

Wie gross sind Bakterien durchschnittlich?

Bakterien haben einen Durchmesser von 0.3-20 μm und variieren in der Länge von 0.3 bis zu einigen hundert μm oder sogar mm. Es gibt kaum einen Ort auf der Erde ohne Bakterien: Nischenspezialisten!

Was sind Eigenschaften der Bakterien die (als Vorteile oder Nachteile) den Menschen betreffen können?

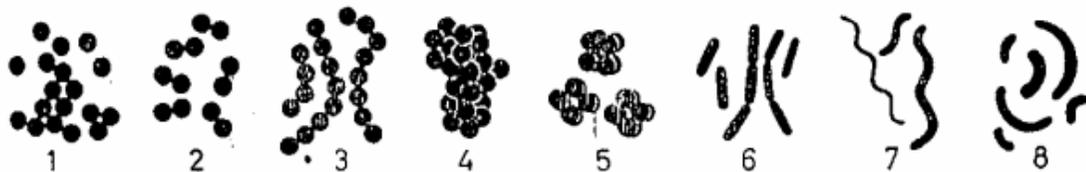
Vorteile:

- Mineralisierung von Abfall und Verunreinigungen
- Ausführen von komplizierten organischen Syntheseschritten in der Industrie
- Produktion von Pharmazeutika, z.B. Antibiotika
- Düngung des Bodens z.B. N₂-Fixierung

Nachteile:

- Pathogene Bakterien
- Vergiften und Zerstören von Esswaren
- Zerstören von Textilien

Beschreibung von Mikroorganismen anhand von morphologischen Merkmalen: Benenne folgende Figuren:



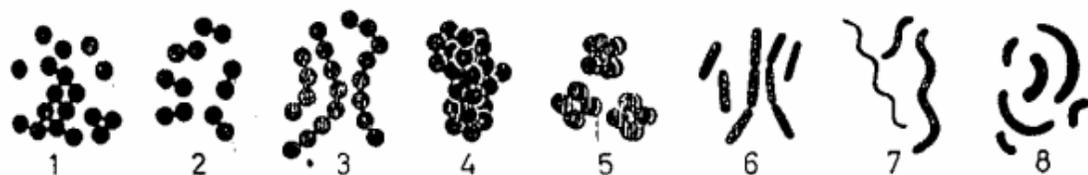


Abbildung 1.1: Formen einzelliger Bakterien. (1) Mikrokokken, (2) Diplokokken, (3) Streptokokken, (4) Staphylokokken, (5) Sarcinen, (6) Stäbchen

Beschreibung von Mikroorganismen aufgrund ihres Zellaufbaues:

Womit testet man eine Bakterienzelle auf Gram-Positiv oder Gram-Negativ?

Getestet wird mit einem Lack „**Jod-Kristallviolett**“, der trotz Waschen an den Zellen hängenbleibt, wenn die Zellwand gewisse Eigenschaften aufweist: Der Unterschied beruht auf der Menge Murein (vergl. später).

Beschreibung von Mikroorganismen aufgrund ihres Genetischen Materials:

Was wird überhaupt angeschaut (die DNA ist ja riesig)?

Merkmale, die untersucht werden:

- Basenzusammensetzung der DNA: ermittelt wird das Verhältnis der mol%e von G und C. Dies gibt eine charakteristische Zahl.
- Homologien zwischen spezifischen DNA- und RNA-Abschnitten
- Gewisse Sequenzen der rRNA (23S-, 16S- und 5S-rRNA)

Beschreibung von Mikroorganismen anhand ihrer
physiologisch-biochemischen Merkmale:

Welche Merkmale werden zur Unterscheidung herangezogen?

- **Verhalten gegenüber dem Sauerstoff:**
(aerob, microaerophil, fakultativ anaerob, obligat anaerob)
- **Verhalten gegenüber der Temperatur:**
(psychro- oder cryophil $<20^{\circ}\text{C}$, mesophil $20-45^{\circ}\text{C}$, thermophil $>45^{\circ}\text{C}$, extrem thermophil $>75^{\circ}\text{C}$, hyperthermophil $>90^{\circ}\text{C}$)
- **Verhalten gegenüber der Protonenaktivität (pH)**
(normal pH 5-9, alkaliphil $>\text{pH } 12$, acidophil $<\text{pH } 4$)
- **Substratspektrum:**
(Energiegewinnung: Photo, Chemo [organo, litho])
(Synthese des Zellmaterials: [hetero, auto])

Klassifikation und Taxonomie der Bakterien:

Welche Endungen kennt man für Familien?

Familien-Endung: aceae

Die Klassifikation folgt in erster Linie praktischen Gesichtspunkten und dient vor allem dem Wiedererkennen beschriebener Formen.

Identische oder beinah-identische Stämme werden zu Arten zusammengefasst, die Arten zu Gattungen und diese wieder zu Familien.

Die drei Domänen der lebenden Welt:

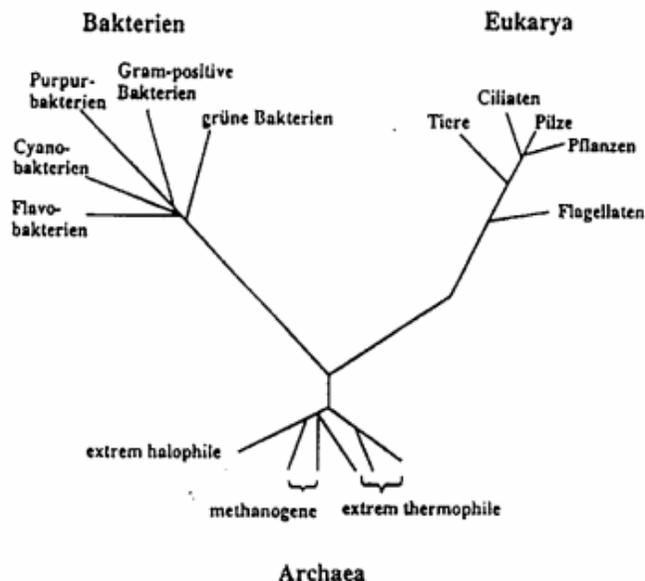


Abbildung 1.2: Wurzelloser phylogenetischer Stammbaum, wie er sich aus der Basensequenz der ribosomalen RNA ergibt.

Was ist numerische Taxonomie?

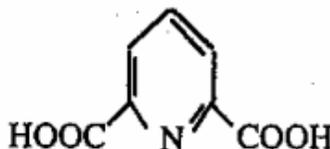
Spezialfall der künstlichen Klassifikation: Sie vergleicht positive und negative Übereinstimmungen und drückt die Ähnlichkeit als Prozentpositive der gesamten Testanzahl aus. Das Paar mit der höchsten Übereinstimmung wird gewählt und der Rest der Organismen damit verglichen. Mit dieser Art Taxonomie werden Erscheinungsformen definiert. Innerhalb der **Gattung gibt es etwa 65% Ähnlichkeit, die Art oder Spezies bringt es auf 75%.**

Was sind Endosporen, wozu sind sie da?

Mikrobiologie 00

Einige Organismen sind imstande, Sporen zu bilden, die Endospore von Bakterien ist aber einzig im Grade ihrer **Hitzestabilität**. Auch gegenüber Austrocknen, UV, Röntgenstrahlen, Säuren, organische Desinfektions- und Lösungsmittel können die Endospore nur in hohen Intensitäten und Konzentrationen zerstören. **Nicht alle Bakterien können Endosporen bilden**. Endosporen heissen so, weil sie **in der Zelle gebildet** werden. Sie sind auch nach Jahrzehnten noch aktiv.

Die Hitzeresistenz beruht auf ihrem **dehydrierten Zustand** und auf der Gegenwart von grossen Mengen **Calciumdipicolinat** (5-15% des Trockengewichts). Im Gegensatz zur vegetativen Zelle enthalten Sporen mehr divalente Metalle, mehr Disulfidbrücken und kein oder nur Spuren von Wasser. Die Wärmeempfindlichkeit der Sporenenzyme wird durch eine noch nicht verstandene Art erhöht (Calciumdipicolinat, divalente Metalle, Disulfidbrücken, etc.).

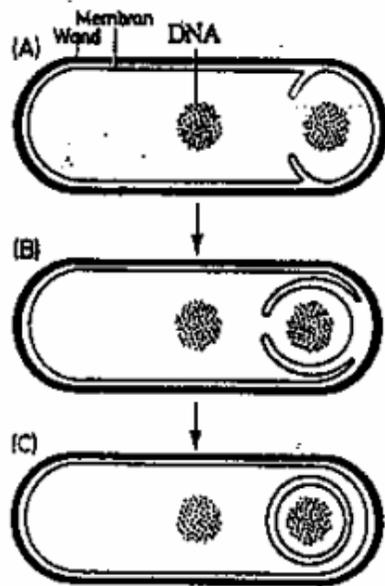


Dipicolinsäure (DPA, Pyridin-2,6-dicarbonsäure)

Verporungsprozess:

Wann beginnt er, wie geht er vor sich?

Der Verporungsprozess beginnt, wenn die Nährstoffbedingungen ungünstig werden, wobei die Erschöpfung der Stickstoff- oder Kohlenstoffquellen die wichtigsten Faktoren darstellen.



Auskeimung von Sporen:

Das Auskeimen erfolgt über drei Stadien:

Aktivierung: Auch wenn Sporen in ein die Auskeimung begünstigendes Milieu gegeben werden, keimen sie nicht eher aus, bevor sie durch den einen oder anderen Faktor aktiviert werden. Zu diesen Faktoren, gehören Hitze, Azidität des Mediums und Verbindungen mit freien Sulfhydrylgruppen.

Initiation: Je nach Spore können verschiedene Effektoren speziellen Rezeptoren die Existenz eines Nährstoffreichen Mediums anzeigen, z.B. L-Alanin, Adenosin etc. Der Effektor aktiviert die Autolyse des Rindenmureins. Es wird Wasser aufgenommen, Calciumdipicolinat freigesetzt, und hydrolysierende Enzyme degradieren zu einer ganze Anzahl Sporenbestandteilen.

Auswachsen: Entwicklung einer neuen vegetativen Zelle.

Was ist der Unterschied zwischen Viren und Phagen?

Was ist ein Virus?

Der Name Virus kommt aus dem Lateinischen und steht für giftiger Saft. Definiere genauer...

Mikrobiologie 00

Viren sind die **kleinsten infektiösen Einheiten** (20- 300 nm Durchmesser), sie enthalten RNA oder DNA als Genom. Die Nucleinsäure ist von einer Proteinhülle umgeben. Diese Einheit wird als **Virion** bezeichnet. Viren können sich nur in lebenden Zellen vermehren. Die RNA/DNA enthält alle nötigen Informationen, um in der infizierten Wirtszelle die Synthese zahlreicher virusspezifischer **Makromoleküle** zu veranlassen, die es zur Bildung der Virusnachkommenschaft benötigt (**Virus-Nucleinsäure, Hüllproteine**). Während des Vermehrungszyklus werden zahlreiche Kopien der Virus-DNA synthetisiert. Es bildet sich das **Capsid** aus den Hüllproteinen. Viren, die Bakterien infizieren, heißen **Bakteriophagen** oder kurz Phagen.



Woher kommen Viren:

Nenne die Hauptthesen.

- a) Viren sind Nachkommen früherer präzellulärer Organismen, die zu Parasiten der ersten zellulären Organismen wurden
- b) Viren haben sich aus pathogenen Bakterien durch einen retrograden Evolutionsprozess entwickelt.
- c) Viren sind Bestandteile normaler Zellen, die irgendwann selbständig geworden sind.

Mikro



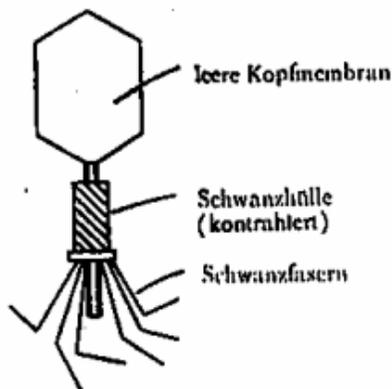
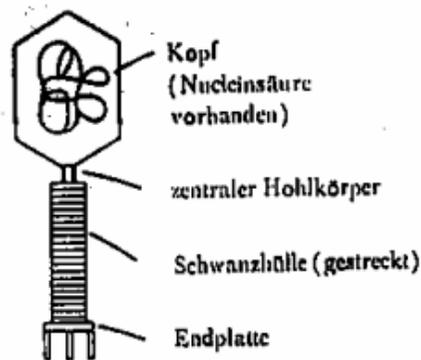
Morphologie der Phagen:

Wie benennt man die folgenden Teile eines typischen Phagen (oben vor, unten nach der Infektion)?



Mikrobiologie 00

Ein typisches Phagenpartikel besteht aus einem „Kopf“ und einem „Schwanz“. Der Kopf besteht aus dem Capsid und der Nucleinsäure. Der kleinste Phage hat einen Kopfdurchmesser von 25 nm, die grössten liegen bei ca. 100 nm. Der Schwanz des Phagen variiert ausserordentlich in seiner Zusammensetzung und Länge, es ist ein Adorptionsorgan. Einige Phagen haben keinen solchen Schwanz, andere einen in Form eines Stäbchens oder Filaments.



Lebenszyklus von Phagen und Wirt:

Fünf Phasen werden unterschieden, beschreibe sie:

Lebenszyklus eines nicht-infizierten Bakteriums: Normale Zweiteilung ohne Beteiligung des Phagen.

Adsorption freier Phagen: Infektion wenn Zelle empfänglich. Genetisch resistente Bakterien: Solche Zellen besitzen keine notwendigen Rezeptoren auf ihrer Zelloberfläche. Bei der Infektion penetriert die Nucleinsäure die Zelle. In diesem Stadium wird die Nucleinsäure als vegetativer Phage bezeichnet.

Lytische Infektion: Das vegetative Phagenmaterial wird repliziert und mit einem Proteinmantel umgeben. Danach lysiert die Wirtszelle und die freien Phagen werden ausgestossen.

Reduktion vegetativer Phagen zu Prophagen: Als Alternative zur lytischen Infektion können zahlreiche Phagen die man als temperent bezeichnet, zu Prophagen reduziert werden. Das Bakterium ist jetzt lysogen. Nach einer nicht näher festgestellten Zahl von Zellteilungen kann es in der Nachkommenschaft des ehemals infizierten Bakteriums zur Lyse kommen und es werden dann infektiöse Phagen freigesetzt.

Verlust des Prophagen: Gelegentlich kann ein infiziertes Bakterium seinen Prophagen spontan loswerden. Ursache unbekannt.

Die fünf Phasen eines Lebenszyklus Phage-Wirt können in einem Diagramm dargestellt werden.

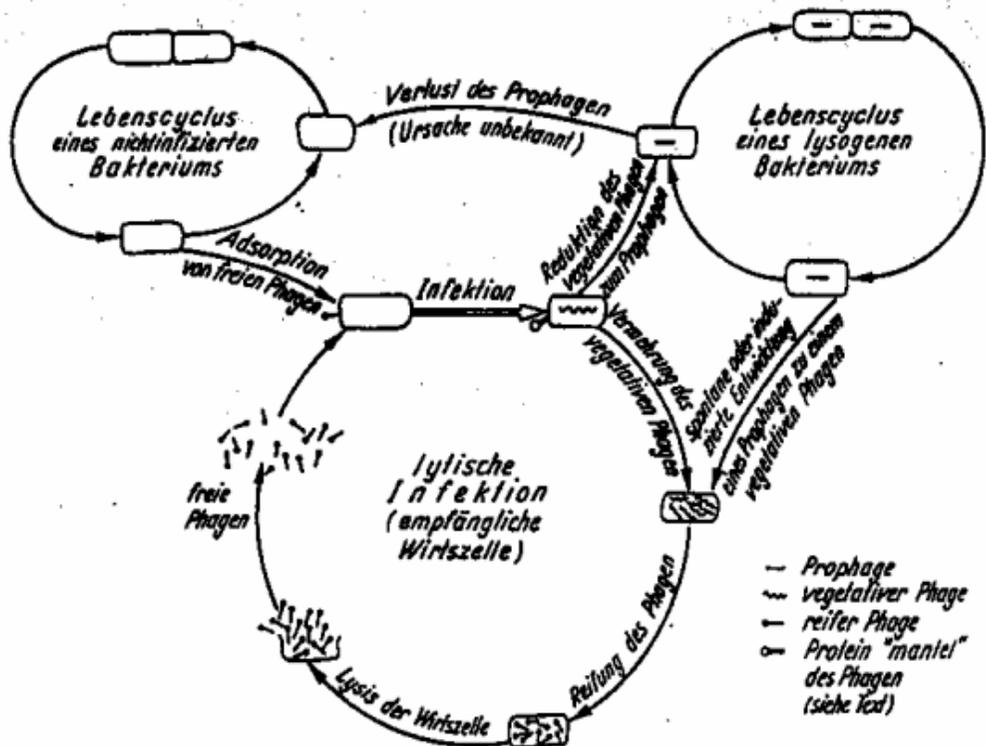


Abbildung 1.5: Vermehrungszyklus eines Phagen-Wirt-Systems

Lysogenie:

Welche zwei grundlegenden Eigenschaften hat ein temperenter Prophage?

- Persistenz der Nucleinsäure des Phagen
- Prophagen vermehren sich als Teil der Wirts-DNA

Lysogenie:

Integriert sich ein Prophage in die Wirtszellen-DNA?

Welche Möglichkeiten hat er?

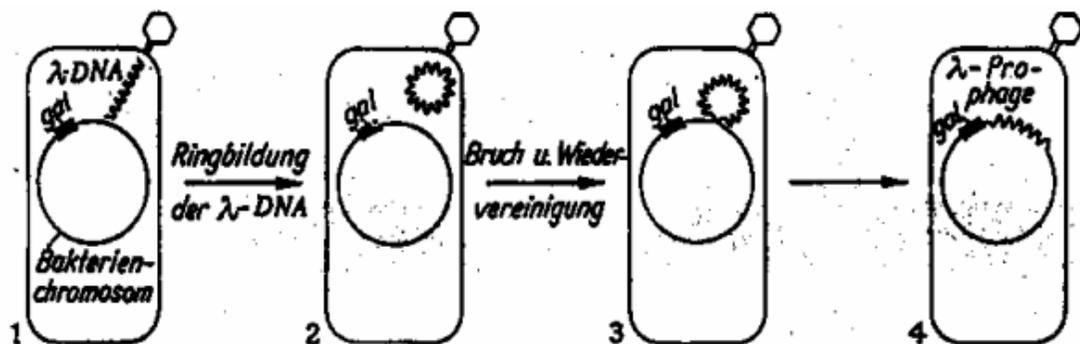


Abbildung 1.6: Integration des Prophagen in die Wirtszellen-DNA. 1. Die DNA des Phagen wird in die Wirtszelle injiziert. 2. Die DNA des Phagen bildet einen Ring. 3. Zwischen homologen Basensequenzen der Wirtszellen-DNA und der Phagen-DNA tritt eine Paarung auf. 4. Bruch und reziproke Wiedervereinigung innerhalb des Paarungsabschnittes integrieren die beiden ringförmigen DNA-Strukturen.

Auch das ringförmige Phasenchromosom ist stabil. Es kann sich im Zustand stiller Replikation synchron mit der Wirtszelle teilen.

Eine Wirtszelle wird von einem lysogenen Virus/Phagen infiziert, was ändert sich für die Zelle?

- **Immunität:** Lysogene Bakterien sind gegenüber einer Infektion durch Phagen desselben Typs immun
- **Induktion:** Prophagen können sich spontan in vegetative und später reife Phagen umwandeln. Die Umwandlung erfordert Inaktivierung oder Zerstörung von Repressormolekülen in der Zelle. z.B. durch höhere Temperatur oder leichte UV-Dosen.
- **Mutation zur Virulez:** Temperente Phagen können in den virulenten Zustand mutieren *a) Phage wird resistent* gegen einen Repressor, *b) Phage hat Fähigkeit verloren*, den Repressor zu produzieren bzw. zu induzieren
- **Einfluss auf den Genotyp der Wirtszelle:** Phagen können Gene enthalten, die für einen speziellen Stoffwechselschritt codieren. Lysogene Bakterien mit diesen temperierten Phagen können die Eigenschaft der Phagen-DNA nützen (Transduktion in der Gentechnik)

Pilze:

Aufteilung der Pilze in drei Hauptgruppen:

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. Phycomyceten: | Niedere Pilze |
| 2. Eumyceten | Höhere Pilze |
| 3. Myxomyceten | Schleimpilze |

Der Begriff Pilz ist schwer zu umschreiben, da einige den Alten sehr ähnlich sind und andere den Protozoen, , Die Trennung zwischen Tier- und Pflanzenreich geht mitten durch die Pilze.

Moderne Systematiker machen eine Extraklasse für Schleimpilze.

Eumyceten: Welche Klassen Pilze gehören dazu?

Was ist charakteristisch für die Eumyceten?

Wie viele Eumyceten gibt es etwa?

- **Ascomyceten** **Schlauchpilze**
- **Basidiomyceten** **Ständerpilze**
- **Deuteromyceten** **Fungi imperfecti (imperfekte Pilze)**

Jede dieser Pilzklassen umfasst etwa 30% der 100'000 bis heute bekannte Pilzarten. Fungi imperfecti können bis zu einem verschwindend kleinen Teil als Ascomyceten mit unvollständigem (oder -bekanntem) Entwicklungszyklus aufgefasst werden. Charakteristisch für alle höheren Pilze sind ihre Hyphen (Gesamtheit: „Myzel“). Ausnahme bilden die **Hefen**, die als Einzeller die Eigenschaft der Hyphenbildung verloren haben.

Wie sind Pilze definiert?

Was sind ihre häufigsten Lebensformen?

Ökologische Beziehungen zwischen Pilzen und anderen Lebewesen (z.T. auch zwischen Pilzarten) können sich so eng gestalten, dass sich daraus morphologische Einheiten höherer Ordnung ergeben.

- **Symbiose:** Algen, Cyanobakterien und Pilze treten zu *Flechtenthalli* zusammen
- **Parasitismus:** Symbiose und Parasitismus sind oft schwer zu trennen: Wird verwendet, wenn der Vorteil des Pilzes überwiegt, wenn der Einfluss auf den Wirt als schädlich zu bezeichnen ist. Eine Gemeinschaft ist aber nicht von vornherein definiert, häufig ist der *Einfluss abhängig von Aussenbedingungen*.
- **Saprophytismus:** Nährstoffbezug aus totem.

Spezifische Ansprüche der Pilze an ihre Umwelt:

Ernährung:

pH:

Temperatur:

Licht:

Geographische Verbreitung:

- Ernährung: Heterotroph. N aus Nitrat/Ammoniak/org. Material, S aus Sulfat. z.T. substratspezifisch
- pH: vermehrtes Vorkommen in tiefem pH (6.5-3.5) aber eher Konkurrenzerscheinung
- Temperatur: Sehr viele sind über grossem Temperaturbereich aktiv 0°C - 60°C (Grenzwerte)
- Licht: Grundsätzlich ohne Licht. Hyphen sind negativ phototrop (photophob). Reproduktive Phase wird durch Licht induziert.
- Verbreitung: Endemiten und Kosmopoliten

Wie viele Pilzarten gibt es etwa?

Es gibt wahrscheinlich **250'000 bis 300'000 Pilzarten**. Davon sind heute ca. 100'000 bekannt.

Pilze machen **ca. 5% der gesamten heterotrophen Mikroorganismen** aus.

Sie mineralisieren jährlich $2-3 \times 10^{12}$ kg organisch gebundenen Kohlenstoff

Nutzanwendungen von Pilzen:

- Wald:** Mykorrhiza fast aller Waldbäume
- Speisepilz:** (halb so viel Kcal wie mageres Kalbfleisch)
- Lebens-, Futtermittel:**
- Käse: (z.B. *Penicillium camemberti*)
 - Futterhefen (z.B. Abfallprodukte bei Papierherstellung etc. zu hochwertigem Futtermittel umwandeln)
 - Wein: (meist *Saccharomyces ellisoideus*)
 - Bier: (z.B. *Saccaromyces carlsberiensis*)
 - Brot: (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Hilfstoffe:** Vitaminprodukte, allgem. Enzyme
- Insektizide:** z.B. *Bauveria bassiana* verstopft Tracheen

Schadwirkungen von Pilzen:

Mikrobiologie 00

Verderben von Lebensmitteln:	(Konservierungsmassnahmen: Einfrieren, salzen, zuckern...)
Holzerstörungen:	(Weissfäule, wenn Cellulose und Lignin, Braunfäule, wenn nur Lignin abgebaut)
Zerstörung von Textilien/Leder:	Abbau mit Cellulasen/Proteasen
Erreger von Pflanzenkrankheiten:	83% der Erkrankungen von Kulturpflanzen
Krankheiten bei Tier und Mensch:	
Mykotoxikose:	Aflatoxine, Gruppe toxischer Metabolite aus Gattungen Aspergillus und Penicillium sind stärkstmütagen. Mutterkornalkaloide (Lysergsäureprodukte) aus Claviceps purpurea. Kontrolliert kleine Dosen sind verbreitetes Arzneimittel.
Mykogene Allergien:	Nicht selten bei Pilzsporen
Mykosen:	Die meisten Infektionen betreffen Haut, Haar und Nägel, tiefe Mykosen sind selten, aber gefährlich.

Bekämpfung von Pilzinfektionen:

Beim Pilz:

Antibiotika:	Amphotericin B, Nyastin	(spezifisch)
Chemikalien:	Kupfer	(unspezifisch)
Physikalisch:	pH Erhöhung	

Über Metabolismus:

Antibiotika:	Amphotericin B, Nyastin	(spezifisch)
Chemikalien:	Jod	(unverstanden)

Protozoen:

Wie viele kennt man heute etwa?

Wie leben sie?

Wie gross sind sie etwa?

Wie sind sie etwa aufgebaut?

Wie sind sie eingeteilt?

Etwa 40'000 rezente Protozoen sind bekannt, davon ist etwa $\frac{1}{4}$ parasitär. Ihre Grösse reicht von 2 μm bis über 2 cm.

Aufbau: Cytoplasmaleib mit einem oder mehreren Zellkernen, Geissel(n), Peristom, kontraktile Vakuolen etc.

Einteilung:

Flagellaten

Amoöben

Heliozoen

Sporozoen

Ciliaten

Unterscheide freilebende und parasitäre Flagellaten:

Bewegungsorganell:

Nahrung:

Verbreitung:

Freilebende Flagellaten: Bsp: *Chromulina*

Bewegungsorganell: Flagelle (mit Cytoplasmamantel), meist an polarem Ende

Farbe: Grün und braun

Verbreitung: Süßwasser und Meer

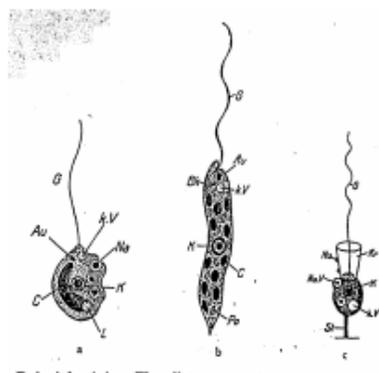
Nahrung: z.T. Photosynthese, z.T. Frass von Bakterien, Algen und Zerfallsprodukten

Parasitische Flagellaten: Bsp:

Parasoma gambiense

Bewegungsorganell: meist reduziert

Nahrung: Körperflüssigkeit oder Zellflüssigkeit



Sporozoen:

Aufbau:

Spezielle Entwicklung:

Bsp: *Plasmodium malariae*

Aufbau: Alle sind Parasiten und resorbieren Nahrung durch Zelloberfläche, daher einfacher Aufbau, keine Nahrungsorganellen.

Entwicklung: Generationswechsel mit Sporen kennzeichnet Art

Sporozoen:

Aufbau:

Bsp: *Paramecium caudatum*, *Vorticella similis*

Aufbau: kompliziert; mit allerlei spezifischen Regionen, wie z.B. kontraktile Vakuole, Zelmund, Mikro- und Makronucleus, Nahrungsvakuole, etc.

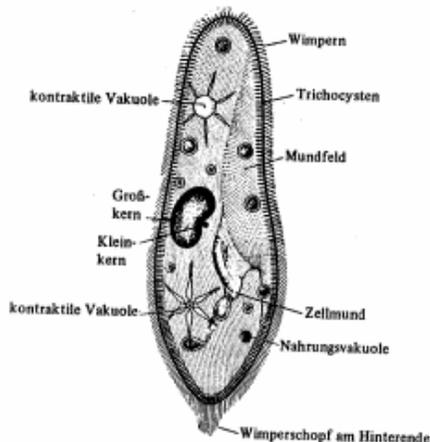
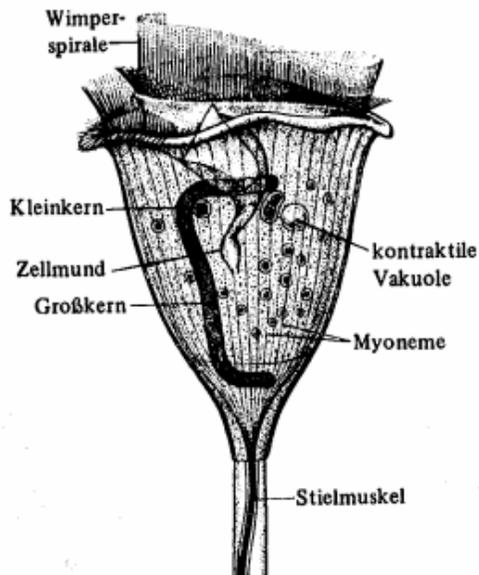


Bild (1-14): *Paramecium caudatum*

Bild (1-15): *Vorticella nebulifera*



Algen:

Aufbau:

Biochemie:

Verbreitung:

Bsp: *keines*

Aufbau: sehr heterogene Gruppe von niederen Pflanzen. Einzeller bis parenchymatische Thalli bildend. Mikrometer bis mehrere Meter lang.

Biochemie: Alle Algen besitzen Chlorophyll a zur Photosynthese. Bedarf an Grundnährstoffen und die Endprodukte der Photosynthese (Kohlenhydrate/Proteine) sind denen von Pflanzen sehr ähnlich, bei Kohlenhydraten zeigen die Algen jedoch eine grössere Variabilität.

Verbreitung: Weltweit, Hauptverbreitung im Wasser, phytoplanktisch wie litoral.

Fragen zu Kapitel 1:

- Kann eine Zelle von einer Virus- oder Phageninfektion profitieren?
- Was für Substrate hat ein photo-organo-heterotrophes Bakterium? Wie nennt man eines, das von Wasserstoff und Kohlensäure lebt?
- Was ist Lysogenie?
- Was ist der Sinn der Klassifikation?
- Erkläre den Unterschied der natürlichen und der künstlichen Klassifikation:

- In seltenen Fällen kann es dazu kommen, dass a) der Virus/Phage nie virulent wird, und b) dennoch Teile seiner DNA exprimiert. Diese Proteine können c) der Zelle evolutiv von Nutzen sein: **Transduktion!**
- Ein photo-organo-heterotrophes Bakterium kann sich a) direkt durch **Photosynthese**, b) aber auch durch **Abbau organischer Substanz** ernähren.
- Lysogenes System: **Induktion – Mutation – Beeinflussung** (lysogen oder nicht)
- Klassifikation: v.a. zur Wiedererkennung von Bakterien
- Natürlich: durch phylogenetischen Stammbaum (chemische Merkmale, Sequenzen v.a. 16S-rRNA)
- Künstlich: Ordnung durch Ähnlichkeiten – gebräuchlich!

Die eukaryotische Zelle:

Aufbau-Elemente:

Zell-Organellen:

- **Zellkern**
- **Cytoplasma**
- **ER, Vakuolen,**
Plastiden (Chloroplasten mit DNA),
Mitochondrien (mit DNA)
- **Zellwand** (bei Pflanzen aus Polysaccharid wie Chitin, Cellulose od. Hefeglucan oder auch anorganisch, aus Silikaten bei Kieselalgen)
- **Cilien oder Geisseln aus 9+2 Fibrillen** (je aus Mikrotubuli)

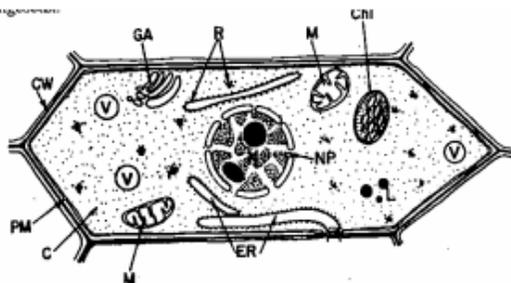


Abbildung 2.1: Eukaryont; GA: Golgi-Körper; R: Ribosomen; M: Mitochondrien; Chl: Chloroplast; CW: Zellwand; V: Vakuolen; N: Kern; NP: Kernmembranöffnungen; L: Lipidtröpfchen; PM: Plasmamembran; C: Cytoplasma; ER: Endoplasmatisches Reticulum

Die prokaryontische Zelle:

Aufbau-Elemente:

Zell-Organellen:

- Keine autonomen Zell-Organellen
- Kein eigentlicher Zellkern (Region ohne klare Abgrenzung)
- DNA in **1** oder mehreren kleinen **Ring-Doppelsträngen**
- Zudem kleinere ringförmig-geschlossene **DNA-Moleküle**, die **Plasmide** (die in Plasmiden gespeicherte Information ist für die Zelle meist entbehrlich)
- Pigmente der Photosynthese in Lamellen der Zellmembran (wenn Partikel, genannt Chromatophoren)
- **Geisseln** (hier Flagellen genannt) aus Protein, 1 Untereinheit, **Flagellin**

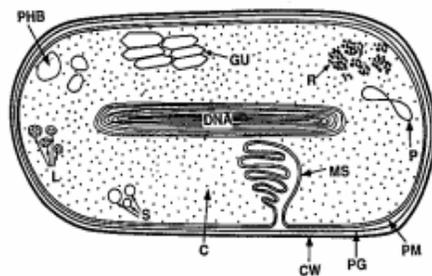


Abbildung 2.2: **Prokaryont:** PHB: Polyhydroxybuttersäure (Reservestoff); GU: Gasvakuolen; R: Ribosomen; L: Lipidtröpfchen; S: Schwefelgranulat; C: Cytoplasma; MS: Membranstrukturen; CW: Zellwand; PG: Mureinschicht; PM: Plasmamembran; P: Plasmid.

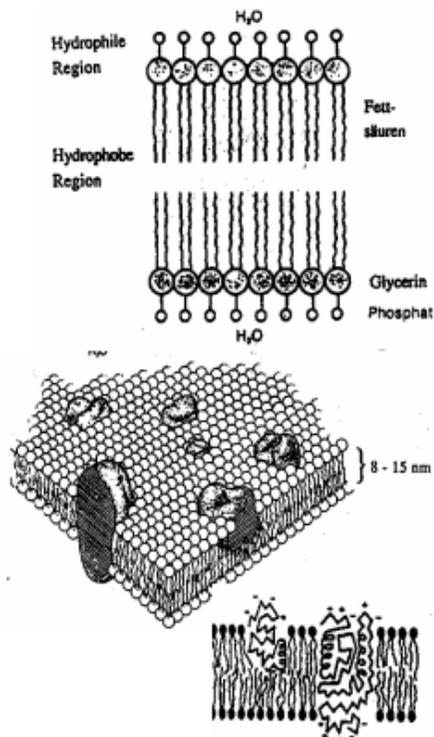
Zellmembran:

Aufbau:

Struktur:

Die Zellmembran ist aus **Phospholipiden** und **Proteinen** zusammengesetzt. Phospholipide besitzen ein hydrophiles und ein hydrophobes Ende. In einer Membran bilden diese Moleküle typische eine **Phospholipiddoppelschicht**.

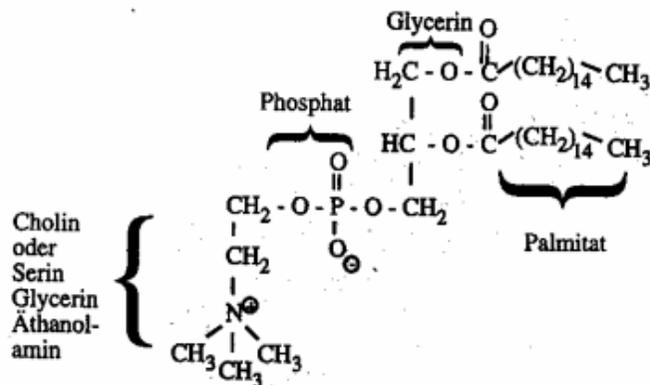
Polipeptidmoleküle sind eingebettet in die Phospholipiddoppelschicht. hydrophile Bezirke der Proteine ragen in den Intrazellular- bzw. Extrazellularraum. Die Lipidschicht ist wie flüssig und in ständiger Bewegung.



Struktur der **Phospholipide**:

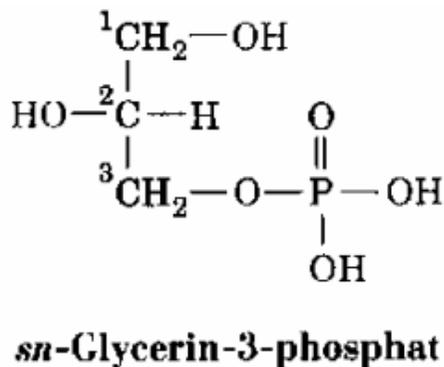
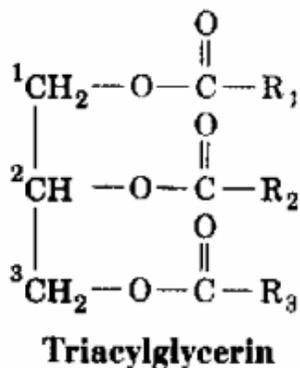
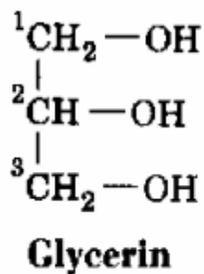
In Bakterien und Eukariota:

Phospholipide sind im allgemeinen **Fettsäureglycerinester**:



Merke Dir den Begriff „**verestert**“ genau an diesem Molekül!

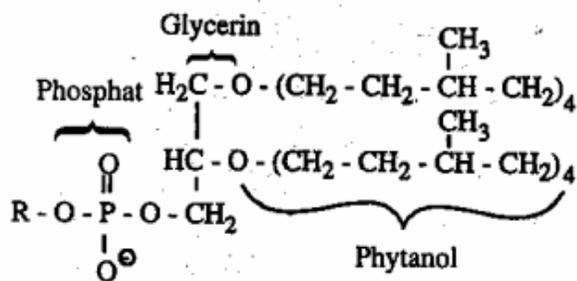
Ein Glycerin wird verestert: hier mit einem Acyl, daher der Name Triacylglycerin. Analog dazu die Bildung von Glycerin-3-Phosphat: man sagt auch – das Phosphat sei über eine Esterbindung an das Glycerin angehängt.



Struktur der **Phospholipide**:

In Archaea: (z.B. Methanbakterien)

Phospholipide sind im allgemeinen:
C₂₀ Phytanylisoprenoidglycerin-diether



R = meistens H, aber auch Glycerin und verschiedene Oligosaccharide.

Funktionen der Zellmembran:

Osmotische Barriere bzw. osmotische Verbindung.

Spezifische Proteine (**Permeasen**) transportieren Stoffe energieabhängig und **aktiv** gegen einen **osmotischen Gradienten** und beschleunigen Diffusion in Richtung des Gradienten.

- **Selektive Permeabilität** und Transport von gelösten Stoffen (bidirektional)
- Energiegewinnung durch Elektronentransport
- Absonderung von hydrolysierenden Exoenzymen
- Sitz von Enzymen und Trägermolekülen

Durchlässigkeit einer Lipiddoppelschicht für verschiedene Moleküle:

Hydrophobe, unpolare Moleküle	N_2 , O_2 , Benzol CH_4 , N_2O , H_2
Kleine, ungeladene, polare Moleküle	H_2O , Harnstoff Glycerin, CO_2
Große, ungeladene, polare Moleküle	Glucose, Saccharose
Ionen	Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} HCO_3^- , Cl^- , HPO_4^{2-}
Große, geladene, polare Moleküle	Glucose-6-phosphat $^{2-}$ ATP^{4-} , Aminosäuren

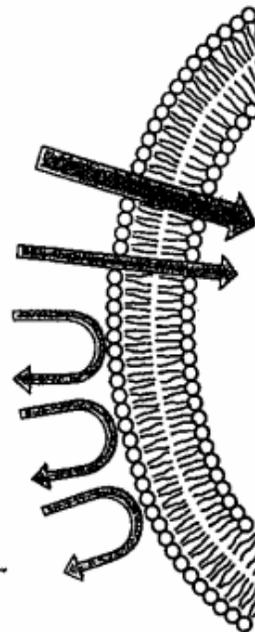
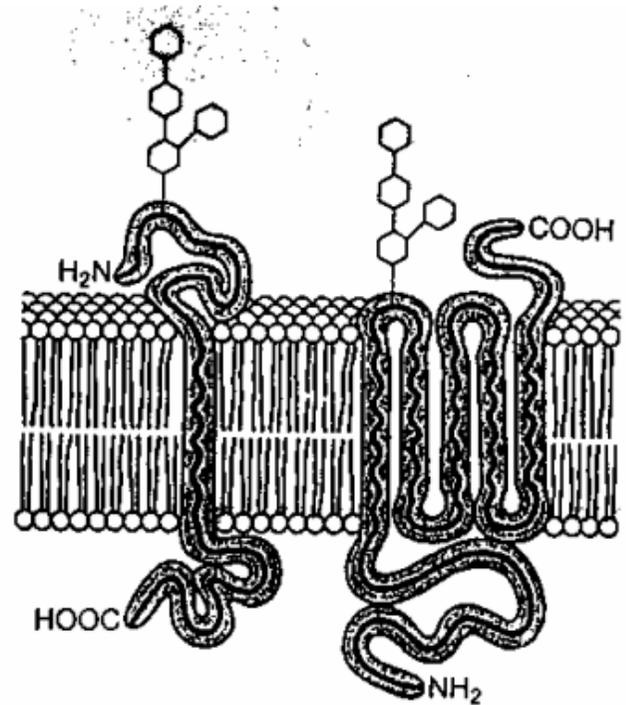
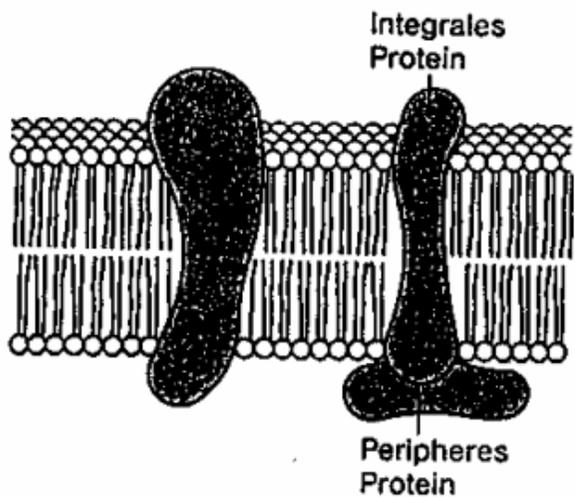


Abbildung 2.5: Durchlässigkeit einer Lipiddoppelschicht für verschiedene Moleküle. Die Diffusionskoeffizienten (cm^2/sec) für Ionen sind um 8 bis 10 Größenordnungen geringer als die für Sauerstoff oder Benzol (aus H.G. Schlegel, 1992).

Beispiel von **integralen Proteinen**. Solche Proteine können spezifische Transportketten ausüben. Oft sind die Proteinteile, die nach aussen schauen, mit Zucker verbunden (Poly- oder Oligosaccharid-Seitenketten)



Zellwand von Bakterien:

(Zellwand von Eukaryoten sind kompliziert, die von Archaea sehr wenig bekannt).

Der **osmotische Druck** in einer Zelle kann 5-20 Atm erreichen, die Zellwand muss also stark druckresistent sein. Dafür verantwortlich ist eine Schicht aus **Murein** (auch Mucopetid, oder Peptidoglycan). Zwei verschiedene Typen existieren:

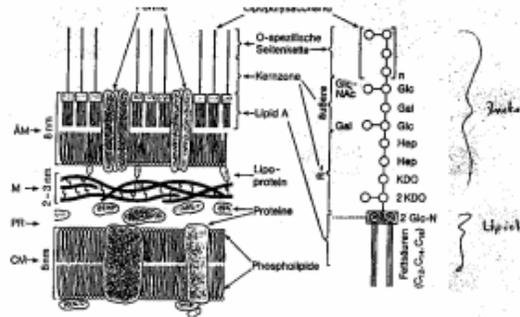
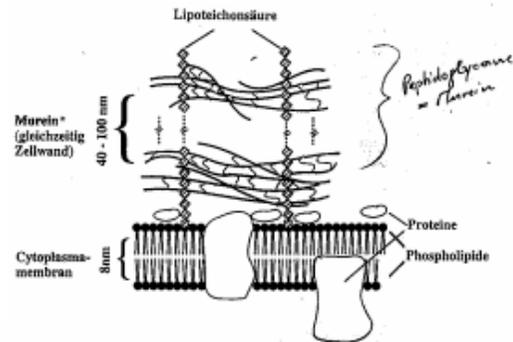
Aufbau:

Gram-Färbung:

Mikrobiologie 00

Gram-Positive: Dicke, multimolekulare Schicht. Ca. 40 Lagen Murein und einige Teichonsäuren (Polymere), ausserdem Polysaccharide.

Gram-Negative: Dünne Mureinschicht grenzt unmittelbar an Cytoplasmamembran. Sie ist verknüpft mit Lipoproteinen welche in einer weiteren Lipiddoppelschicht, aussen, verankert sind. Lipopolysaccharide mit hydrophilen O-spezifischen Heteropolysaccharidseitenketten weisen von dieser zweiten Doppelschicht nach aussen.



Genauerer Aufbau der Mureinschicht, aus Biochemie Voet:

Murein

Grund- Einheit:

Peptidglycan, bildet das Maschenwerk
Kohlenhydrat-Anteil: alternierend aus N-
Acetylglucosamin (NAG) + N-
Acetylmuraminsäure (NAM)
 $\beta(1\rightarrow4)$ -glycosidisch miteinander
verknüpft
+ Tetrapeptid (L-Ala – D-IsoGlu – L-Lys –
D-Ala – D-Ala)

Wirkung der Antibiotika: Behinderung der Transglycolase (welche die NAG-NAM-Bindung herstellt), bzw. der Transpeptidase (welche die Verbindung zwischen L-Lys und dem äusseren D-Ala herstellt).

Zellwand von Bakterien:

Welches sind die etwa sechs wichtigsten Elemente von Bakterien-Zellwänden?

- Murein (Peptidoglycan)
- Poren (Proteine)
- Lipopolysaccharide (antigene Wirkung)
- Fimbriae (Pili)
- Flagellen
- Kapseln/Schleimschicht

Vermehrung von Zellen:

Vergl. Prokaryonten und Eukaryonten:

Prokaryonten bzw. vegetative Teilung der Eukaryonten:

DNA-Verdoppelung mit anschliessender Zellteilung. Identische Chromosomenaufteilung.

Eukaryontische geschlechtliche Vermehrung:

(Zusatz aus Molekularbiologie)

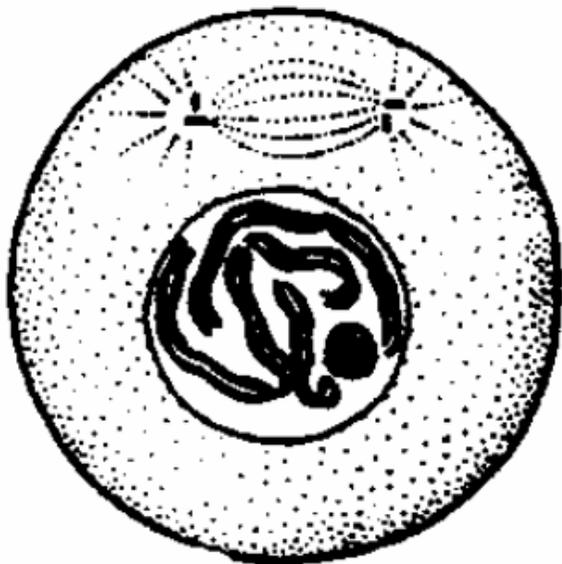
Beschreibe die Mitose:

Zweck?

Beschreibe den ersten Schritt, die Prophase:

Die Mitose dient der reinen Vermehrung einzelner Zellen: Ihr Ziel ist eine möglichst exakte Kopie einer bereits vorhandenen Zelle zu erstellen:

Prophase: Zentrosomen
weichen auseinander,
Chromosomen werden
sichtbar (**je 2 Chromatide**)
Kernmembran zerfällt,
Spindel bildet sich,
Chromosomen
kondensieren fortlaufend.

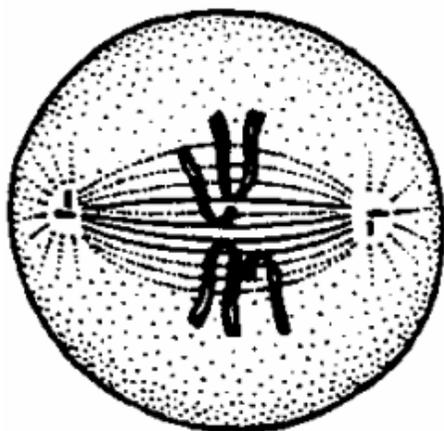


(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Metaphase der Mitose:

Mitose:

Metaphase: Die **Spindelfasern** heften sich an die nun **maximal spiralisierten** Chromosomen – sie legen sich auf die Äquatorialebene. Alle **Centromere** liegen exakt auf dieser Ebene, die Enden der Chromosomen zeigen nach aussen.

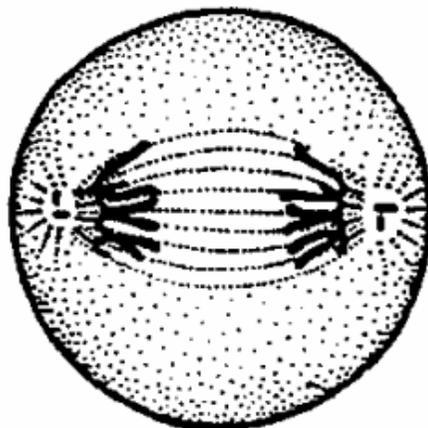


Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Anaphase der Mitose:

Mitose:

Anaphase: Von jedem **Chromosom** wird ein **Chromatid** zum einen, das andere **zum** anderen **Pol** gezogen, das Centromer geht voran:



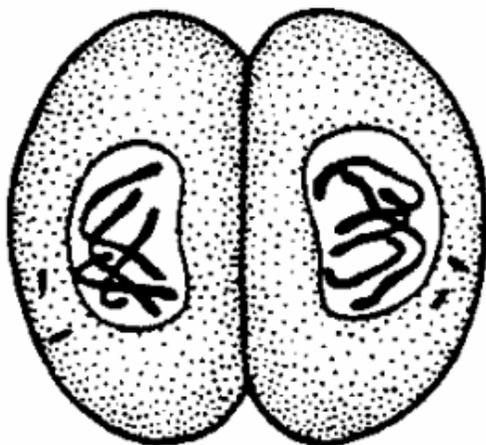
Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Telophase der Mitose:

Mitose:

Telophase: Die Chromosomen **dekondensieren**, verknäueln und werden unsichtbar. Eine neue **Kernmembran** bildet sich um die Tochterkerne, die **Zelle schnürt sich mitten durch**: Zwei völlig identische Teile entstehen.

(Auch Mitochondrien haben sich so geteilt!)



Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Interphase der Mitose:

Mitose:

Interphase: In der Interphase werden nun die soeben getrennten Zellen wieder in den Zustand von der Teilung versetzt: Dazu müssen alle **Chromatiden wieder verdoppelt** werden (dazu auch die **Entspiralisierung**). Die **Zentriolen** werden kopiert, damit eine neue Zellteilung möglich ist. In dieser Phase werden auch die **Nucleoli** (Kernkörperchen) wieder sichtbar (Bildung der Ribosomen).

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Meiose von Eukaryonten:

Meiose:

Eine diploide Zelle „ $2n$ “ enthält **zwei Erbsätze in jeweils doppelter Ausführung**. Dies reicht für die Herstellung Vierer Nachkommen.

Die Meiose ist ein spezieller Teilungsvorgang mit zwei aufeinanderfolgende Reifeteilungen: **RT I und RT II**, wobei bei diesen Reifeteilungen, vor der Verteilung der vier Erbsätze auf einen Gameten, noch eine Vermischung der Geninformationen durch Crossing-over geschieht.

Vergleiche die Bezeichnungen der verschiedenen Stadien!

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Prophase der Meiose von Eukaryonten:

Anders als bei der Mitose ist hier die **Prophase** in verschiedene wichtige Stadien unterteilt:

- Leptotän:** Chromosomen werden sichtbar
- Zygotän:** Chromosomen bilden Homologenpaare
- Pachytän:** Endstadium der Paarung – Vierstrangstadium
– zwischen den Strängen treten Chiasmata auf.
- Diplotän:** Centromere weichen auseinander. Chiasmata werden terminalisiert.

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die **Anaphase I** der Meiose von Eukaryonten:

Anaphase I der Meiose:

RT I (erste Reifeteilung)

Wie bei der Anaphase der Mitose werden hier die Centromere auseinandergezogen, wobei die Chromatiden aber noch nicht getrennt werden. Hier werden erst die homologen Chromosomen getrennt, welche ja in doppelter Ausführung vorlagen (Vater + Mutter). Diese Chromosomen sind nun aber nicht mehr mit den väterlichen, bzw. mütterlichen identisch, da Pachytän Chiasmata auftraten, welche so die Gene mischten.

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die **Anaphase II** (Zweite Reifeteilung) der Meiose
von Eukaryonten:

Anaphase II (Zweite Reifeteilung) der Meiose:

Nach der ersten Reifeteilung (Wechsel „ $2n$ “ – „ $1n$ “) folgt die Trennung der Chromatiden:

Erst in der zweiten Reifeteilung werden die Chromatiden getrennt!

Diese zweite Reifeteilung ist vergleichbar mit der Anaphase der Mitose, weil auch hier die Chromatiden getrennt werden. Resultat: 4 haploide Zellen „ $1n$ “ mit einer einzigen Kopie der Gene (Gemisch aus mütterlichen und väterlichen).

Der Zellzyklus:

Beispiel *Caulobacter crescentus* ein Bakterium kennt zwei unterschiedliche Zellformen:

Allgemein?

- Die **Schwimmer-Zelle** verdoppelt die DNA nicht, wahrscheinlich spielt der Grad der Methylierung der chromosomalen DNA eine Rolle bei der Signalisierung der Chromosomenverdoppelung.
- Die **Zelle mit Stiel** macht DNA-Replikation einmal im Zellzyklus und zwar nur die Stiel-Zelle!

Allgemein: Auch Bakterien welche keine deutliche Zelldifferenzierung aufweisen, kennen einen Zellzyklus. Der Zellzyklus programmiert, wann DNA verdoppelt wird, wann eine neue Membran gebildet wird etc. Diese Ereignisse laufen nicht immer synchron: Gewisse Bakterien haben die DNA schon vervierfacht, bevor sie sich teilen...

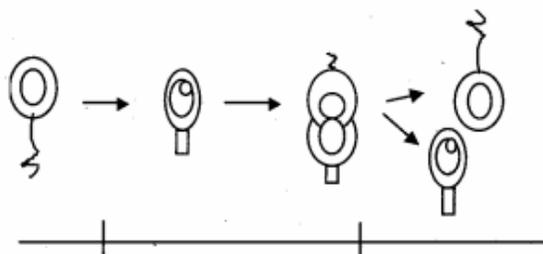


Abbildung 2.9: Der Zellzyklus von *Caulobacter*. Schwimmer-Zellen (links) verdoppeln ihre DNA nicht. Erst nach Übergang zu einer Zelle mit Stiel (mitte) fängt die DNA-Verdopplung und die Bildung einer neuen Tochterzelle an.

Vergleiche die verschiedenen Zellstrukturen von **Archaea, Bakterien** und **Eukaryonten**

- Kern
- Kernmembran
- DNA
- Verdoppelung
- Sexuelle Vermehrung
- Plasmamembranaufbau
- Interne Membransysteme
- Ribosomen
- Zellwand
- Bewegung
- Grösse

2.6

Vergleich der verschiedenen Zellstrukturen

Charakteristik	Archaea	Bakterien	Eukarya
<u>Kernstruktur und Funktion</u>			
Kernmembran	keine	keine	vorhanden
Kern	keiner	keiner	vorhanden
DNA	ein Molekül, mit Histon komplexiert	ein Molekül, nicht komplexiert	in mehreren Chromosomen aufgeteilt, mit Histon komplexiert
Verdoppelung	keine Mitose	keine Mitose	Mitose, Spindelfasern
Sexuelle Vermehrung	keine bekannt	fragmentarisch nur ein Teil des genetischen Materials übertragen, keine Meiose	Meiose, Aufteilung des ganzen Chromosomensatzes
<u>Cytoplasmastruktur und -organisation</u>			
Plasmamembran	Vorstufen der Sterole vorhanden	Sterole fehlen	Sterole vorhanden
Interne Membransysteme	relativ einfach	Esterbindungen	Esterbindungen
Ribosomen (rRNA)	70S = 30S + 50S	relativ einfach	komplex
Organellen mit Membranen	keine bekannt	70S = 30S + 50S	80S = 40S + 60S; ausser Mitochondrien und Chloroplasten: 70S = 30S+50S
Atmungssystem	in Plasmamembran	keine in Plasmamembran	vorhanden in Mitochondrien
photosynthetischer Apparat	in internen Membranen	in internen Membranen	in Chloroplasten
Zellwand	Protein, Glycoprotein oder Pseudomurein	Murein	kein Murein, verschiedene Verbindungen, andere Polymere
Grundgerüst			
Fortbewegung			
Geisseln	einfaches Filament	einfaches Filament	9+2 Muster Gleiten und Strömen (Amöben)
Kriechen	?	Gleiten	
Grösse	meist < 2 µm im ø	meist < 2 µm im ø	2-100 µm im ø

Fragen zu Kapitel 2:

- Was sind **Aufgaben** der Zelle im lebenden Organismus?
- **Zellmembran** ist die wichtigste Struktur einer Zelle. (?)
- **Erscheinungsformen** der Eukaryonten sind viel **mannigfaltiger** als diejenigen der Bakterien/Archaea. (?)
- Was ist die Rolle der **Zellwand** bei **Bakterien**? Könnte ein Bakterium ohne leben? Unter welchen Voraussetzungen?
- Warum können **geladene Moleküle** die Zellmembran nur schwer passieren? Wie geschieht dann der Transport?
- Berechne **Oberfläche** zu **Volumen** von Kugel mit Durchmesser von 10 μm bzw. 1 μm sowie von Stäbchen von 10 μm Länge und 0.5 μm Durchmesser. Konsequenz?
- Wichtigste strukturelle **Unterschiede** von Pro- und Eukaryonten?

Mikrobiologie 00

- **Zellaufgaben:** Stoffwechsel, Struktur, Speicher, Erbinformation
- **Zellmembran:** Stoffwechsel (Exoenzyme), Struktur, selektive Permeabilität (Permeasen), Energiegewinnung, Zell-Zellkontakt (Trägermoleküle – Signalwahrnehmung)
- Erscheinungsformen: Organellen bzw. Energieausbeute geben grösseren Spielraum der Besiedlung (?)
- Osmotischer Druck müsste entfallen, dies ist ev. in einer salzigen Umgebung eher gegeben... aber Osmose wirkt selektiv für jedes osmotisch aktive Molekül!
- Diffusionskoeffizienten sind sehr verschieden, wegen der Polarität einzelner Fettsäuren (hydrophober Innenteil)
- Kugel: $D=10\ \mu\text{m}$ $O/V: xy$; $D=1\ \mu\text{m}$ $O/V= xy$; Stäbchen: $D=0.5\ \mu\text{m}$ $O/V= xy$; Konsequenz – lieber Stäbchen, wegen Druck!
- Unterschiede: z.B. Mureinschicht, Zellkern, Organellen, DNA-Form, Vermehrung, Zellwandbestandteile, Grösse

Hauptaufgabe des Stoffwechsels:

Synthese von Makromolekülen für wesentliche **Zellbestandteile** (Chromosomen, Systeme der Proteinsynthese, Enzyme, Membranen, Zellwände, Geißeln...). Diese Makromoleküle werden aus entsprechenden Untereinheiten zusammengesetzt: **Proteine** aus Aminosäuren, **Nucleinsäuren**

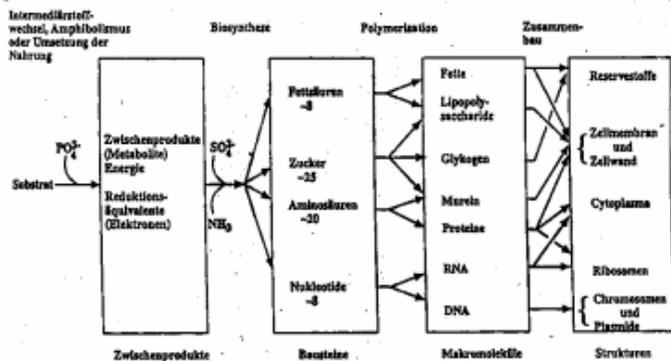


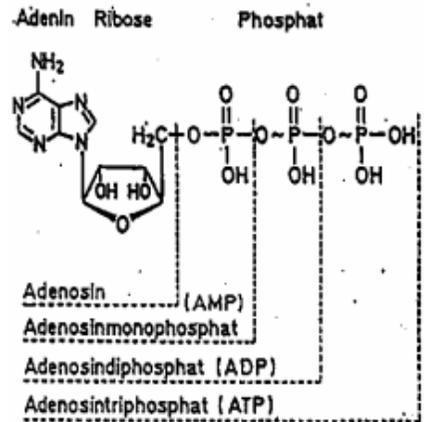
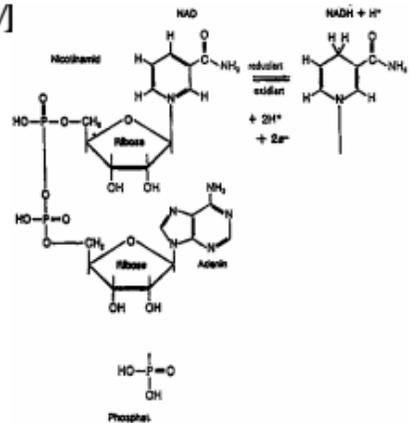
Abbildung 3.1: Übersicht über die allgemeinen metabolischen Reaktionen (Metabolismus, Stoffwechsel), welche aus dem Substrat Nahrung die nötigen Zellstrukturen synthetisieren.

aus Nucleotiden, **Polysaccharide** aus einfach-Zuckern und **Lipide** aus Glycerin oder anderen Alkoholen plus Fettsäuren sowie aus den Untereinheiten Cholin, Squalen, Steroiden etc...

Drei Hauptaufgaben des Intermediärstoffwechsels:

- Bildung von **Metaboliten** aus Zwischenstufen des Stoffwechsels
- Bildung von **ATP** aus **ADP** oder **AMP** und anorganischem Phosphat als universelle Energiequelle
- Erzeugung von Reduktionsäquivalenten **NAD(P)**, für **Reduktion von Substraten** die stärker oxidiert sind als die Endprodukte der Biosynthese bzw. zur Konservierung der **Energie**, die beim Intermediärstoffwechsel freikommt. Für die Biosynthese wird meist NADPH_2 verwendet, für die Energiespeicherung NADH_2

M



Im Intermediärstoffwechsel können grob vier verschiedene Stoffwechselarten unterschieden werden, wobei hier zwei für uns wichtig sind:

- **Katabolismus:** Organisch Moleküle werden abgebaut und je nachdem vollständig mineralisiert. Katabolismus stellt die Reduktionsäquivalente, wichtige Schlüsselzwischenprodukte und ATP her.
- **Anabolismus:** Biosynthese (hier weggelassen)
- **Anaplerotische** Sequenzen: Verbindung von Kata- und Anabolismus zur vermehrten Bereitstellung der Zwischenprodukte (hier auch weggelassen)
- **Energiekonservierung:** Mineralisierung organischer Substanz bringt meist Energie – diese wird in Form von ATP konserviert. Beim Abbau fallen viele Elektronen in Form von NADH_2 an, sie müssen von da zurückgewonnen werden – terminale Akzeptoren sind Sauerstoff, Nitrat, Sulfat, Kohlensäure, Protonen und Metalloxide oder Mangandioxid... auch organische Moleküle.

Verschiedene Typen von NAD-Regeneration:

O₂
NO₃⁻
MnO₂
FeOOH
SO₄⁻²
S⁰
CO₂
H^{*}

Terminale Elektronenakzeptoren:
Wie heißen die Reaktionsprodukte, wie der
Reaktionstyp?

Tabelle 3.1: Verschiedene Typen der NAD-Regeneration

Terminaler Elektronenakzeptor	Reduktionsprodukte	Reaktionstyp
O_2	H_2O	aerobe Atmung
NO_3^-	NO_2^-	Nitratreduktion
NO_3^-	N_2O, N_2	Denitrifikation
NO_3^-	NH_4^+	Nitratammonifikation
MnO_2	Mn^{2+}	Manganreduktion
$FeOOH^1)$	Fe^{2+}	Eisenreduktion
SO_4^{2-}	S^0, H_2S	Sulfatreduktion
S^0	H_2S	Schwefelreduktion
CO_2	CH_4	Methanogenese
H^+	H_2	Wasserstoffbildung oder Protonenreduktion
$[Org]_{ox}^2)$	$[Org]_{red}$	Fermentation (Gärung)

1) Es gibt mehrere verschiedene Eisenoxide; dies ist nur ein Beispiel.

2) $[Org]_{ox}$ = "oxidiertes" organisches Molekül

$[Org]_{red}$ = entsprechendes reduziertes organisches Molekül

Verknüpfung der Stoffwechselarten

Erkläre (ungefähr) Begriffe wie:

Mindestanforderung

Wachstumsfaktoren

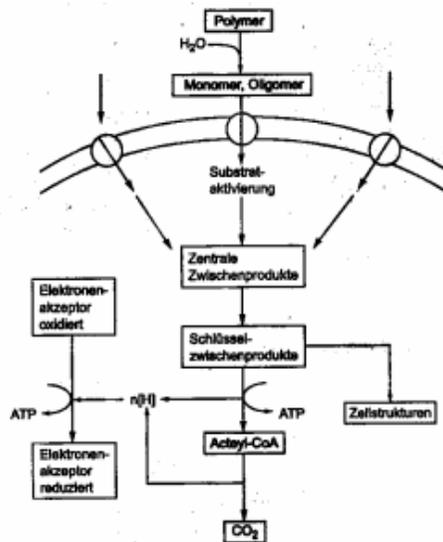
Polymere

Monomere

Zentrale Zwischenprodukte

Schlüsselzwischenprodukte

Mikroorganismen müssen in ihrer Umgebung als Mindestanforderung ein Substrat, das als **Energie-** und **Kohlenstoffquelle** dient, sowie Quellen für verschiedene **Nährstoffelemente** (N,S,P etc.) und meist auch **terminale Elektronenakzeptoren** besitzen. Die Kohlenstoffquelle liefert bestimmte Schlüsselsubstanzen für die Biosynthese. Polymere werden zu Monomeren hydrolysiert, über Zentral- zu Schlüsselzwischenprodukten metabolisiert – schließlich zu CO_2 . Die Oxidation der Energiequelle liefert ATP und Reduktionsäquivalente dazu.



Umwandlung von Naturstoffen für die Aufnahme in die Zelle:

Ein Reservestoff, welchen unser Körper täglich abbauen muss, ist Stärke, die universelle Speichersubstanz der Pflanzenwelt.

Aufbau?

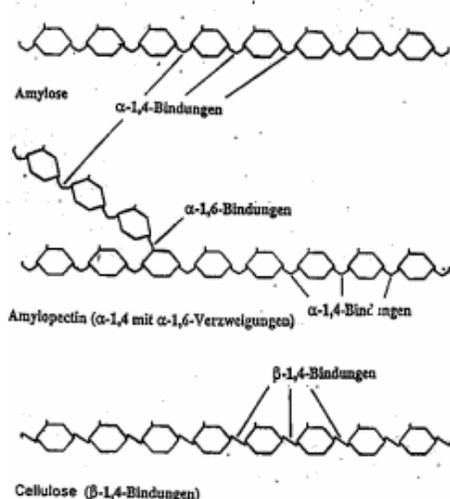
Löslichkeit?

Aufnahme?

Grund, weshalb Stärke und nicht monomere Glc-Einheiten als Energiedepot: massive Senkung des osmotischen Drucks.

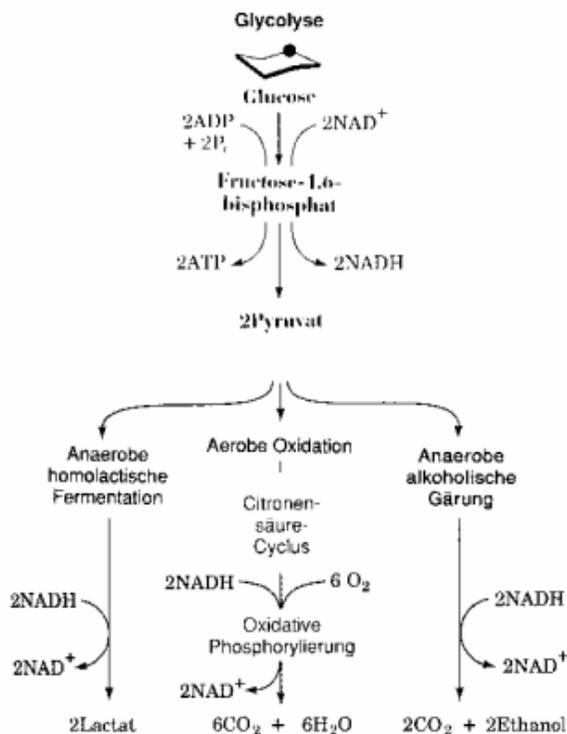
Amylose besteht aus unverzweigten Ketten von etwa 200-500 $\alpha(1\rightarrow4)$ -glycosidischen Glucosemolekülen. Amylose ist in heissem Wasser löslich und färbt mit Jod blau.

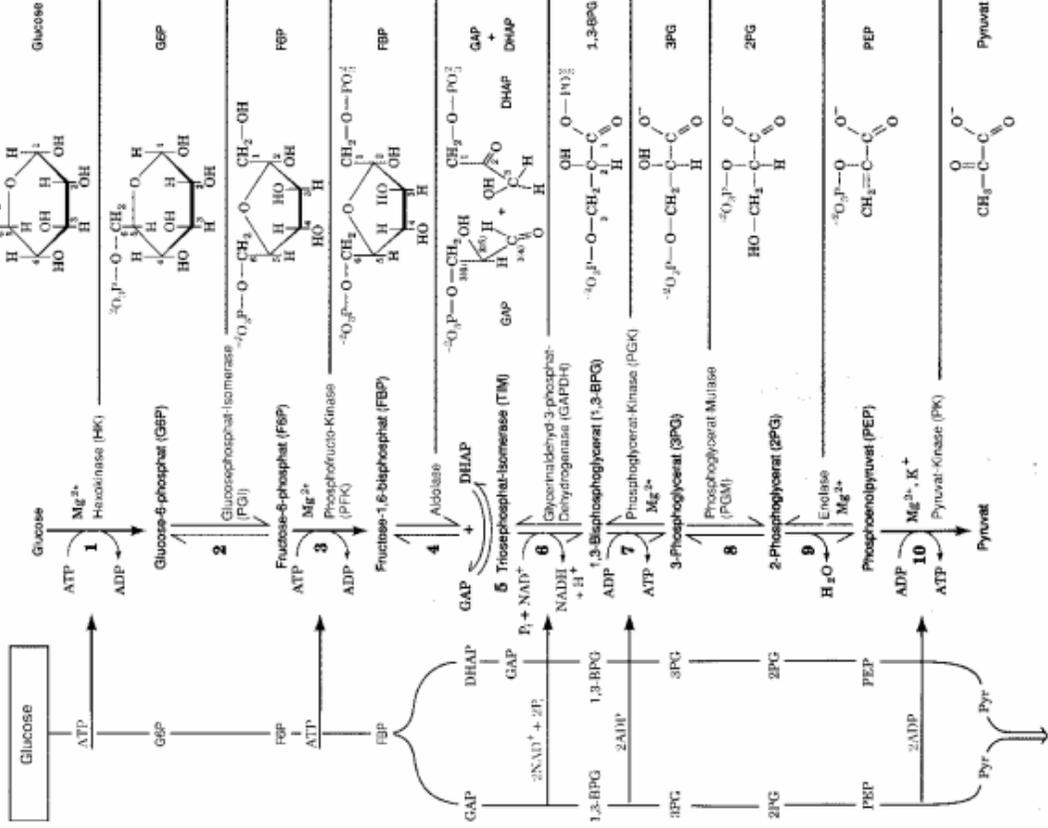
Amylopectin besteht aus verzweigten Ketten. Ca. an jedem 25. glucosemolekül ist mit einer $\alpha(1\rightarrow6)$ -Bindung eine Kette angehängt. Amylopectin quillt im Wasser.



Glycolyse:

Nenne die Zwischenprodukte

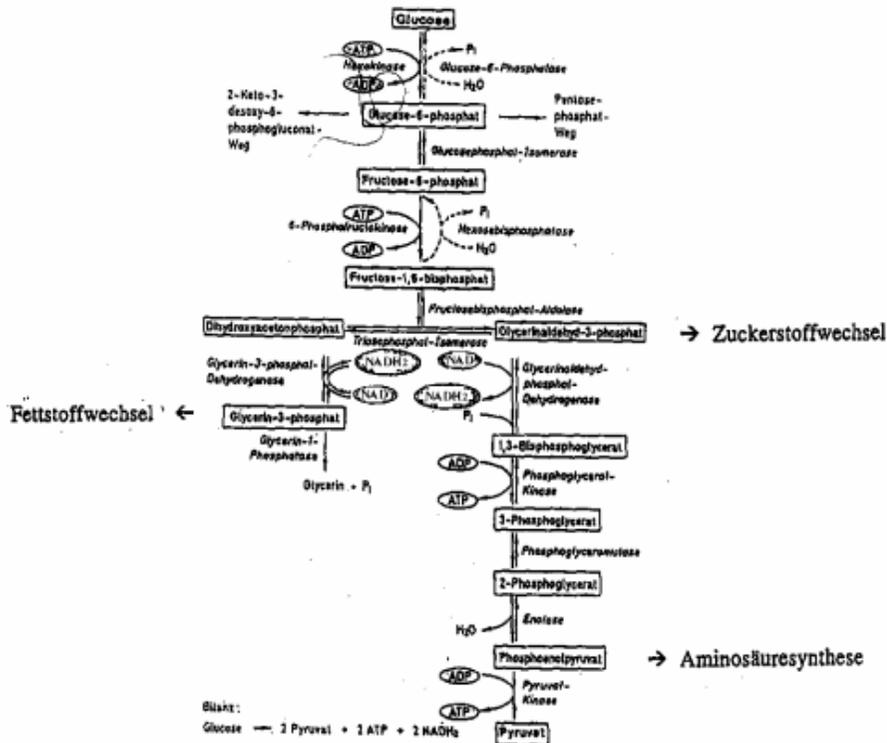




Glycolyse:

Nenne die Schlüsselsubstanzen

Mikrobiologie 00



Zum Nachsehen: Freie Energie der einzelnen Glycolysereaktionen.

Betrachte die Verhältnisse:

Die grössten Energiegewinne: Triosephosphat-**Isomerase**, Phosphoglycerat-**Kinase** und Pyruvat-**Kinase**

Die grössten Hürden: Glucose-6-**Phosphatase**, Hexosebiso**phosphatase** (umgekehrt auch Phosphofruktokinase)

Mikrobiologie 00

Tabelle 3.2 - Reaktionen der Glykolyse

Schritt	Reaktion	Enzym	Typ*	ΔG°	ΔG
1	Glykose + ATP \longrightarrow Glukose 6-Phosphate + ADP + H ⁺	Hexokinase	a	-16.80	-33.60
2	Glukose 6-Phosphate \rightleftharpoons Fruktose 6-Phosphate	Phosphoglucose Isomerase	c	+ 1.68	- 2.52
3	Fruktose 6-Phosphate + ATP \longrightarrow Fruktose 1,6-Bisphosphate + ADP + H ⁺	Phosphofruktokinase	a	-14.28	-22.26
4	Fruktose 1,6-Bisphosphate \rightleftharpoons Dihydroxyaceton Phosphate + Glycerinaldehyd 3-Phosphate	Aldolase	e	+23.94	- 1.26
5	Dihydroxyaceton Phosphate \rightleftharpoons Glycerinaldehyd 3-Phosphate	Triose Phosphate Isomerase	c	+ 7.56	+ 2.52
6	Glycerinaldehyd 3-Phosphate + P _i + NAD ⁺ \rightleftharpoons 1,3-Disphosphoglycerat + NADH + H ⁺	Glycerinaldehyd 3-Phosphat Dehydrogenase	f	+ 6.30	- 1.68
7	1,3-Bisphosphoglycerat + ADP \rightleftharpoons 3-Phosphoglycerat + ATP	Phosphoglycerat Kinase	a	- 9.00	+ 1.26
8	3-Phosphoglycerat \rightleftharpoons 2-Phosphoglycerat	Phosphoglyceromutase	b	+ 5.30	+ 0.84
9	2-Phosphoglycerat \rightleftharpoons Phosphoenolpyruvat + H ₂ O	Enolase	d	+ 1.68	- 7.36
10	Phosphoenolpyruvat + ADP + H ⁺ \longrightarrow Pyruvat + ATP	Pyruvat Kinase	a	-31.50	- 1.68

Bemerkung: ΔG° und ΔG sind in kJ/mol angegeben. ΔG ist die effektive freie Energie bei Konzentrationen, die typisch sind für die Zelle. ΔG° entspricht ΔG° bei pH7.

Reaktionstyp: a) Phosphoryl Transfer
d) Dehydratation

b) Phosphoryl Shift
e) Aldolsplaltung

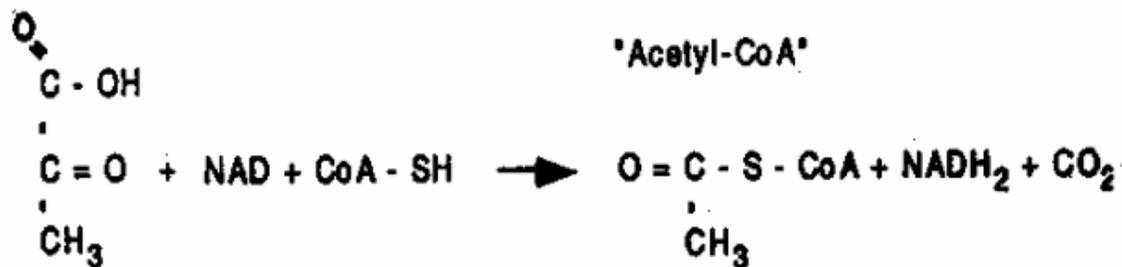
c) Isomerisierung
f) Phosphorylierung und gleichzeitig Oxidation

Bildung von Acetyl-CoA aus Pyruvat:

Acetyl-CoA ist das wichtigste aller Zwischenprodukte des Intermediärstoffwechsels. Es fällt jeweils als Endprodukt beim Abbau von Fetten, Eiweissen, Aromaten, Zuckern etc. an.

Die **Bildung von Acetyl-CoA aus Pyruvat** benötigt drei Enzyme und fünf Coenzyme, sie alle sind im Multienzym-Komplex: **Pyruvat-Dehydrogenase-System** vereinigt.

Wozu wird das Acetyl-CoA schliesslich verwendet?



$$\Delta G^{\circ} = -33.5 \text{ kJ/Mol}$$

Acetyl-CoA ist Substrat des Tricarbonsäurezyklus.

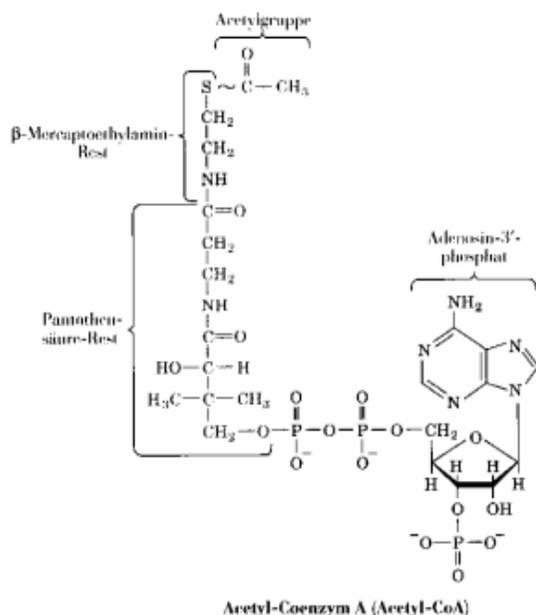
Wie sieht das Acetyl-CoA aus? Was ist seine aktive Stelle?
Was macht Acetyl-CoA?

Mikrobiologie 00

Einzig die HS-Gruppe des Enzyms ist aktiv, sie kann ein Acetyl binden und wieder freilassen. Erkennbar ist auch die Adenosinphosphateinheit – vergl. ATP bzw. DNA. **CoA fungiert damit als Träger für Acetyl- und andere Ayclgruppen** (das A in CoA steht damit für Acetylierung).

Acetyl-CoA ist eine „energiereiche“ Verbindung: $\Delta G^{0'}$ für die Hydrolyse der Thioesterbindung beträgt -31.5 kJ/mol. , wodurch die Reaktion etwas exergonischer wird als die ATP-

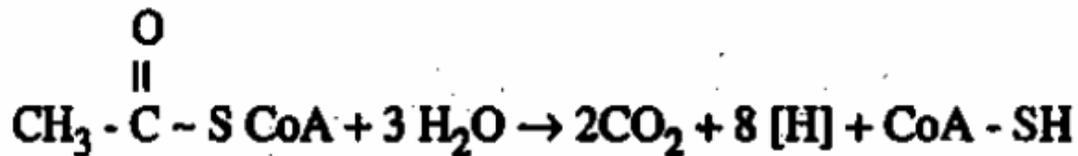
Hydrolyse. Diese Bindung kann damit Freie Enthalpie bei der Oxidation eines Stoffwechselbrennstoffes speichern.



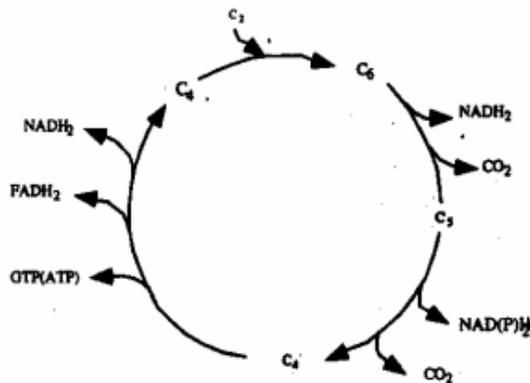
Oxidation von Acetyl-CoA:

Der Tricarbonsäurezyklus hat nicht nur die Funktion der terminalen Oxidation von Nahrungsstoffen, sondern stellt für die Biosynthese auch zahlreiche Vorstufen zur Verfügung, z.B. 2-Oxoglutarat, Succinat und Oxalacetat. Diese sind zugleich die Schlüsselzwischenprodukte dieses Zyklus.

Wie sieht die Gesamt-Bilanz des Ac-CoA-Abbaus aus?



Bei dieser Oxidation wird also kein Sauerstoff aufgenommen, sondern mehrfach Wasser angelagert und anschliessend dehydriert.



Wie sieht die **Gesamtbilanz** für den Abbau von Glucose aus?

FDP-Weg plus Pyruvat-DH plus TCC

FDP: Fructose-1,6-bisphosphat-Weg (auch Di-Phosphat)

Pyruvat-DH: Pyruvat-Dehydrogenase (oxidative
Dekarboxylierung)

TCC: Tricarbonsäurecyclus

- 4 ATP (2 von FDP, 2 von TCC in Form von GTP)
 - 2 NADPH₂ (aus TCC)
 - 8 NADH₂ (4 von TCC, 2 von Pyruvat-DH, 2 von FDP)
 - 2 FADH₂ (aus TCC)
-
- **4 ATP + 12 NADH Äquivalente**

Energiekonservierung und Regeneration der Akzeptoren der Reduktionsäquivalente (z.B. NADH₂)

Im Intermediärstoffwechsel ist eine grosse Menge Reduktionsäquivalente angefallen. Die Träger dieser Reduktionsäquivalente sind reduzierte Coenzyme wie z.B. NADH₂, die wieder oxidiert werden müssen:

Als Oxidationsmittel stehen **anorganische oder organische** Verbindungen zur Verfügung.

Typ Reaktion?

Trivial-Name?

NAD-Regenerationsreaktionen sind Redoxreaktionen!

Wird ein anorganischer Elektronenakzeptor gebraucht, wird dieser Prozess meist **Atmung** genannt.

Im Falle von organischen Akzeptoren ist es meist eine **Gärung**.

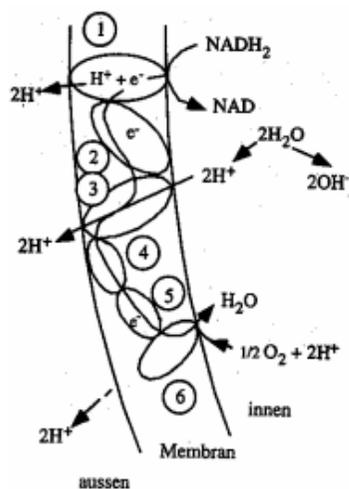
Die meiste Energie wird frei, bei der Atmung. Aus Glucoseoxidation werden 24 Elektronen frei, bei ihrer Übertragung auf Sauerstoff wird viel Energie zurückgewonnen.



Atmung:

Atmende Organismen verfügen über einen besonderen Apparat, die Atmungskette oder Elektronentransportkette und das Enzym ATP-Synthase.

Wie/Wo verläuft die Elektronentransportphosphorylierung?



Anordnung der Atmungskette in der Membran eines Bakteriums. Pro Elektronenpaar wird ein Gradient von sechs Protonen aufgebaut. Die Proteine ① und ② sind aufgebaut aus verschiedenen Bestandteilen und bilden zusammen die NADH-Dehydrogenase, die Komponente ③ ist ein Ubichinon, das sowohl Elektronen als auch Protonen transportiert. ④ besteht ebenfalls aus mehreren Bausteinen und wird als Ganzes Cytochrom-Reduktase genannt. ⑤ ist Cytochrom C. Diese Verbindung enthält ein Eisenatom, welches leicht oxidiert und reduziert werden kann. ⑥ ist auch ein Protein mit Cytochromen und bildet die Cytochrom-Oxidase.

Die von den Substraten abgegebenen Reduktionsäquivalente (Protonen oder Elektronen) werden an die Cytoplasmamembran oder innere Mitochondrienmembran transportiert.

Sie werden in der Weise durch die Membran geleitet, dass zwischen Innen- und aussenseite der Membran ein elektrochemischer Gradient aufgebaut wird. Dieses Ladungsgefälle kommt durch die Anordnung der Komponenten der Atmungskette zustande (→ Protonenpumpe)

Atmung:

Die lokale Erhöhung der Protonenkonzentration führt definitionsgemäss zu einem tieferen pH und einem pH-Gradienten und da Protonen geladen sind, auch zu einer Potentialdifferenz.

Wie ist diese Potentialdifferenz definiert? Wie wird sie von der Zelle genutzt?

? $p = ? ? - (2.3 RT/F) \Delta pH$ wobei $F = \text{Faradaykonst.}$

Das Ladungsungleichgewicht an der Membran, also der elektrochemische Gradient, ist die treibende Kraft für die Regeneration von ATP und andere energieaufwendige Prozesse. Die ATP-Synthase, die aus ADP und P_i ein ATP synthetisiert. Das Enzym ragt auf der Innenseite aus der Membran heraus.

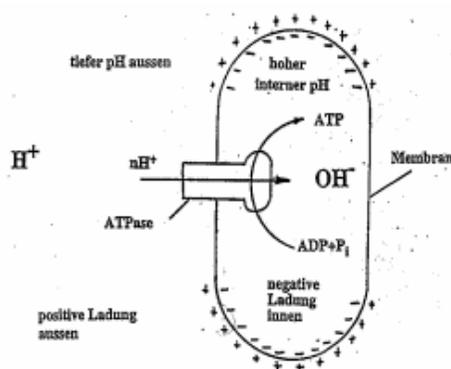


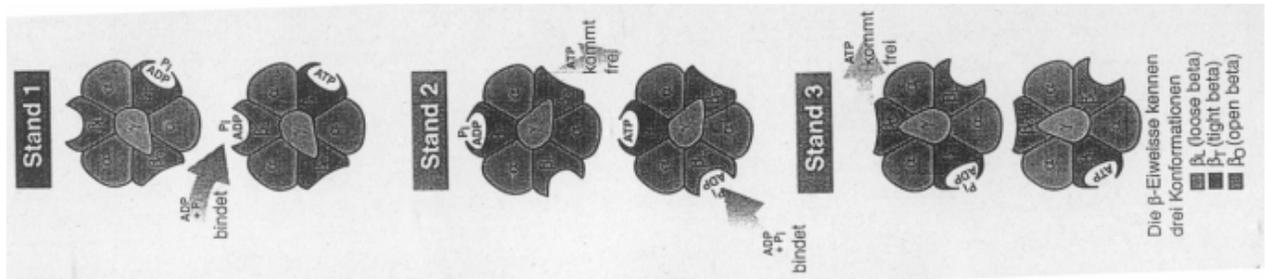
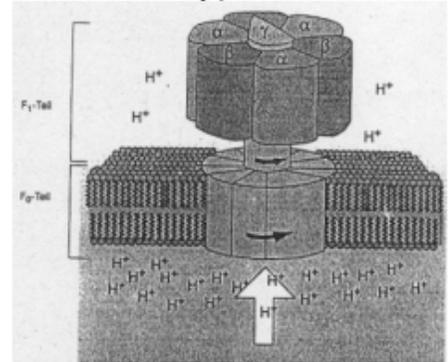
Abbildung 3.11: Schematische Darstellung der ATP-Bildung mit einem Protonengradienten. Die Membran muss geschlossen sein, damit ein Potential- und pH-Gradient an ihr aufgebaut werden kann. Die "proton motive force", d.h. die energetische Summe der beiden Gradienten, kann beim Zurückfließen der Protonen zur Synthese von ATP verwendet werden.

**Erkläre die Umsetzung der Potentialdifferenz in ATP
genauer:**

Historisch auch „Elektronentransportphosphorylierung“

Mikrobiologie 00

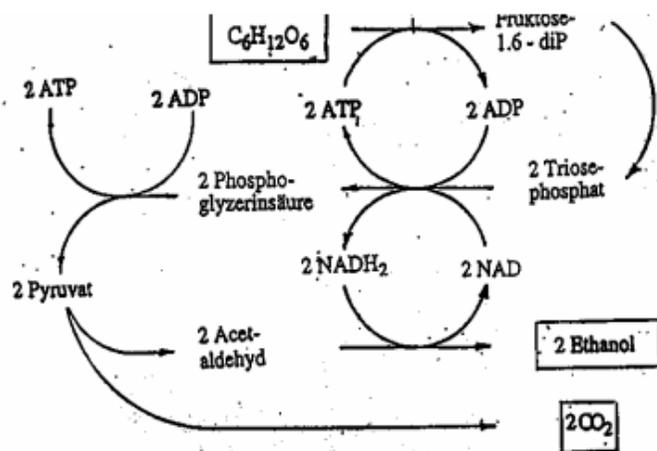
F_0 -Teil des molekularen Motors ist verankert in der Membran der Zelle (bzw. des Mitochondriums), er dreht sich analog zu einem Pelton rein mechanisch wenn 9 H^+ durchströmen 1 mal, und der F_1 -Teil macht mit dieser Umdrehung 1 ATP durch Konformationsänderungen.



Gährung:

Falls anstelle einer anorganischen Verbindung eine organische verwendet wird, spricht man von Gährung. Die meisten Gährungen verlaufen folgendermassen: Ein Teil des organischen Substrates wird oxidiert, im besten Fall zu CO_2 , während der andere Teil als Elektronenakzeptor dient und dabei reduziert wird.

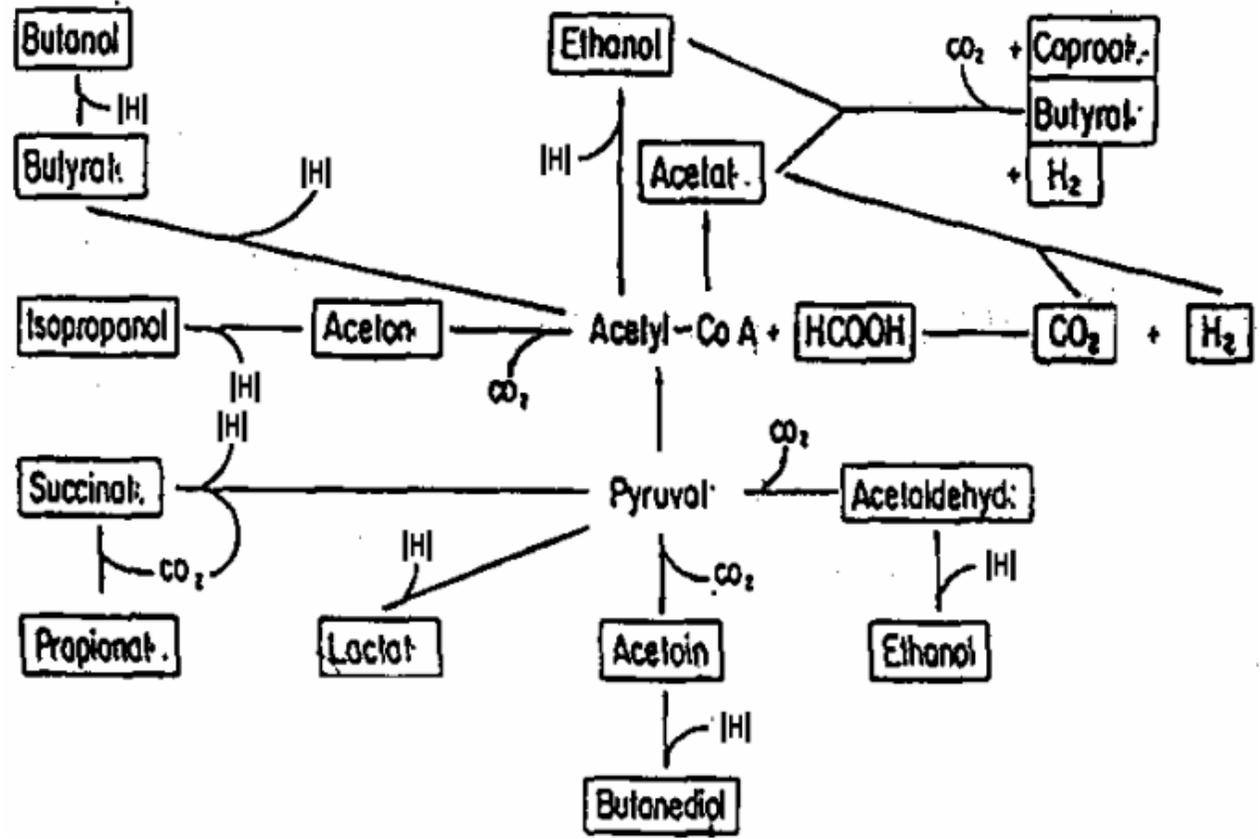
Beispiel Alkoholgahrung (Ethanolgahrung):



Bei der Glycolyse entstehen 4 ATP, 2 werden gebraucht, es entstehen 2 Elektronenäquivalente, welche wieder regeneriert werden müssen. Dies kann mittels organischer Elektronenakzeptoren geschehen. Ausbeute aus 1 Glucose ist so aber gerade mal 2 ATP.

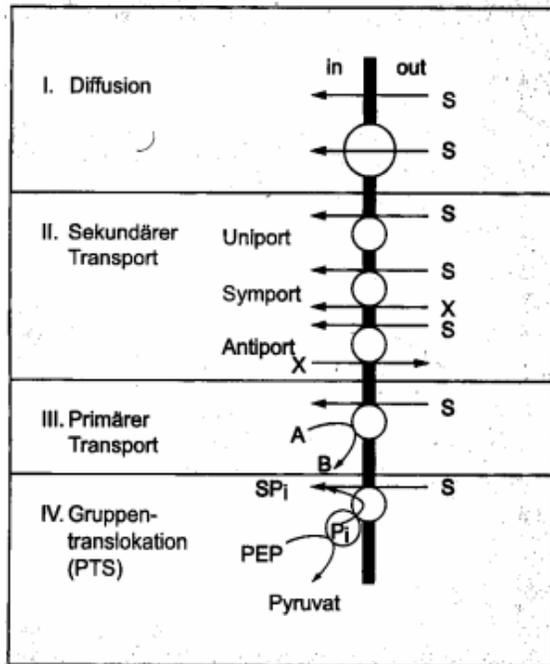
Vergleiche verschiedene Fermentierungsendprodukte
ausgehend von Pyruvat:

|H| bedeutet NADH_2



Aufnahme von Substraten durch die Zelle

Verschiedene Mechanismen erlauben es der Zelle, Stoffe über die Membran aufzunehmen. Diese Transportmechanismen werden in vier Klassen unterteilt: Nenne zu jeder Klasse den Grund für ihr Funktionieren.



- **Diffusion:** *Gradientenausnutzung.* Gase, hydrophobe Substanzen, Acetat, ev. Fettsäuren. Porine können Diffusionsprozess erleichtern.
- **Sekundärer Transport:** *Gegenläufige Gradientenausnutzung durch el.chem.Potential.* Meist werden Ionen gegeneinander ausgetauscht (gegen einen Konzentrationsgradienten).
- **Primärer Transport:** *Endotherme Reaktion.* Aufnahme einer gelösten Verbindung gekoppelt an eine chemische oder photochemische Reaktion, z.B. Hydrolyse von ATP.
- **Gruppentranslokation:** *Durch Phosphorylierung Gradienten umgehen.* Phosphorylierung mittels Phosphoenolpyruvat

Verschiedene Arten der Gradienten-Nutzung:

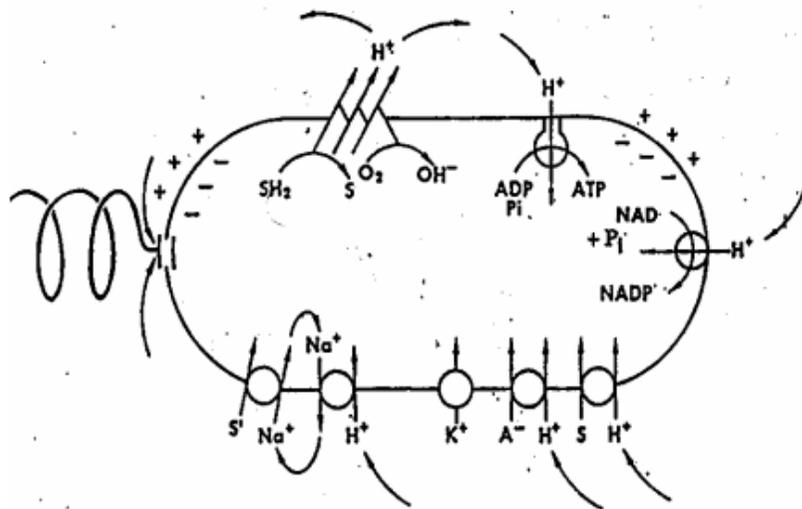


Abbildung 3.17: Protonenzirkulation als energietransferierendes System in Bakterien. Das Diagramm zeigt die Wirkung des Protonenstromes. Mit Hilfe der Atmungskette werden Protonen aus der Zelle transportiert. Ihre Rückkehr in die Zelle ist mit den verschiedensten Arbeiten gekoppelt: ATP- und NADP-Synthese, Geisselantrieb, Betrieb von Transportsystemen u.a.m. SH_2 steht für reduzierte Substrate, S für oxidierte Substrate und S' für irgendein Substrat. A^- sind Anionen.

Abbau von Alkanen:

Alkane kommen in vielen Stoffen vor: Paraffine, Erdöl, Kautschuk etc. Sie können durch Mikroorganismen abgebaut werden.

Erkläre Vorgang und Voraussetzungen:

- **Luftsauerstoff** O_1 wird ans Alkanmolekül gelagert: Ein Alkohol entsteht (**Monooxygenase** katalysiert). Zwei Protonen fangen das zweite O_1 auf und bilden Wasser.
- Der Alkohol wird über **Aldehyd** ($-H^+$) zur **Fettsäure** ($+H_2O - H^+$) weiteroxidiert.

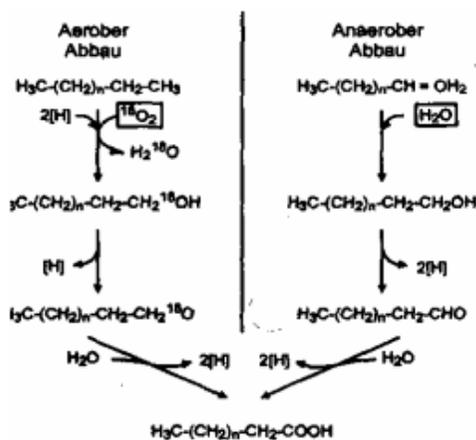


Abbildung 3.18: Oxidation von Alkanen. Links: Nach einer initiellen Oxidation mit Sauerstoff, katalysiert durch eine Monooxygenase, wird der entstandene Alkohol weiter oxidiert zur Fettsäure. Rechts: Unter anaeroben Bedingungen wird Wasser an die Doppelbindung angelagert. Der entstandene Alkohol wird wie links weiter zur Fettsäure oxidiert.

Analog der anaerobe Abbau, jedoch nur mit Alkenen und Alkinen. **Wasser Sauerstoff** angelagert.

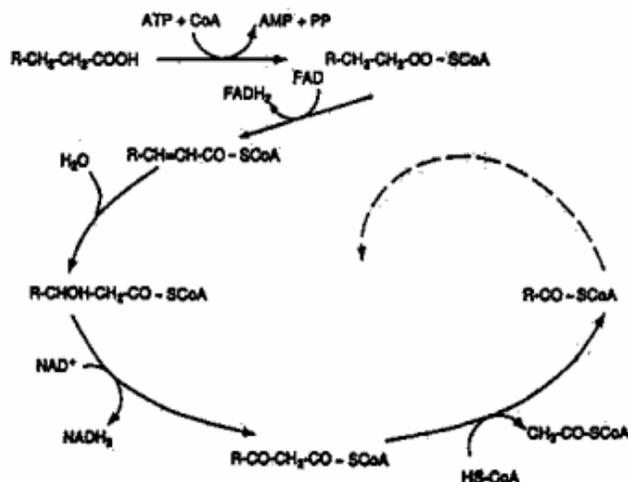
β -Oxidation:

Der Abbau von Fettsäuren verläuft über die sogenannte β -Oxidation.

Erkläre Vorgang:

In ersten Schritt wird die Fettsäure mittels HS-CoA aktiviert. In vier Reaktionsschritten wird die Acyl-CoA-Verbindung um zwei Kohlenstoffe verkürzt.

1. FAD-abhängige Oxidation
2. Wasseranlagerung
3. β -Oxidation mit NAD^+
4. Thiolyse durch HS-CoA



Abbau von Aromaten:

Aromatische Verbindungen und Strukturen sind in der Natur weit verbreitet. z.B. Erdöl, Lignin, Aminosäuren (Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan) etc.

Für den totalen Abbau ist eine Ringöffnung Voraussetzung.

Prokaryonten:

Erkläre den Weg zum zentralen **Zwischenprodukt Catechol:**

Zur Vorbereitung werden Sauerstofffunktionen in den Ring eingebaut. In Prokaryonten werden beide Sauerstoffatome von Luftsauerstoff eingebaut (Enzym Dioxigenase). Als Produkt entsteht ein Cis-Diol, welches weiter in ein Catechol umgewandelt werden kann. Dieses Catechol ist **das** zentrale Zwischenprodukt beim Aromatenabbau.

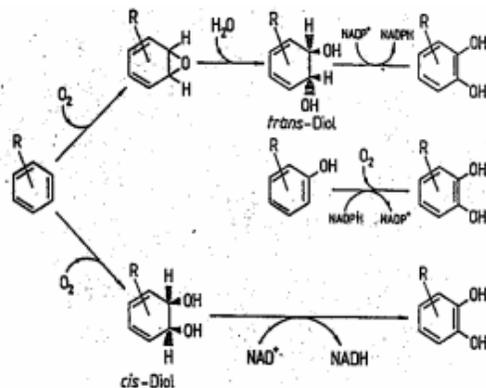


Abbildung 3.20: Bildung von Catechol aus Aromaten. Der untere Weg via *cis*-Diol wird ausschliesslich durch Prokaryonten katalysiert.

Abbau von Aromaten:

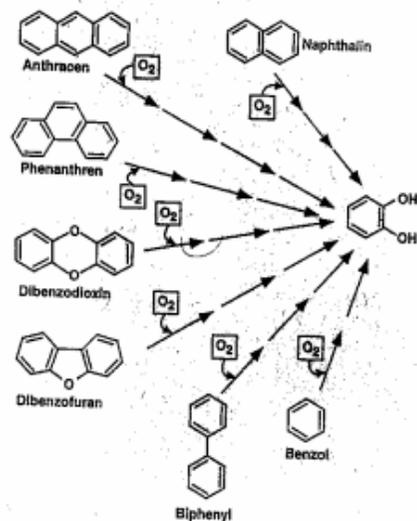
Aromatische Verbindungen und Strukturen sind in der Natur weit verbreitet. z.B. Erdöl, Lignin, Aminosäuren (Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan) etc.

Für den totalen Abbau ist eine Ringöffnung Voraussetzung.

Eukaryonten:

Erkläre den Weg zum zentralen **Zwischenprodukt Catechol:**

Eukaryonten besitzen keine Dioxigenase. Sie oxidieren den Aromaten mit einer Monooxygenase und lagern Wasser an.



!!! nur zum anschauen!!!

Abbildung 3. 21: Allgemeines Schema für den aeroben Abbau von aromatischen Verbindungen mit Catechol als zentrales Zwischenprodukt

Abbau von Aromaten:

Wie wird Catechol weiter abgebaut?

Aerober Fall:

Die Spaltung des Catecholringes wird durch weitere Dioxigenasen bewirkt.

Ortho-Spaltung, oder Intradiolspaltung: Beide hydroxylierten Kohlenstoffe werden zu Carboxylgruppen oxidiert. Diese Muconsäure wird weiter zu Acetyl-CoA und Succinat metabolisiert.

Meta-Spaltung, oder Extradiolspaltung: Die Produkte dieser Spaltung werden zu einfachen Intermediaten abgebaut: Acetaldehyd und Pyruvat.

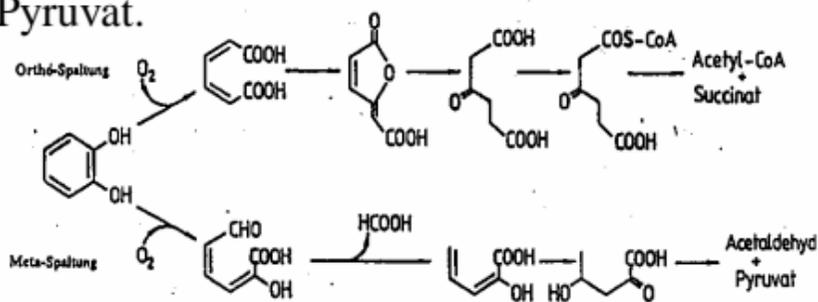


Abbildung 3.22: Die Ortho- und Meta-Spaltung von Catechol und sein weiterer Metabolismus zu einfachen Zwischenprodukten.

Abbau von Aromaten:

Wie wird Catechol weiter abgebaut?

Anaerober Fall:

Der molekulare Sauerstoff als Vorläufer der Hydroxylfunktionen fällt weg – der Ring wird zuerst mit H^+ Anlagerung reduziert. Das zentrale Zwischenprodukt dieser Reduktion vor der Ringöffnung ist eine Cyclohexanon-Verbindung. Ungesättigte Verbindungen können so mit Wasser versehen und geöffnet werden. Die so entstandene Dicarbonsäure wird in den normalen Metabolismus eingeschleust.

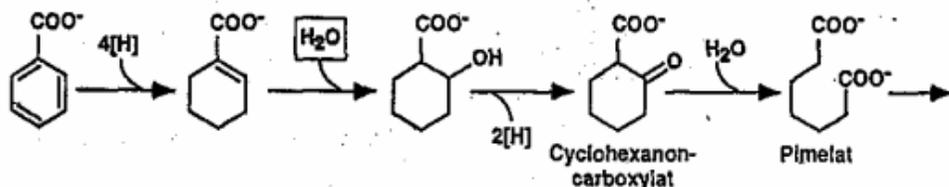


Abbildung 3.23: Öffnung des Ringes beim anaeroben Abbau von Benzoat

Fragen zum Kapitel 3:

- Was sind die drei Hauptaufgaben des Stoffwechsels? Erkläre wie diese Aufgaben zusammenhängen.
- Was ist die Rolle von ATP in der Zelle?
- Könnte ein Organismus wachsen, welcher nur die Enzyme der Glycolyse besäße? Begründe die Antwort.
- Erkläre warum der TCC eine zentrale Rolle im Stoffwechsel spielt und was das besondere am TCC ist.
- Für welche Stoffklassen ist die Glycolyse zentral?

- **Hauptaufgaben:** Bildung von Metaboliten, Bildung von ATP und Bildung von Reduktionsäquivalenten
- **ATP:** Allgemeine Energie-, „Währung“ der Zelle, alle nötigen exergonischen Reaktionen werden an endergonische gekoppelt (häufig an ATP Hydratisierung), oder aber das Substrat wird mittels ATP/Ac-CoA aktiviert.
- Ein Organismus muss auch die Reaktionsäquivalente wieder regenerieren können um Glycolyse zu betreiben.
- **TCC:** zentrale Rolle, da er Schlüsselzwischenprodukte für Biosynthese bereitstellt und die Reaktionsäquivalente mittels CO_2 als terminalem Elektronenakzeptor regeneriert. Besonders ist seine cyclische Art.
- **Stoffklasse:** Der Fettstoffwechsel bezieht Glycerin.

Fragen zum Kapitel 3:

- Erkläre, warum die Plasmamembran eine kritische Rolle spielt für die Bildung der „proton motive force“.
- Die Synthese von ATP aus ADP und anorganischem Phosphat verbraucht Energie. Wie kann die Membran-gebundene ATPase ATP bilden?
- Ein Organismus gewinnt viel mehr Energie aus der Veratmung von Glucose als aus der Gärung. Warum? Wo bleibt die Energie bei der Gärung?
- Glucose kann als Energiequelle und als Baustein für Zellmaterial dienen. Wie nennt man die beiden metabolen Prozesse? Was passiert mit dem Kohlenstoff der Glucose beim Energiemetabolismus? Nenne drei Zellbausteine, die aus Glucose gebildet werden.

- **Plasmamembran:** Sie ermöglicht durch ihre semipermeablen Eigenschaften und die internen Proteine den Aufbau der verschiedenen Gradienten (hier Potential und pH-Gradient durch Protonen).
- **ATPase:** Durch „promotion motive force“ getrieben, kann die ATPase über Konformationsänderungen an ADP-bindenden Stellen eine ATP-Bindung erreichen.
- **Gärung:** Bildung von nur gerade 2 NAD aus 2 Pyruvat, da terminaler Elektronenakzeptor organisch ist und nicht so weit oxidiert, wie CO_2 . Es steckt also noch Energie im Endprodukt, welche aber unter anoxischen Bedingungen nicht genutzt wird. In der Atmungskette können NAD u.ä. zur Produktion von ATP verwendet werden.
- **Katabolismus und Anabolismus:** CO_2 bzw. Gärungsprodukt enthalten Kohlenstoff. Bausteine: AS, Steroide, FS

Fragen zum Kapitel 3:

- Was ist der energetische und was der biochemische Sinn der Atmung?

- **Biochemisch:** Der Metabolismus versucht durch den terminalen Elektronenakzeptor das Substrat möglichst weit zu oxidieren um dabei viele endergonische Schritte machen zu können. Dazu sind Elektronenäquivalente notwendig. In der Atmung werden diese erstellt, um den Protonengradienten aufzubauen, welcher ATP produzieren lässt. Der Citratzyklus hängt damit vom ATP-Verbrauch ab.
- **Energetisch:** Die meiste Energie wird bei der Atmung gewonnen. Aus der Glucoseoxidation werden 24 Elektronen frei, bei ihrer Übertragung auf Sauerstoff wird viel Energie gewonnen. Dabei entstehen die Elektronenäquivalente für die Glucose-Oxidation. $24 \text{ H} + 6 \text{ O}_2 \rightarrow 12 \text{ H}_2\text{O} \quad G^{0'} = -2616 \text{ kJ/mol}$

Fragen zum Kapitel 3:

- Welche Rollen kann der Sauerstoff beim Abbau von organischen Stoffen spielen?
- Was ist der prinzipielle Unterschied beim aeroben und anaeroben biologischen Abbau von Aromaten?

- **Abbau von Alkanen:** Mittels einer Mono- oder Dioxygenase kann **Sauerstoff** an eine Alkanbindung gebracht werden → Alkohol. Das so entstandene Molekül kann abgebaut werden. Ohne Mono- oder Dioxygenase kann ein Alkan nicht aufgeschlossen werden. Alkene können auch anaerob mit Wasseranlagerung erschlossen werden.
- **aerob:** Sauerstoff kann an eine Doppelbindung angelagert werden, ein **Catechol** entsteht. Das Catechol wird wiederum mit Sauerstoff Ortho- oder Meta- gespalten und so in den Zitronensäurecyclus eingeführt.
anaerob: Der aromatische Ring wird mit $4H^+$ gesättigt, an die letzte Doppelbindung wird Wasser angelagert. Alkohol wird zu Carboxyl → **Cyclohexynoncarboxylat** als Schlüsselzwischenprodukt. Wird nochmals mit Wasser zu Pimelat weiterreduziert.

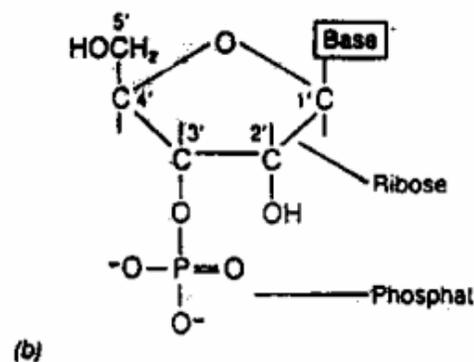
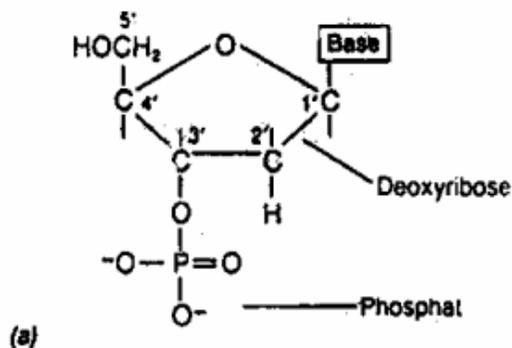
Fragen zum Kapitel 3:

- Welche Dioxigenase fehlt bei den eukaryontischen Organismen?
- Erkläre wie Mikroorganismen Polymere verwerten.

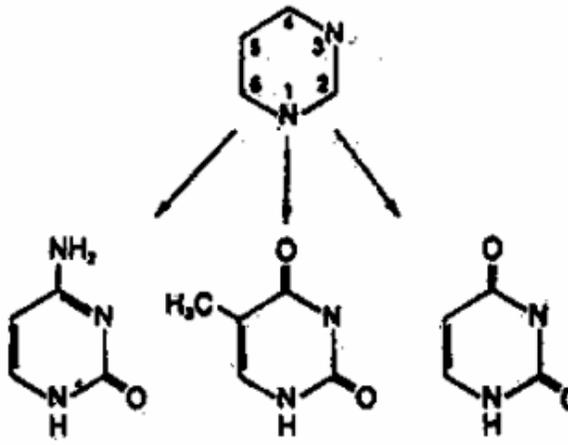
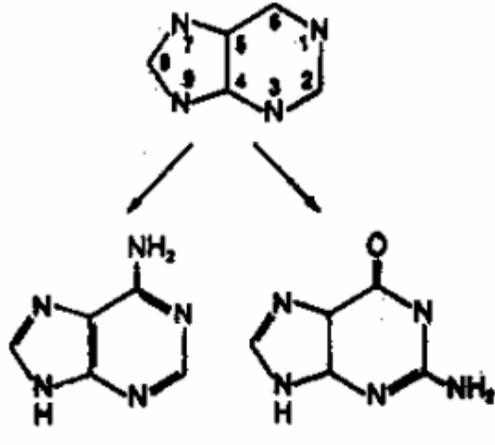
- **Eukaryonten** haben keine **Dioxigenase**, welche beide Sauerstoffmoleküle des molekularen Sauerstoffes an eine ungesättigte Doppelbindung anlagern kann (dies tun Prokaryonten: Alken \rightarrow Cis-Diol \rightarrow Catechol). Sie lagern mit einer Monooxygenase zuerst **ein** Sauerstoffmolekül an und ergänzen dann mit Wasser einen zweiten Alkohol. Diesen aber in trans-Stellung.
- Polymere werden von den Mikroorganismen meist in Monomere unterteilt (z.B. Stärke) lange Einheiten von den Enden her abgebaut (meist durch Aktivierung z.B. mit Ac-CoA)

Unterschied von DNA bzw. RNA

In allen Lebewesen ist das Erbgut aus **DNA** (Desoxyribonucleinsäure) oder RNA (Ribonucleinsäure) aufgebaut. Die Bausteine der DNA sind **Zucker** (Desoxyribose), **anorganisches Phosphat**, und vier verschiedene **Basen**. Die Bausteine der RNA sind ähnlich, nur findet man an Stelle des **Zuckers** Desoxyribose eine Ribose und an Stelle des Thymins die **Base** Uracil.

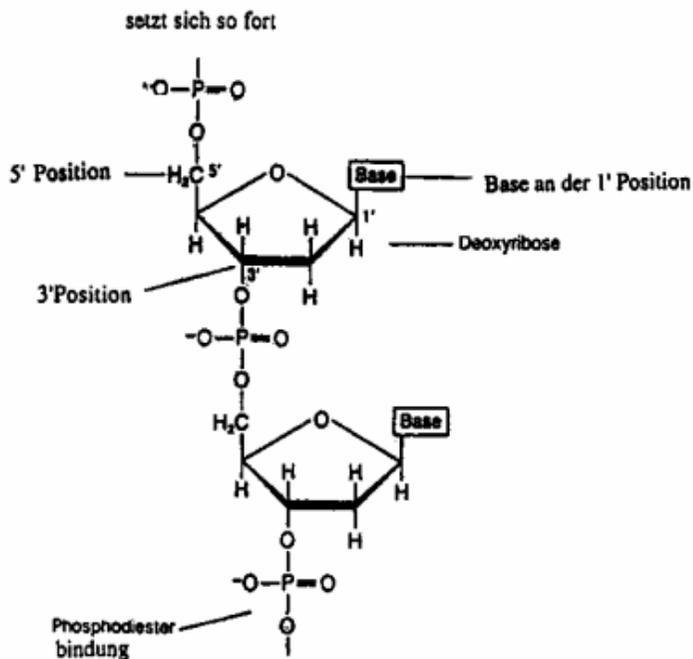


Wie sehen die verschiedenen Basen aus? Wie werden sie unterteilt?

Pyrimidin-Basen	Purin-Basen
<div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Cytosin C</p> <p>DNA und RNA</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Thymin T</p> <p>nur DNA</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Uracil U</p> <p>nur RNA</p> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Adenin A</p> <p>DNA und RNA</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Guanin G</p> <p>DNA und RNA</p> </div> </div>

Wie werden die DNA Bauteile zur DNA verknüpft? Was ist dabei wichtig?

Die Base sitzt jeweils an der 1. Position des Zuckers. Daher kann man der DNA eine Richtung zuordnen, denn die eine Richtung hängt an der 3., die andere an der 5. Stelle.



Aufbau der Doppelhelix:

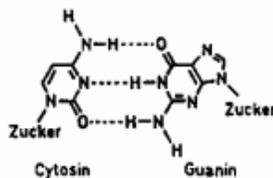
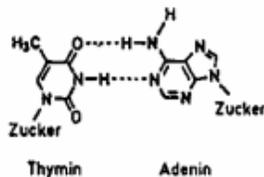
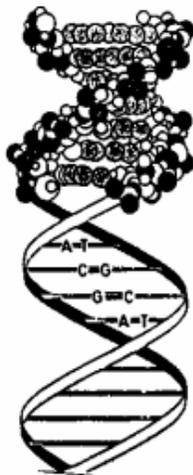
Drehrichtung?

Welche Base steht welcher gegenüber?

Wie starr ist die DNA-Doppelhelix?

Welches Basenpaar ist stabiler?

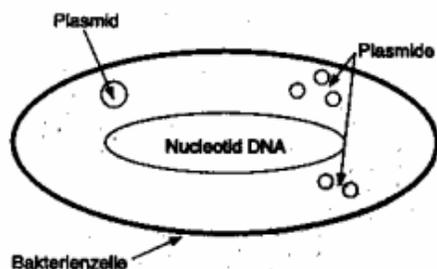
Bei der **rechtsdrehenden** Doppelhelix verbinden sich die beiden Einzelstränge über Wasserstoffbrücken zwischen den Basenpaaren. Jede Helixwindung enthält etwa 10 Basenpaare, es entsteht eine **kleine und eine grosse Spalte**. Die Reihenfolge der Basenpaare ist **komplementär**, nur ein Strang enthält die „richtige“ Information. **Cytosin** steht **Guanin** gegenüber, **Thymin** steht **Adenin** gegenüber. Die DNA ist recht flexibel, in der Genexpression können sich so auch entfernte Regionen ergänzen.



Bakteriengenom:

Wie ist das Bakteriengenom aufgebaut?

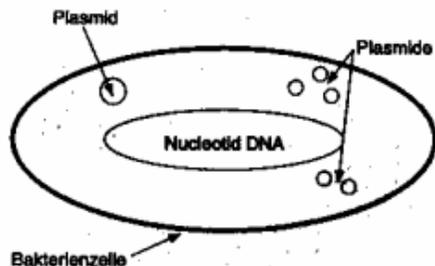
Bakteriengenome haben eine Grösse zwischen **2 und etwa 8 Millionen Basenpaare**. In der Zelle ist das Chromosom sehr stark durch Überspiralisierung (**Supercoiling**) gefalten. Über die genaue übergeordnete Struktur (viele Proteine sind mit der DNA verbunden) der Bakterienzelle ist wenig bekannt. Nahezu alle Bakterienarten beherbergen **Plasmid-DNA**. Diese sind (meist) kreisförmige, doppelsträngige DNA-Moleküle, welche in der Bakterienzelle eine (scheinbar) unabhängige Existenz führen. Sie können Grössen zwischen 2000 und 400'000 Basenpaare aufweisen. Plasmide sind wichtige Elemente zur Übertragung von genetischem Material zwischen Bakterien.



Plasmide:

Was ist der Sinn der Plasmide?

Wie können sich Plasmide „verbreiten“?



Plasmide sind wichtige Elemente zur Übertragung von genetischem Material zwischen Bakterien: Manche haben die Fähigkeit, sich selbst übertragen zu können (Konjugation), Teile des Erbguts aus dem Chromosom mitnehmen zu können, andere kleinere Plasmide mit zu übertragen (Mobilisierung), oder sogar in eine andere Bakterienzelle hineinzugehen und wieder in die ursprüngliche Zelle zurückzukehren (Retrotransfer). Diese Eigenschaften können zu einer raschen Verbreitung bestimmter Eigenschaften innerhalb einer Bakterienpopulation führen.

Vor allem kleinere Plasmide können in recht grosser Anzahl eigene Kopien in einer Zelle herstellen (bis zu 200).

Plasmide:

Was sind wichtige Eigenschaften, welche auf Plasmide vorhanden sein können?

Antibiotika-Resistenz:	z.B. Ampicillin
Schwermetall-Toleranz:	z.B. Quecksilber, Cadmium...
Produktion von Bakteriocine bzw.	
Produktion von Antibiotika:	z.B. Colicin von E. Coli
Abbau von Umweltschadstoffen:	z.B. Toluol, Chloraromate
Virulez:	macht pathogen
Pflanzensymbiosis:	z.B. Stickstoff-Fixierung

Transposons und Insertionselemente:

Transposons sind **mobile** genetische **Elemente**. Sie können sich sowohl innerhalb des Genoms von einer Stelle zur anderen bewegen, als auch **vom Chromosom auf ein Plasmid oder umgekehrt** springen. Falls sie in ein Gen eingebaut werden, wird dieses Gen normalerweise ausgeschaltet. Transposons werden auch „**jumping genes**“ genannt.

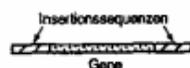
Unterscheide die beiden Typen:
Was gibt es noch?

Zusammengesetzte Transposons: Insertionselemente, die einen zentralen Abschnitt (1 oder mehrere Gene) flankieren. IS-Elemente enthalten die Transposase und tragen an den Enden eine an einem Ort invertierte) Terminalsequenz.

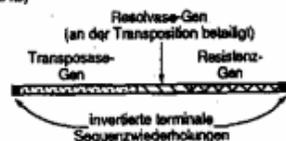
Transposons vom Typ Tn3: Keine IS-Elemente, die Transposase ist im innern enthalten, dafür terminale, invertierte Sequenzwiederholungen.

Transponierbare Phagen: z.B. Mu, D108, transponieren im Rahmen ihres normalen infektionszyklus.

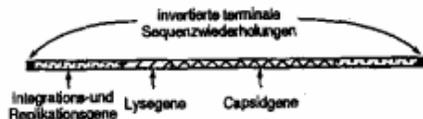
Zusammengesetztes Transposon (2,5-10 kb)



Tn 3 (~6 kb)



Bakteriophage Mu (30 kb)



Die Erbinformation:

Das Gen:

Was ist ein Gen?

Erbinformation ist in erster Linie in der Reihenfolge der Basenpaar auf der DNA erfasst. Sie umfasst im wesentlichen eine Reihe von Anweisungen zur Synthese von RNA, die anschliessend die Synthese von Enzymen oder anderen Proteinen veranlassen oder selbst in der Zelle Funktionen übernehmen. Ein Gen ist ein Teilabschnitt der DNA für eine einzige Funktion (RNA oder Protein). Die kleinsten Gene weisen eine Grösse von „nur“ 75 Basenpaaren auf, die grössten eine von mehreren Tausend.

Bakterielle Gene werden generell mit vier Buchstaben abgekürzt, z.B. *lacI* steht für den Repressor des Lactose-Operons.

Genexpression:

Um die biologische Information eines Gens hervorzuholen, muss ein Gen exprimiert werden. Dazu wird zuerst enzymatisch die DNA **transkribiert** und ein komplementäres RNA-Molekül synthetisiert. Nur einer der DNA-Stränge dient dabei als Matrize! Die RNA kann nun selbst in den Ribosomen als Matrize für die Proteinsynthese dienen (**Translation**).

Erkläre die Begriffe:

mRNA bzw. tRNA

Polymerase

reverse transcription

Regulation

mRNA (messenger RNA) RNA-Molekül, welches den Kern verlässt und transkribiert wird.

tRNA (transkription RNA) RNA-Stück, welche 3 Basen trägt und bei der Transkription als Anticodon verwendet wird.

Polymerase: Enzym, welche die Transkription macht.

reverse transcription: bestimmte Viren machen aus RNA die DNA, um sich so in ein Genom einpflanzen zu können. Dies entgegen dem Dogma: DNA \rightarrow RNA \rightarrow Protein.

Regulation: Zelle kontrollieren die Expression ihrer Gene. einzelne Gene können ein und ausgeschaltet werden.

Vorgänge, welche die Genexpression steuern werden mit Regulation bezeichnet.

Organisation der Gene:

Vergleiche die verschiedenen Genordnungen von Eukaryonten und Bakterien bzw. Viren:

- Allgemein gilt: Häufig werden bestimmte Gruppen von **clusters** (zusammengehörenden Genen) gebildet, Bsp. alle Gene zum Bilden von Knollen bei Rhizobien, oder alle Gene zum Abbau aromatischer Verbindungen etc.

Mikrobiologie 00

- **Eukaryonten:** Gene sind meistens nicht durchgehend, sogenannte **Intronsequenzen** unterbrechen sie. Auch **intergene DNA** liegt zwischen einzelnen Genen, welche regulatorische oder strukturelle Eigenschaften hat (mit Bindung von Proteinen an die DNA). Jedes Gen wird einzeln transkribiert.
- **Bakterien:** keine aufgespaltene Gene, intergene DNA ist kürzer, möglich ist sogar dass mehrere Gene miteinander transkribiert werden (**Polycistronische DNA**), diese bilden ein **Operon**.
- **Viren:** ähnlich wie Bakterien, Gene können auf beiden Strängen der DNA vorkommen, werden dann in umgekehrter Richtung abgelesen.

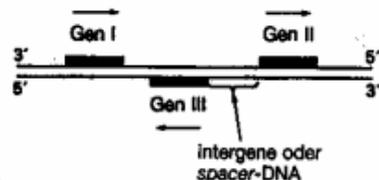
a) ein Gen ist ein Abschnitt eines DNA-Moleküls



b) die biologische Information ist nur in einem Polynucleotid enthalten



c) Gene können auf verschiedenen Polynucleotiden liegen



Mikrobiologie 00