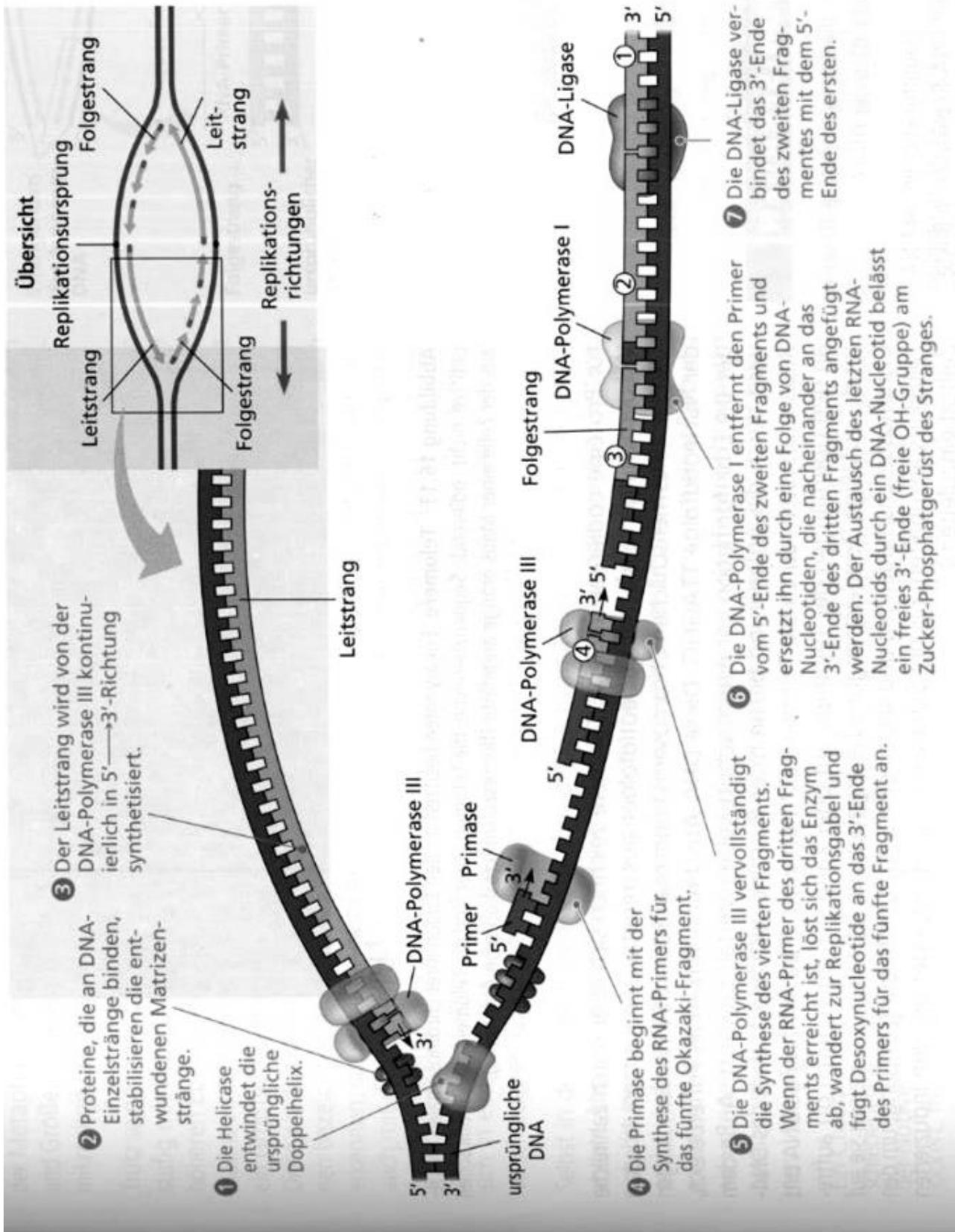
Geschwindigkeit der Replikation

- Bei Prokaryoten wird das Erbmaterial mit einer Geschwindigkeit von ca. 1000 Nucleotiden pro Sekunde repliziert (z.B.: E.Coli, 4,7 Mio Basenpaare → 40 Minuten)
- Bei Eukaryoten beträgt die Geschwindigkeit nur ca. 50 Nucleotide pro Sekunde (wegen Proofreading) → es gibt mehrere Replikationsblasen gleichzeitig, sonst würde die Replikation viel zu lange dauern

Reparaturmechanismen der DNA (auch bei Punktmutationen!)

- Proofreading (Korrekturlesen): menschliche DNA Polymerase kann in 3' – 5' Richtung selbst verursachte Fehler sofort reparieren (deshalb nur 50 Nuk/Sek)
- Exzisionsreparatur: Reparaturenzym (Exzisionsendonuclease) schneidet falsch eingebaute Nucleotide aus dem Strang, richtige Nucleotide werden eingesetzt, DNA Ligase verbindet den Strang wieder
- Rekombinationsreparatur: Wenn während der Replikation ein Fehler erkannt wird, wird dieser Teilbereich nicht repliziert → nach Replikation Auffüllen der Lücke durch fehlerlose Sequenz des 2. Stranges, Polymerase vervollständigt 2. Strang wieder
- Falsche Paarung oder Austausch von fehlerhaften Nucleotiden auch nach der DNA Replikation möglich → Auftretende Schäden in der DNA müssen ständig repariert werden um genetische Information zu erhalten
- Physiologische Bedeutung: wenn Reparatursystem ausfällt → offensichtlich gehäuftes Auftreten von Mutationen in der DNA, erhöhte Krebsgefahr

1.1.3 Überblick DNA Replikation



Campbell, 2011, S.207

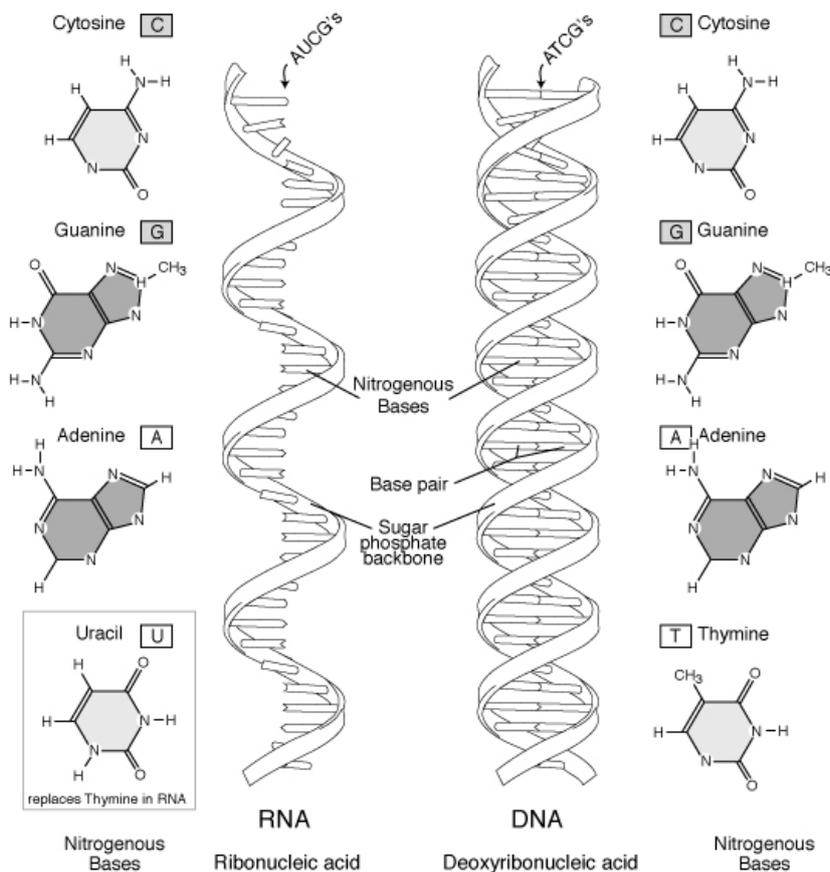
1.2 Proteinbiosynthese – vom Gen zum Protein

- Gene kodieren für Proteine, diese wiederum sind Baustoffe (Strukturproteine) und Bauarbeiter (Enzyme, Hormone, Transportproteine) der Lebewesen
- Die genetische Information beeinflusst somit unsere Phänotyp
- Proteine sind Ketten aus Aminosäuren, die sich in der Zahl und Reihenfolge dieser Einzelbausteine unterscheiden
- Die Übersetzung der Gene in Proteine verläuft grundsätzlich in 3 Schritten: der **Transkription** im Zellkern, dem **RNA Processing** vor Verlassen des Zellkernes (nur in eukaryotischen Zellen) und der **Translation** an den Ribosomen
- Ribonukleinsäuren (RNA) bilden die Brücke zwischen Genen und Proteinen

RNA

- 3 verschiedene Funktionsformen
 - t-RNA: transfer RNA
 - m-RNA: messenger RNA
 - r-RNA: ribosomale RNA
- Mehrere Hauptunterschiede zwischen RNA und DNA
 - Zucker: RNA besitzt Ribose statt Desoxyribose
 - Bei der RNA ist die Base Thymin durch Uracil ersetzt
 - Die RNA ist ein Einzelstrang

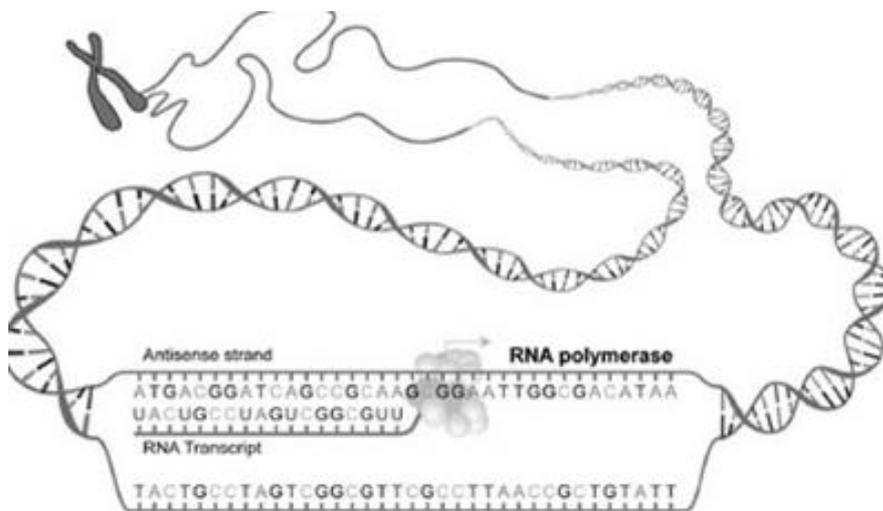
Vergleich DNA – RNA



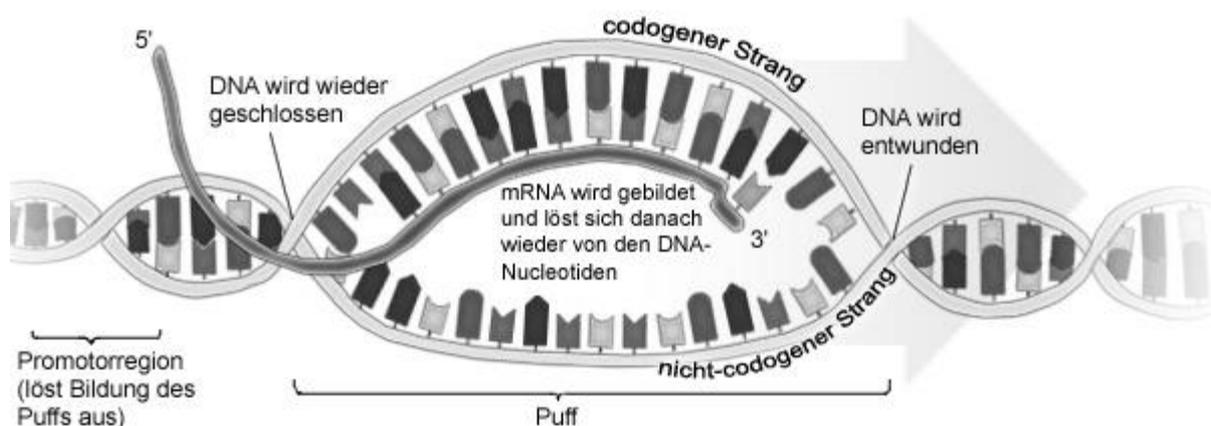
<http://www.joergresag.privat.t-online.de/mybk4htm/maform.gif>

1.2.1 Transkription

- DNA kann den Zellkern nicht verlassen – wird in mRNA „übersetzt“, welche die Information zu den Ribosomen bringt
- Der DNA Strang dient als Vorlage zur Synthese einer einsträngigen mRNA
- Hierbei wird nicht die ganze DNA kopiert, sondern nur ein bestimmtes Gen
- Das Enzym RNA – Polymerase lagert komplementäre mRNA Basen an den DNA Strang an, anstelle von Thymin findet Uracil als Base ihren Platz in der RNA
- Die Transkription endet mit dem Terminator, einer bestimmten Basensequenz, worauf sich die gesamte erstellte mRNA von der DNA löst und den Zellkern



http://www.theodora.com/genetics/images/rna_polymerase.jpg



<http://www.lukashensel.de/transk.jpg>

1.2.2 RNA Processing (RNA Reifung)

- In eukaryotischen Zellen wird die mRNA vor dem Verlassen des Zellkernes noch verändert
- Modifikation der Enden, zum Schutz vor abbauenden Enzymen und als Signal zur Anheftung des Ribosoms

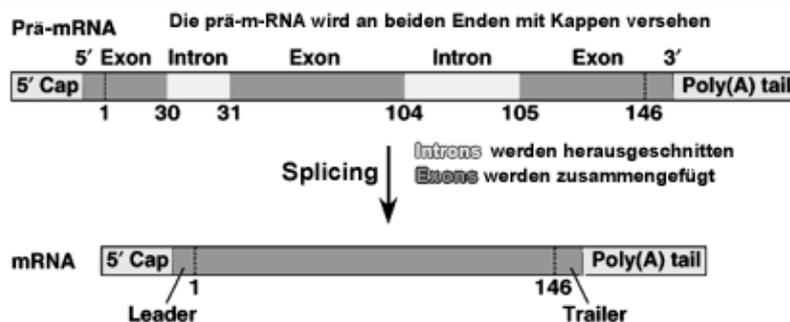
Das 5' **Ende** (der zuerst synthetisierte Teil) erhält eine „Kappe“ aus verändertem Guanin – Nucleotid

Das 3' **Ende** erhält einen „Poly(A)-Schwanz“ aus bis zu 200 Adenin Nucleotiden

- **Spleißen**: Entfernung von nicht kodierenden Bereichen (**Introns**) aus der mRNA und Verknüpfung der translationsfähigen Bereiche (**Exons**)

Gene der DNA sind als „**Mosaikgene**“ – nur ein Teil der transkribierten Information wird zur Proteinsynthese verwendet

Mögliche Gründe für Mosaikgene: Gen kann Vorlage für mehrere verschiedene Proteine sein (je nachdem welche Bereiche als Exons behandelt werden); Introns könnten Teile eines Gens enthalten, die im stammesgeschichtlichen Verlauf funktionslos geworden sind

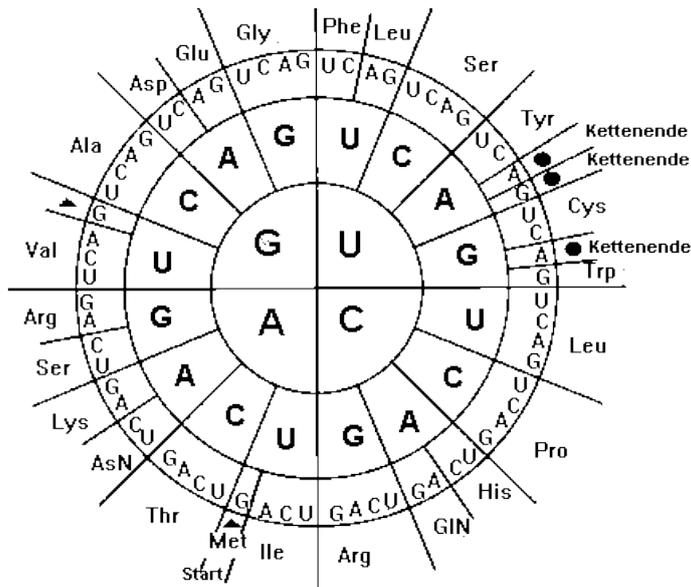


<http://www.biokurs.de/skripten/bilder/splic7.gif>

1.2.3 Translation

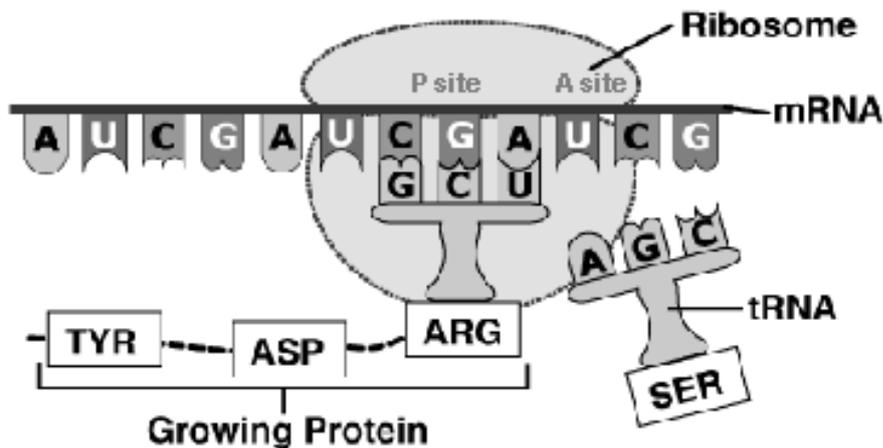
- Erfolgt an den Ribosomen, 3 Phasen (Initiation, Elongation, Terminierung)
- Prozess der Übersetzung der mRNA – Sequenz in eine Aminosäuresequenz
- Erfolgt mittels zahlreicher Enzyme, Proteine, Ribosomen, mRNA und tRNA
- Eine Abfolge von 3 Basen (Triplet oder Codon) kodiert jeweils für eine bestimmte Aminosäure – die Abfolge AUG kodiert für die Aminosäure Methionin und definiert den Start der Translation („Startcodon“), UAA, UAG und UGA signalisieren das Ende der Translation („Stoppcodon“)

Codesonne (Zeigt, welche Basenfolge für welche Aminosäure kodiert)



<http://www.zum.de/Faecher/Bio/BW/bio/codess.gif>

- tRNA (Transfer-RNA) sorgt dafür, dass die richtige Aminosäure eingebaut wird
- Eine mit der entsprechenden Aminosäure beladene tRNA bindet über ihr Anticodon mit der mRNA
- Zwischen den Aminosäuren werden Peptidbindungen gebildet, bis das Protein fertig ist
- mRNA ist sehr lang → viele Ribosomen arbeiten gleichzeitig (Ribosomenverband = Polysom)



<http://0.tqn.com/d/biology/1/0/q/translation2.gif>

- Neu gebildetes Eiweiß löst sich, wird durch Chaperone (Begleit Proteine) so gefaltet, dass eine komplexe räumliche Struktur entsteht (Sekundärstruktur, Tertiärstruktur); eventuell Verbindung mehrere Proteine zu Quartärstruktur

2. Mutationen

Gründe für Mutationen

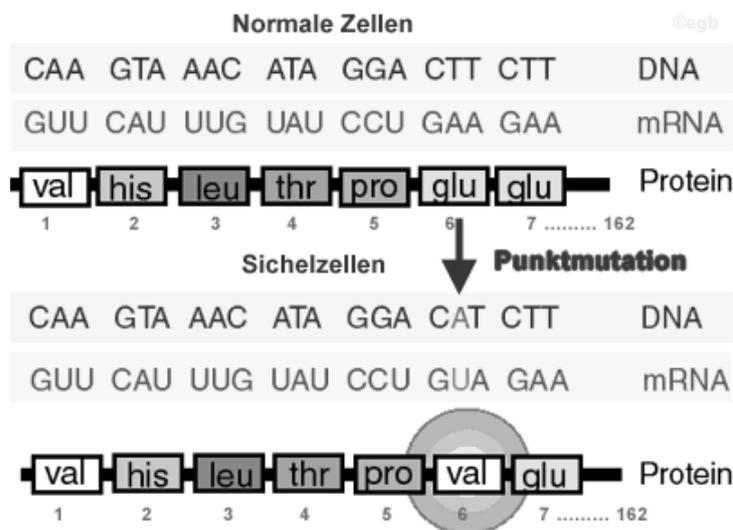
- **Spontane** Mutationen: ohne erkennbare äußere Einwirkung, ereignen sich ständig, Häufigkeit als „natürliche Mutationsrate“ bezeichnet (z.B.: durch nicht reparierte Replikationsfehler)
- **Induzierte** Mutationen: durch äußere, schädliche Einflüsse (Mutagene): chemische Substanzen, freie Radikale (z.B.: O_2^-), physikalische Einflüsse (z.B.: UV Strahlung, Hitze, etc.), Integration von Viren (z.B.: Papillomavirus)
- **Erhöhtes Alter** – erhöhtes Risiko für Krebs und Mutationen in der Keimbahn (Männer: erhöhtes Risiko für Genmutationen, Frauen: erhöhtes Risiko für Genommutationen)

Arten von Mutationen

- Unterscheidung zwischen somatischen Mutationen (in Körperzellen) und Keimbahnmutationen (Veränderungen der Keimzellen werden an die nächste Generation weiter gegeben)
- Unterteilung in **Genmutationen** (einzelne Gene), **Chromosomenmutationen** (Änderung der Chromosomenstruktur) und **Genommutationen** (Änderung der Chromosomenzahl)

2.1 Genmutation

- Änderung der Abfolge der Nukleotidsequenz
- Dadurch entsteht ein neues Genprodukt – ein defektes, unverändertes oder sogar verbessertes Protein
- Bilden die molekulare Grundlage für die Evolution (positive Mutationen), nachteilige Mutationen führen zu Tumoren und Erbkrankheiten, neutrale Mutationen zu Vielgestaltigkeit
- Punktmutation: nur eine Base geändert (*Transition* = Vertausch von Purinbase mit Purinbase, *Transversion* = Purinbase durch Pyrimidinbase ersetzt oder umgekehrt)
- **Substitution:** Nukleotidbase durch andere ersetzt → Entstehung eines anderen Codons → Einbau einer anderen Aminosäure → Protein kann unverändert bleiben, wenn AS keine wichtige Funktion, kann aber auch funktionslos oder inaktiv sein
- **Deletion** und **Insertion:** ein/mehrere Nukleotide gehen verloren oder kommen dazu
bei 1 oder 2 Basen: Veränderung des Leserasters → völlig neues Genprodukt
bei 3 Basen: eine Aminosäure fehlt oder kommt dazu
- Beispiel: Sichelzellenanämie: autosomal rezessiv, Thymin statt Adenin an Position 17, dadurch Bindung von AS Valin statt Glutamin
Folgen: Hämoglobin kristallisiert, Leber-, Milzschäden



<http://www.biokurs.de/skripten/bilder/szella.gif>

- Beispiel Phenylketonurie (PKU): autosomal rezessiv, häufigste vererbte Stoffwechselstörung – Enzym „Phenylalaninhydroxylase“ wird nicht gebildet, AS Phenylalanin kann nicht in Tyrosin umgewandelt werden
Folgen: NVZ des Großhirns ohne Myelinscheide, Schwachsinn, Krämpfe, Lähmungen, Diät bis zum 10 Lebensjahr
- Weitere Beispiele: Rot-Grün Blindheit, Hämophilie

2.3 Genommutation (numerische Chromosomenabberation)

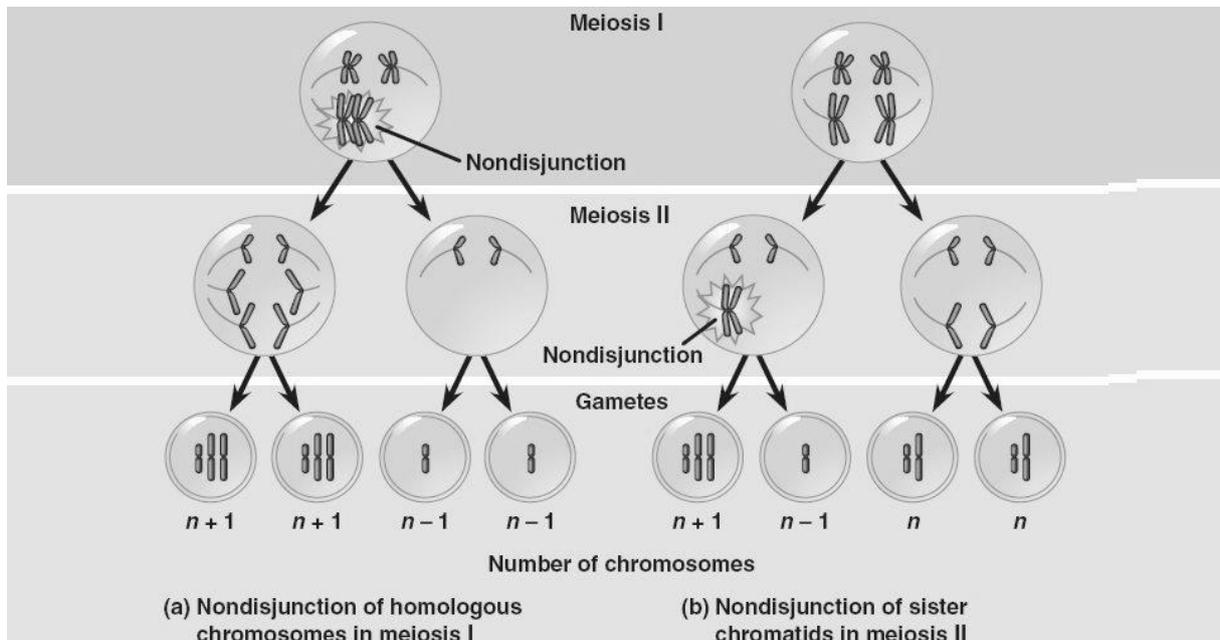
- Veränderung der Chromosomenzahl

Euploidie = ganzzahliges Vielfaches des haploiden Chromosomensatzes

- 2n Diploidie (pathologisch in reifen Keimzellen), 3n Triploidie, 4n Polyploidie
- Triploide (3n) oder Polyploide Zygoten sind nie lebensfähig
- Mögliche Ursachen für polyploide Zygoten: Dispermie (2 Spermien befruchten Eizelle), Digynie (Ausbleiben der Anaphase), Diandrie (Ausbleiben der Anaphase während Spermatogenese)

Aneuploidie = Verminderung/Vermehrung um einzelne Chromosomen

- Monosomie (2n-1), Trisomie (2n +1), Tetrasomie (2n+2), Polysomie (ab 2n+2)
- Aneuploide Gameten entstehen durch: Non-disjunction (Nichttrennen homologer Chromosomen während der Meiose I oder II, bedingt durch Asynapsis, Achiasmatie, vorzeitige Desynapsis)



http://bio1151.nicerweb.com/Locked/media/ch15/15_12Nondisjunction_L.jpg

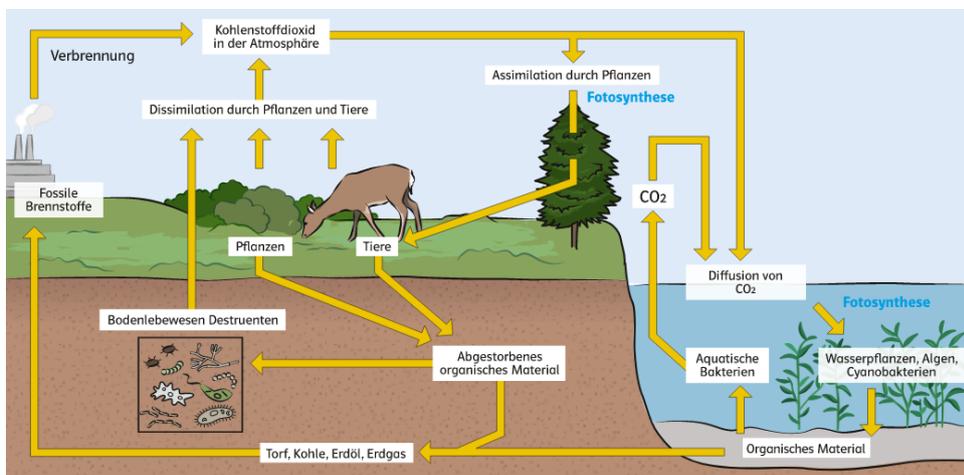
- Autosomale Aneuploidie: Trisomie 21 (Down Syndrom), Trisomie 13 (Patau Syndrom), Trisomie 18 (Edwards Syndrom)
- Gonosomale Genommutationen: Monosomie X (X0, nur Frauen betroffen), Tripple X Syndrom, Poly X Syndrom, XXY (Klinefelter Syndrom), XYY (Supermaskulinitätssyndrom)

3. Ökologie

„Teildisziplin der Biologie, welche sich mit den Wechselbeziehungen von Organismen und deren unbelebter Umwelt, Verbreitung und Häufigkeit beschäftigt.“ (Krebs, 1985)

3.1 Wechselwirkungen – Organismen und ihre Umwelt

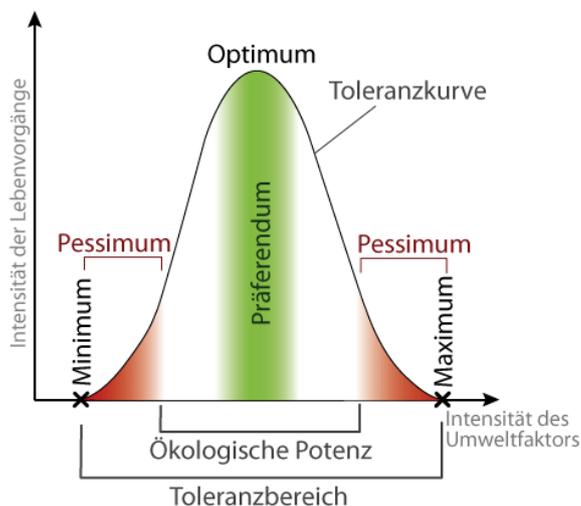
- Organismen leben nicht isoliert, sind Teil von Ökosystemen → Wechselwirkungen zueinander und zur unbelebten Umwelt
- Wechselwirkungen bestimmen Verbreitung & Häufigkeit
- Biotop: Lebensraum, Gesamtheit der unbelebten Faktoren
- Biozönose: Gesamtheit der Lebewesen in betrachtetem Biotop
- Biotische (belebte) + abiotische (unbelebte) Faktoren



Kohlenstoffkreislauf (Schema) (Kramer-Gerstacker, et al., 2019)

3.1.1 Abiotische Faktoren

- Temperatur, Wasser, Solarstrahlung, Salzgehalt, Bodenstruktur, Bodenqualität bestimmen Vorkommen und Verbreitung von Arten
- Fehlen artspezifische Umweltbedingungen kann Art nicht existieren
- Physiologische Potenz = Toleranzbereich eines Lebewesens



<https://www.philippauer.de>

- Ähnliche Umweltzwänge bringen ähnliche Lebensformen hervor (Konvergenz)
- Zusammenhang zwischen Körpergröße und Klima
 - Bergmannsche Regel:** gleichwarme Lebewesen einer Art sind in kalten Gebieten größer als in warmen
 - Allen'sche Regel:** Körperanhänge in kalten Gebieten kleiner
 - Hesse'sche Regel:** in kalten Gebieten größeres Herzgewicht und -volumen

3.1.2 Biotische Faktoren

- Fressfeinde, Konkurrenz (durch Ressourcenknappheit), Partner, Parasiten, Symbionten
- Ökologische Potenz: Besiedelung eines Lebensraumes unter Konkurrenzdruck
- Ökologische Nische: Vermeidung von Konkurrenzsituationen (Beispiel Vogelarten im Nadelwald → siehe Buch)
- Nahrungskonkurrenz → kann zur Ausrottung führen (Bsp.: Neobiota)

3.1.3 Ökosysteme

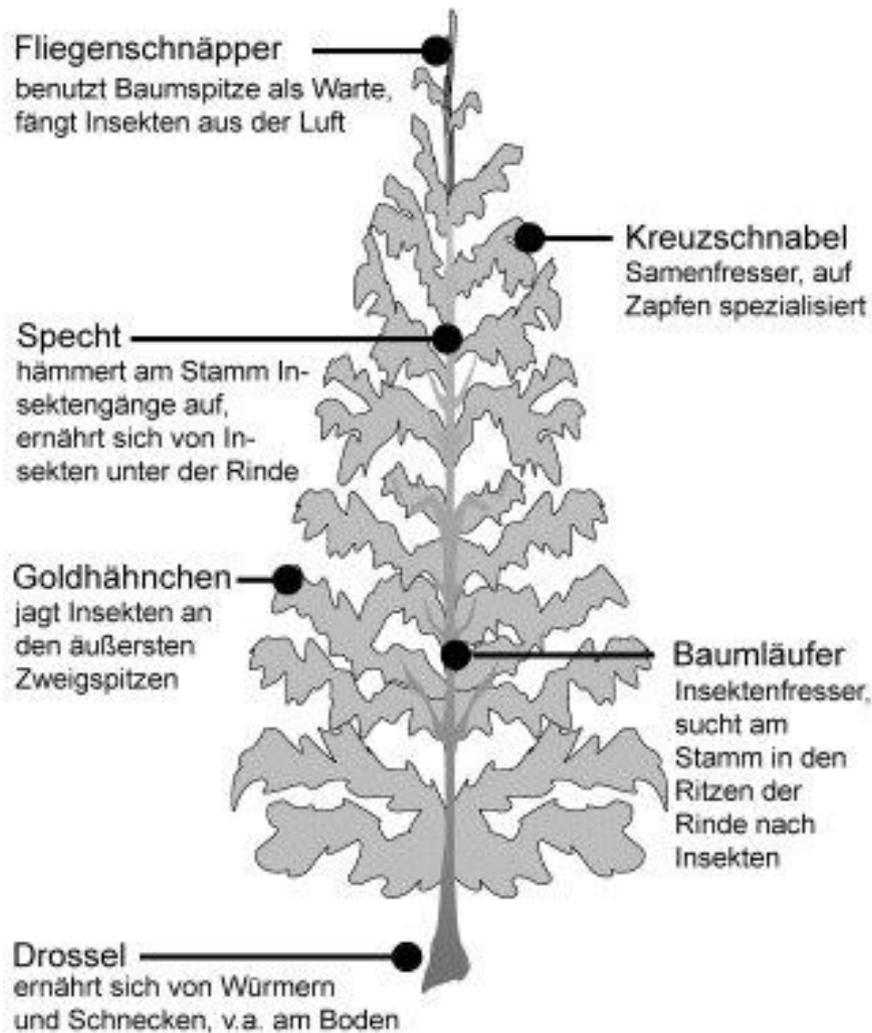
- **BIOTOP:** Lebensraum, Summe der abiotischen Faktoren an einem Standort
- **BIOZÖNOSE:** Lebensgemeinschaft, Summe der Organismen an einem Standort
- **ÖKOSYSTEM** = BIOTOP + BIOZÖNOSE (→ Ein bestimmter Lebensraum und die dort lebenden Organismen stellen ein Ökosystem dar)
- Offen, dynamisch, komplex
- Untereinander nicht abgegrenzt → Austausch
- Abiotische und biotische Faktoren

3.1.4 Das biologische Gleichgewicht

- So lange Produzenten, Konsumenten und Destruenten in ausgewogenem Verhältnis stehen herrscht ein biologisches Gleichgewicht
- Das Ökosystem ist stabil (kann über längeren Zeitraum bestehen)
- Viele Regulationsmechanismen zur Erhaltung des Gleichgewichts
 - Nahrungsangebot / Nahrungsmangel
 - Parasiten (z.B.: Kaninchenpest)
 - Stoffwechselprodukte (Kaulquappen, Nussbaum)
 - Territorialität, Dichtestress, Konkurrenz, Rangordnungsverhalten
 - Übervermehrung von Produzenten und Destruenten

3.1.5 Ökologische Nische

- Gesamtheit aller biotischen und abiotischen Faktoren, die ein Organismus zum Leben braucht
- Einnistung = Spezialisierung einer Art auf bestimmte Nische im Lauf der Stammesgeschichte
- Koexistenz: Arten können nur nebeneinander existieren, wenn sich ihre Nische ausreichend unterscheidet



<https://www.spektrum.de/lexika/images/bio/f6f4962.jpg>

3.2 Populationen

- Gesamtheit der Individuen einer Art an einem bestimmten Standort
- Individuen einer Art → gleiche Ressourcen
- Wechselbeziehungen: Konkurrenz, sozialen Interaktionen
- Individuendichte: Anzahl der Individuen je Flächen-/ Raumeinheit
- Dichteabhängige (Mortalität steigt mit Individuenanzahl) und dichteunabhängige Regulation der Populationsgröße

Dichteabhängige Regulation: Konkurrenz um Ressourcen, Revierverhalten, Krankheiten, Räuber, Giftige Stoffwechselprodukte

Beispiel Räuber – Beute:

- Alfred Lotka und Vito Volterra (eigentlich zwei Mathematiker) stellten Regeln auf, mit denen sie Wechselwirkungen von Räuber und Beutepopulationen erklärten.

Regel 1: Die Größe der Populationen von Räuber und Beute schwanken bei konstanten Bedingungen periodisch. Dabei folgt das Maxima der Räuberpopulation auf das Maxima der Beutepopulation.

Regel 2: Die Populationsgrößen beider Einzelpopulationen schwanken konstant um einen festen Mittelwert.

Regel 3: Werden Räuber-, als auch Beutepopulation gleichermaßen in ihrer Populationsgröße dezimiert, so erholt sich die Beutepopulation stets schneller als die Räuberpopulation.

4. Evolution

Die Frage nach Entstehung und Entwicklung des Lebens ist zweifellos eines der spannendsten Teilgebiete der Biologie. Bereits im 19. Jahrhundert publizierte Charles Darwin mit „On the Origin of Species“ eine Abhandlung, deren zentrale Thesen bis heute Grundpfeiler der Evolutionstheorie sind. Viele Erkenntnisse der letzten 150 Jahre bauen auf seinen Annahmen auf und lassen das Bild der Herkunft unserer Lebensvielfalt deutlicher werden. Als chemische Evolution wird die Entstehung organischer Makromoleküle bezeichnet, Biogenese beschreibt die Entstehung und Entwicklung von Lebewesen.

4.1 Chemische Evolution

- Bildung erster organischer Moleküle → Sammeln sich → Zusammenlagerung zu größeren Molekülen, wie Proteine und Nukleinsäuren

Experiment Im Jahr 1953 baute der Doktorand Stanley Miller eine geschlossene Apparatur auf, um Bedingungen zu simulieren, von denen angenommen wurde, dass sie jenen auf der frühen Erde ähnelten. Ein Reaktionskolben mit Wasser sollte den Urozean („Ursuppe“) nachahmen. Das Wasser wurde kontinuierlich erhitzt, so dass ein Teil verdampfte und in einen zweiten, höher gelegenen Kolben gelangte, der die „Uratmosphäre“ enthielt, die aus einem Gasgemisch bestand. In dieser synthetischen Atmosphäre wurden durch elektrische Entladungen Funken erzeugt, die die Blitze von Gewittern simulieren sollten (siehe Abbildung).

Ergebnis Miller konnte eine Reihe von organischen Verbindungen beziehungsweise einige ihrer Vorstufen nachweisen, die verbreitet in Lebewesen zu finden sind. Dazu gehörten Stoffe wie Formaldehyd (HCHO), Blausäure (HCN) und komplexere Verbindungen wie Aminosäuren, gewisse heterozyklische Verbindungen sowie langkettige Kohlenwasserstoffe.

Schlussfolgerung Organische Verbindungen, die einen ersten Schritt im Hervorbringen von Leben darstellen, könnten auf der frühen Erde abiotisch entstanden sein und sich angereichert haben. (Wir werden diese Hypothese im Detail in Kapitel 25 erörtern.)

Quelle S. Miller, A production of amino acids under possible primitive Earth conditions, *Science* 117: 528–529 (1953).

Was wäre, wenn? Wie könnten die relativen Mengen der Produkte HCN und HCHO ausgesehen haben, falls Miller die Ammoniakkonzentration in seinem Ansatz erhöht hätte?

2 Die „Atmosphäre“ enthielt ein Gemisch aus Wasserstoff (H_2), Methan (CH_4), Ammoniak (NH_3) und Wasserdampf (H_2O).

3 „Gewitterblitze“ wurden durch Funkenentladungen imitiert.

1 Die wässrige Lösung im „Urozean-Kolben“ wurde erhitzt; dabei ging Dampf in den „Atmosphären-Kolben“ über.

4 Ein Teil der „Atmosphäre“ wurde in einem Kühler kondensiert. Das Gemisch aus Wasser und gelösten Stoffen tropfte in den „Urozean-Kolben“.

5 Während die Stoffe durch die Apparatur kreisten, zog Miller in regelmäßigen Abständen Proben für die Analyse.

„Atmosphäre“

Wasserdampf

CH_4

NH_3

H_2

Elektrode

Kühler

abgekühltes Wasser mit gelösten organischen Stoffen

kaltes Wasser

H_2O -„Urozean“

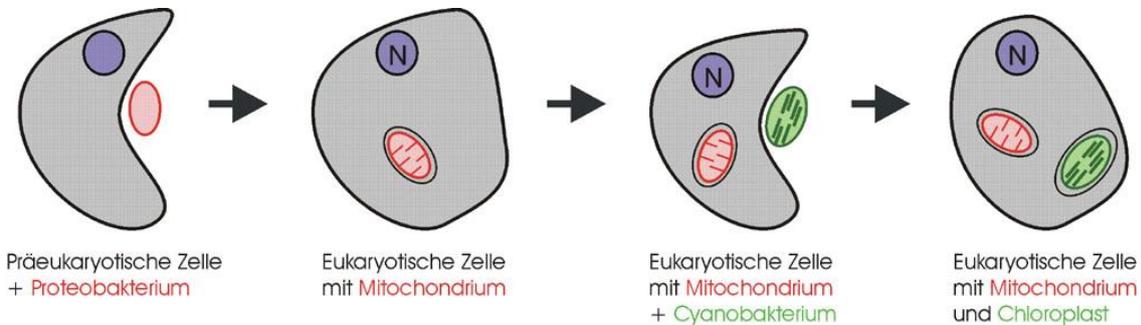
Proben für die chemische Analyse

1953: Experiment von Stanley Lloyd Miller & Harold Clayton Urey (Campbell, 2011)

4.2 Biogenese

- Entstehung & Entwicklung von Lebewesen
- Laborversuche zeigen, wie sich Protobionten entstanden sein könnten: Schütteln einer wässrigen Lösung von Polypeptiden, Kohlenhydraten und Nukleinsäuren → Koazervate (Kügelchen) bilden sich, mit Art Membran an Außenwand

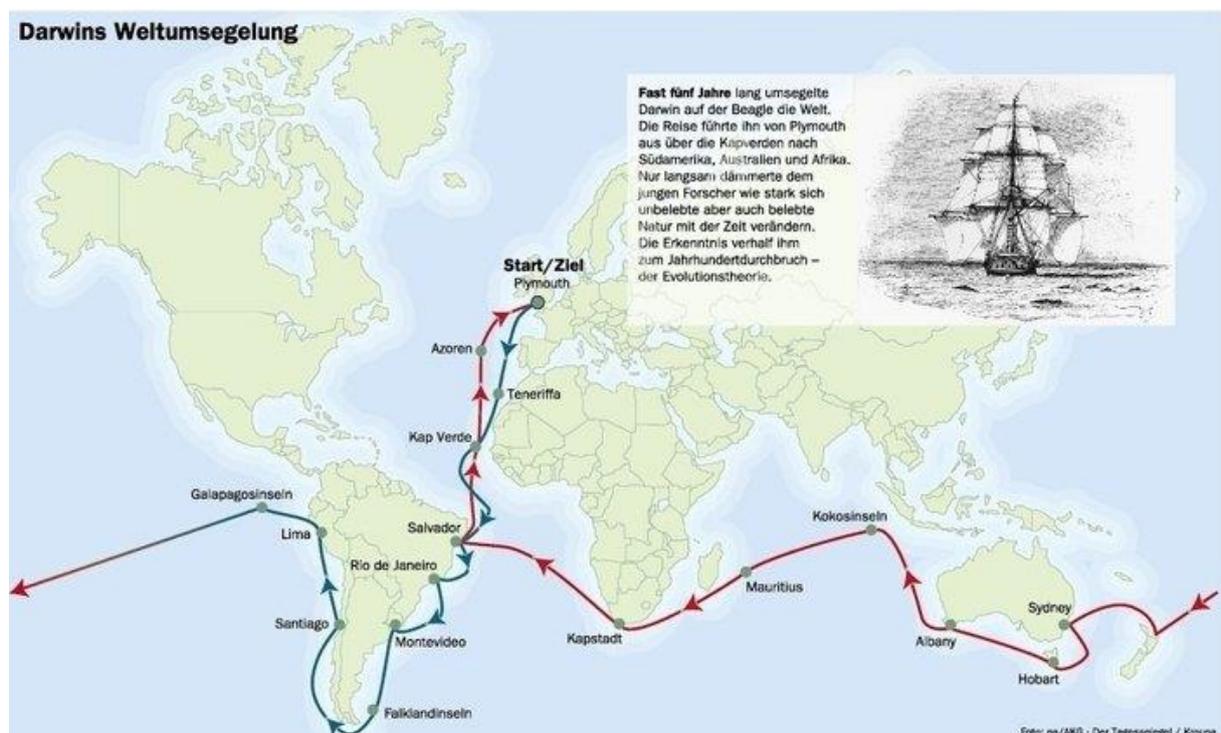
- Erste Lebewesen (anaerobe, chemoautotrophe Prokaryonten) → Voraussetzung für biologische Evolution
- Endosymbiontentheorie: Entstehung komplexer Zellorganellen und in weiterer Folge eukaryontischer Zellen durch Endosymbiose (Aufnahme von Einzellern)



<http://ag-evolutionsbiologie.net/pdf/2011/Endosymbiontentheorie.pdf>

4.3 Charles Darwin

- Britischer Naturforscher (1809 – 1882)
- Medizinstudium abgebrochen → Theologiestudium abgeschlossen
- Weltumsegelung 1831 – 1836 an Board der HMS Beagle (Vermessungsschiff der britischen Marine) als naturwissenschaftlicher Begleiter
- Erkenntnisse der Reise führten zur Evolutionstheorie



<https://www.tagesspiegel.de>

4.4 Mechanismen der Evolution

Die wichtigsten Mechanismen sind Mutation, Selektion und Isolation. Eine Grundvoraussetzung ist außerdem die „Überproduktion“. Der stetige Überschuss an Nachkommen führt zur Konkurrenz um die begrenzten Ressourcen des Lebensraums. Dies führt zur natürlichen Selektion: die besser angepassten Individuen haben eine höhere Wahrscheinlichkeit zu überleben, damit auch eine größere Chance sich fortzupflanzen. Damit werden ihre Gene häufiger in der nächsten Generation zu finden sein.

- **Mutation:** zufällige Veränderungen des Erbguts führen zu neuen Variationen. Diese können Nachteile oder Vorteile für die Individuen bedeuten
- **Selektion:** Die am besten angepassten Individuen überleben leichter und pflanzen sich fort
- **Isolation:** räumliche Trennung von Populationen → kein Genaustausch mehr möglich → unabhängige Entwicklung, die ursprüngliche Art teilt sich in zwei neue

4.5 Belege für die Evolution

Fossilien und Erdgeschichte

- Fossilien: Überreste und Abdrücke von Lebewesen, die in früheren Epochen gelebt haben
- Leitfossilien: Pflanzen und Tiere, die weit verbreitet waren, aber nur in einem bestimmten Zeitraum gelebt haben. Das Alter der Gesteinsschicht kann damit beurteilt werden

Homologie

- Auftreten gemeinsamer Merkmale als Folge der gemeinsamen Abstammung
- z.B.: Übereinstimmung beim Skelett der Wirbeltiere
- genauer Bauplan als Anpassung an Lebensbedingungen

Analogie

- Ähnlichkeiten bezüglich der Funktion (=Konvergenz) → Delfin – Hai, etc.

Brückenformen

- Fossilien belegen den Übergang zu heutigen Formen
- z.B.: Archaeopteryx („Urvogel“), wurde 1861 in Bayern gefunden → Übergangsform zwischen den Reptilien und den Vögeln

Lebende Fossilien

- Zeigen urtümliche Merkmale, oft lebende Übergangsformen

Vergleichende Embryologie

- Ursprüngliche Idee: Ontogenese (Keimesentwicklung) als Zeitraffer der Phylogenese (Stammesentwicklung) → so ist es nicht
- Trotzdem homologe Strukturen in der Embryonalentwicklung

Rudimentäre Organe

- Organe, die im Laufe der Evolution funktionslos geworden sind
- z.B.: Wurmfortsatz (Appendix), Steißbein beim Menschen

Weitere:

- Ähnlichkeiten im Verhalten, physiologische und molekulare Ähnlichkeiten, Ähnlichkeiten in der Basensequenz