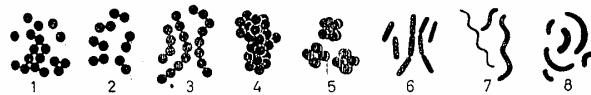


Wie gross sind Bakterien durchschnittlich?

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

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



Beschreibung von Mikroorganismen aufgrund ihres Zellaufbaues:

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

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

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).

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!

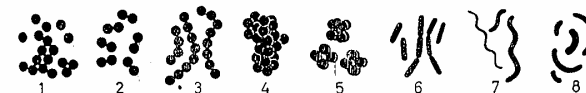


Abbildung 1.1: Formen einzelliger Bakterien. (1) Mikrokokken, (2) Diplokokken, (3) Streptokokken, (4) Staphylokokken, (5) Sarcinen, (6) Stäbchen

Mikrobiologie 00

Beschreibung von Mikroorganismen aufgrund ihres
Genetischen Materials:

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

Mikrobiologie 00

Beschreibung von Mikroorganismen anhand ihrer
physiologisch-biochemischen Merkmale:

Welche Merkmale werden zur Unterscheidung herangezogen?

Mikrobiologie 00

Klassifikation und Taxonomie der Bakterien:

Welche Endungen kennt man für Familien?

Mikrobiologie 00

Die drei Domänen der lebenden Welt:

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

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)

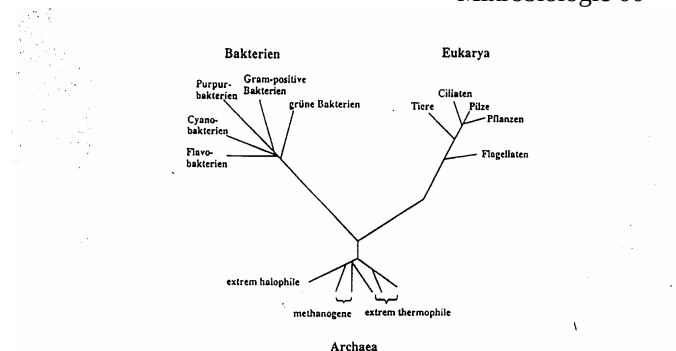


Abbildung 1.2: Wurzelloser phylogenetischer Stammbaum, wie er sich aus der Basensequenz der ribosomalen RNA ergibt.

Familien-Endung: aceae

Die Klassifikation folgt in erster Linie praktischen Gesichtspunkten und dient vor allem dem Wiedererkennen beschriebener Formen. Identische oder beinahe-identische Stämme werden zu Arten zusammengefasst, die Arten zu Gattungen und diese wieder zu Familien.

Mikrobiologie UU

Was ist numerische Taxonomie?

Mikrobiologie UU

Was sind Endosporen, wozu sind sie da?

Mikrobiologie UU

Verporungsprozess:

Wann beginnt er, wie geht er vor sich?

Mikrobiologie UU

Auskeimung von Sporen:

Das Auskeimen erfolgt über drei Stadien:

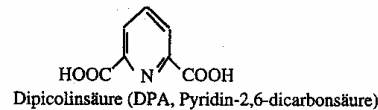
Mikrobiologie 00

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.).



Mikrobiologie 00

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.

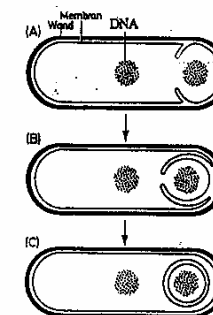
Auswachsen: Entwicklung einer neuen vegetativen Zelle.

Mikrobiologie 00

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%.**

Mikrobiologie 00

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



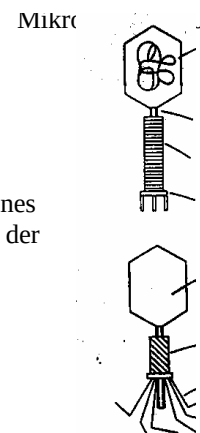
Was ist der Unterschied zwischen Viren und Phagen?

Was ist ein Virus?

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

Woher kommen Viren:

Nenne die Hauptthesen.



Morphologie der Phagen:

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

Lebenszyklus von Phagen und Wirt:

Fünf Phasen werden unterschieden, beschreibe sie:

Mikrobiologie 00

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

Mikrobiologie 00

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.

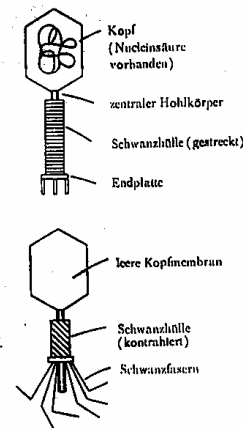
Mikrobiologie 00

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.



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 Schanz des Phagen variiert ausserordentlich in seiner Zusammensetzung und Länge, es ist ein Adorptionsorgan. Einige Phagen haben keinen solchen Schanz, andere einen in Form eines Stäbchens oder Filaments.



Mikrobiologie 00

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

Mikrobiologie 00

Lysogenie:

Welche zwei grundlegenden Eigenschaften hat ein temperenter Prophage?

Mikrobiologie 00

Lysogenie:

Integriert sich ein Prophage in die Wirtszellen-DNA?
Welche Möglichkeiten hat er?

Mikrobiologie 00

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

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

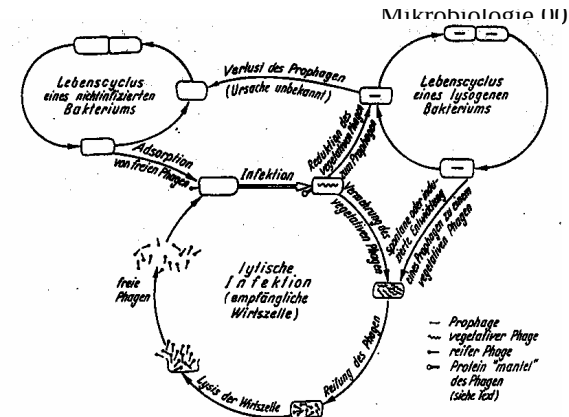


Abbildung 1.5: Vermehrungszyklus eines Phagen-Wirt-Systems

- **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 Virulenz:** 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 nutzen (Transduktion in der Gentechnik)

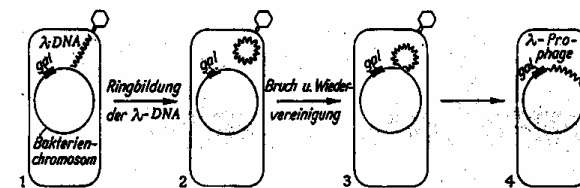


Abbildung 1.6: Integration des Prophagen in die Wirtszellen-DNA. 1. Die DNA des Phagen wird in die Wirtszelle injiziert. 2. Die DNA des Phagen bildet einen Ring. 3. Zwischen homologen Basensequenzen der Wirtszellen-DNA und der Phagen-DNA tritt eine Paarung auf. 4. Bruch und reziproke Wiedervereinigung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

Mikrobiologie 00

Mikrobiologie 00

Pilze:

Aufteilung der Pilze in drei Hauptgruppen:

Eumyceten: Welche Klassen Pilze gehören dazu?
Was ist charakteristisch für die Eumyceten?
Wie viele Eumyceten gibt es etwa?

Mikrobiologie 00

Mikrobiologie 00

Wie sind Pilze definiert?

Spezifische Ansprüche der Pilze an ihre Umwelt:

Was sind ihre häufigsten Lebensformen?

Ernährung:
pH:
Temperatur:
Licht:
Geographische Verbreitung:

Mikrobiologie 00

- **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.

Mikrobiologie 00

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

Mikrobiologie 00

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.

Mikrobiologie 00

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.

Mikrobiologie UU

Mikrobiologie UU

Wie viele Pilzarten gibt es etwa?

Nutzanwendungen von Pilzen:

Mikrobiologie UU

Mikrobiologie UU

Schadwirkungen von Pilzen:

Bekämpfung von Pilzinfektionen:

Mikrobiologie 00

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. Saccharomyces carlsbergensis)
 - Brot: (Saccharomyces cerevisiae)
Hilfstoffe: Vitaminprodukte, allgem. Enzyme
Insektizide: z.B. Beauveria bassiana verstopft Tracheen

Mikrobiologie 00

Beim Pilz:
 Antibiotika: Amphotericin B, Nystatin (spezifisch)
 Chemikalien: Kupfer (unspezifisch)
 Physikalisch: pH Erhöhung
 Über Metabolismus:
 Antibiotika: Amphotericin B, Nystatin (spezifisch)
 Chemikalien: Jod (unverstanden)

Mikrobiologie 00

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

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 stärkstmotagen.
 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.

Mikrobiologie 00

Protozoen:

Wie viele kennt man heute etwa?

Wie leben sie?

Wie gross sind sie etwa?

Wie sind sie etwa aufgebaut?

Wie sind sie eingeteilt?

Mikrobiologie 00

Unterscheide freilebende und parasitäre Flagellaten:

Bewegungsorganell:

Nahrung:

Verbreitung:

Mikrobiologie 00

Sporozoen:

Aufbau:

Spezielle Entwicklung:

Mikrobiologie 00

Sporozoen:

Aufbau:

Freilebende Flagellaten: Bsp: *Chromulina*

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

Farbe: Grün und braun

Verbreitung: Süßwasser und Meer

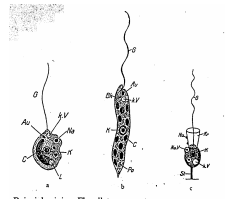
Nahrung: z.T. Photosynthese, z.T. Frass von Bakterien, Algen und Zerfallsprodukten

Parasitische Flagellaten: Bsp:

Parasoma gambiense

Bewegungsorganell: meist reduziert

Nahrung: Körperflüssigkeit oder Zellflüssigkeit



Etwa 40'000 rezente Protozoen sind bekannt, davon ist etwa ¼ 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

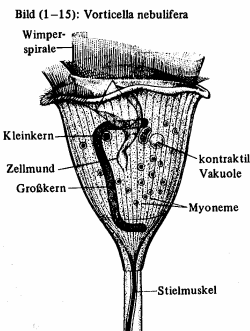
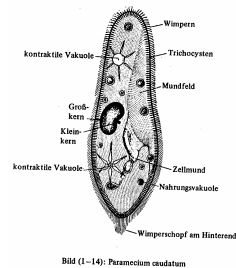
Heliozoen

Sporozoen

Ciliaten

Bsp: *Paramecium caudatum*, *Vorticella similis*

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



Bsp: *Plasmodium malariae*

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

Entwicklung: Generationswechsel mit Sporen kennzeichnet Art

Mikrobiologie 00

Algen:

Aufbau:

Biochemie:

Verbreitung:

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:

Mikrobiologie 00

Mikrobiologie 00

Die eukaryotische Zelle:

Aufbau-Elemente:

Mikrobiologie 00

Die prokaryontische Zelle:

Aufbau-Elemente:

Mikrobiologie 00

- 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!

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**

Mikrobiologie 00

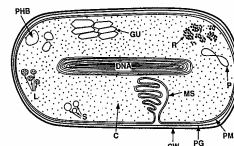


Abbildung 2.2: Prokaryot: PHB: Polyhydroxybutyrat (Reservestoff); GU: Gasvakuolen; R: Ribosomen; S: Schwefelgranulat; C: Cytoplasma; MS: Membranzustände; CW: Zellwand; PG: Murein; PM: Plasmamembran; F: Flagellum.

Mikrobiologie 00

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.

Zell-Organellen:

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

Mikrobiologie 00

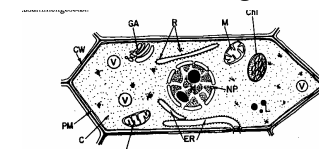


Abbildung 2.1: Eukaryot: GA: Golgi-Körper; R: Ribosomen; M: Mitochondrien; Chl: Chloroplast; CW: Zellwand; V: Vakuolen; N: Kern; NP: Kernmembranöffnungen; L: Lipidtröpfchen; PM: Plasmamembran; C: Cytoplasma; ER: Endoplasmatisches Retikulum.

Mikrobiologie 00

Zellmembran:

Aufbau:

Struktur:

Struktur der **Phospholipide:**

In Bakterien und Eukariota:

Mikrobiologie 00

Mikrobiologie 00

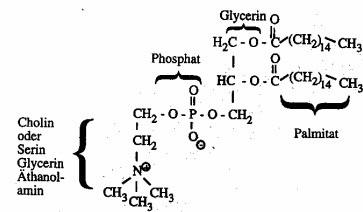
Merke Dir den Begriff „**verestert**“ genau an diesem Molekül!

Struktur der **Phospholipide:**

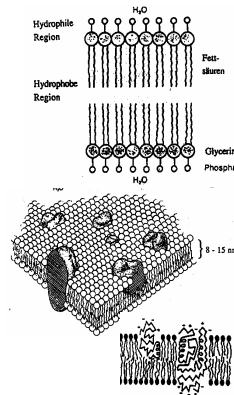
In Archaea: (z.B. Methanbakterien)

Mikrobiologie 00

Phospholipide sind im allgemeinen **Fettsäureglycerinester**:

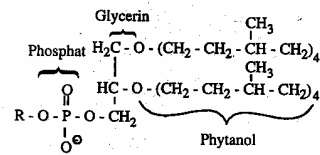


Die Zellmembran ist aus **Phospholipiden** und **Proteinen** zusammengesetzt. Phospholipide besitzen ein hydrophiles und ein hydrophobes Ende. In einer Membran bilden diese Moleküle typische eine **Phospholipiddoppelschicht**.



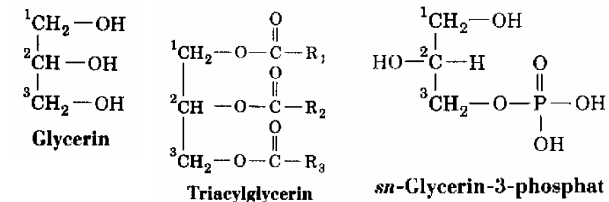
Polipeptidmoleküle sind eingebettet in die Phospholipiddoppelschicht. hydrophile Bezirke der Proteine ragen in den Intrazellular- bzw. Extrazellularraum. Die Lipidschicht ist wie flüssig und in ständiger Bewegung.

Phospholipide sind im allgemeinen:
C₂₀ Phytanylisoprenoidglycerin-diether



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

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.



Funktionen der Zellmembran:

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)

Durchlässigkeit einer Lipiddoppelschicht für verschiedene Moleküle:

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 Mucopetrid, oder Peptidoglycan). Zwei verschiedene Typen existieren:

Aufbau:

Gram-Färbung:

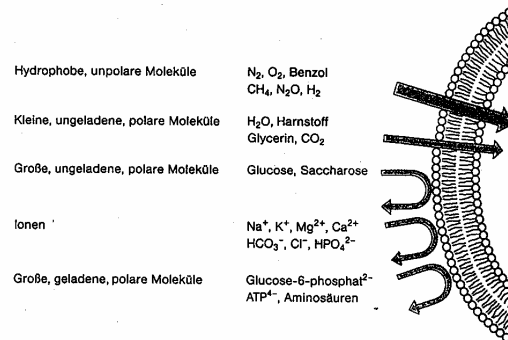


Abbildung 2.5: Durchlässigkeit einer Lipiddoppelschicht für verschiedene Moleküle. Die Diffusionskoeffizienten (cm^2/sec) für Ionen sind um 8 bis 10 Größenordnungen geringer als die für Sauerstoff oder Benzol (aus H.G. Schlegel, 1992).

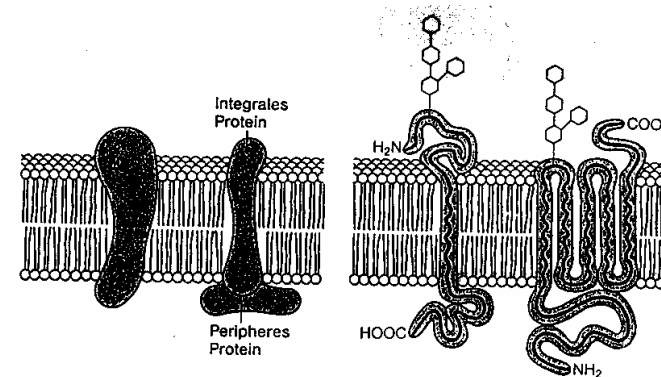
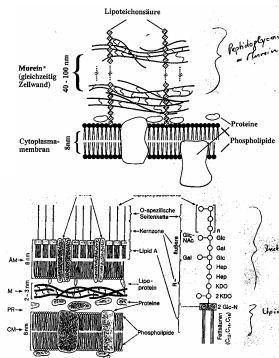
Osmotische Barriere bzw. osmotische Verbindung.

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

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.



Mikrobiologie 00

Mikrobiologie 00

Zellwand von Bakterien:

Genauerer Aufbau der Mureinschicht, aus Biochemie Voet:

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

Mikrobiologie 00

Mikrobiologie 00

(Zusatz aus Molekularbiologie)

Vermehrung von Zellen:

Vergl. Prokaryonten und Eukaryonten:

Beschreibe die Mitose:

Zweck?

Beschreibe den ersten Schritt, die Prophase:

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

Murein

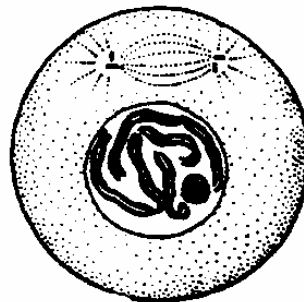
Grund- Einheit:

Peptidglycan, bildet das Maschenwerk
Kohlenhydrat-Anteil: alternierend aus N-Acetylglucosamin (NAG) + N-Acetylmuraminsäure (NAM)
 $\beta(1 \rightarrow 4)$ -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).

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.



Prokaryonten bzw. vegetative Teilung der Eukaryonten:

DNA-Verdoppelung mit anschliessender Zellteilung. Identische Chromosomenaufteilung.

Eukaryontische geschlechtliche Vermehrung:

Mikrobiologie 00

(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Metaphase der Mitose:

Mikrobiologie 00

(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Telophase der Mitose:

Mikrobiologie 00

(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Anaphase der Mitose:

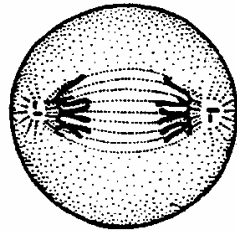
Mikrobiologie 00

(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Interphase der Mitose:

Mitose:

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

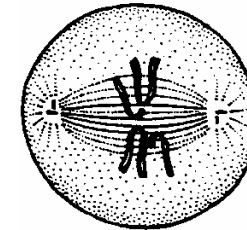


Mitose:

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).

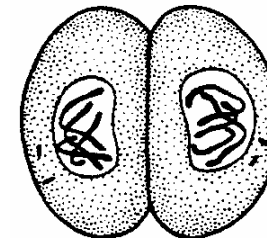
Mitose:

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.



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 Meiose von Eukaryonten:

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

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

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die Prophase der Meiose von Eukaryonten:

Mikrobiologie 00
(Zusatz aus Molekularbiologie)

Beschreibe die **Anaphase II** (Zweite Reifeteilung) 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.

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).

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!

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.

Der Zellzyklus:

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

Allgemein?

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?

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

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

Hauptaufgabe des Stoffwechsels:

Mikrobiologie 00

2.6	Vergleich der verschiedenen Zellstrukturen		
Charakteristik	Archaea	Bakterien	Eukarya
Kontakstruktur und Kernmembran	keine	keine	vorhanden
Kern DNA	ein Molekül, mit Histon komplexiert	kein Molekül, nicht komplexiert	in mehreren Chromosomen aufgeteilt, mit Histon komplexiert
Verdopplung	keine Mitose	keine Mitose	Meiose, Spindel-faser
Sexuelle Vermehrung	keine bekannt	fragmentarisch nur ein Teil des genetischen Materials übertragen, keine Meiose	Meiose, Aufteilung des ganzen Chromosomensatzes
Cytoplasmatische Membran	keine	vorhanden	vorhanden
Plasmamembran	vorhanden	vorhanden	vorhanden
Interne Membransysteme	keine	vorhanden	vorhanden
Ribosomen (rRNA)	70S = 30S + 50S	70S = 30S + 50S	80S = 40S + 60S; ausser Mitochondrien und Chloroplasten: 70S = 30S + 50S
Organellen mit Membranen	keine bekannt	keine bekannt	vorhanden
Photosynthetischer Apparat	keine	keine	vorhanden
Zellwand	keine	vorhanden	vorhanden
Grundgerüst	Protein, Glycoprotein oder Pseudomurein	Murein	kein Murein, verschiedene Verbindungen, andere Polymere
Fortbewegung	einfaches Filament ?	einfaches Filament Gleiten	9+2 Muster Gleiten und Strömen (Amöben)
Grösse	meist < 2 µm im q	meist < 2 µm im q	2-100 µm im q

Mikrobiologie 00

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

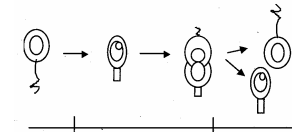


Abbildung 2.9: Der Zellzyklus von *Caulobacter*. Schwimmer-Zellen (links) verdoppeln ihre DNA nicht. Erst nach Übergang zu einer Zelle mit Stil (Mitte) findet die DNA-Verdopplung und die Bildung einer neuen Tochterzelle statt.

Mikrobiologie 00

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

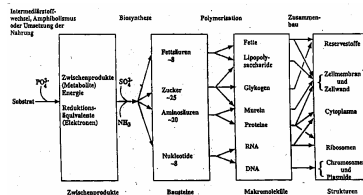


Abbildung 3.1: Übersicht über die allgemeinen metabolischen Reaktionen (Metabolismus, Stoffwechsel), welche aus dem Substrat Nahrung die nötigen Zellstrukturen synthetisieren.

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

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

Drei Hauptaufgaben des Intermediärstoffwechsels:

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

Verschiedene Typen von NAD-Regeneration:

O₂
NO₃⁻
MnO₂
FeOOH
SO₄⁻²
S⁰
CO₂
H⁺

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

Verknüpfung der Stoffwechselarten

Erkläre (ungefähr) Begriffe wie:

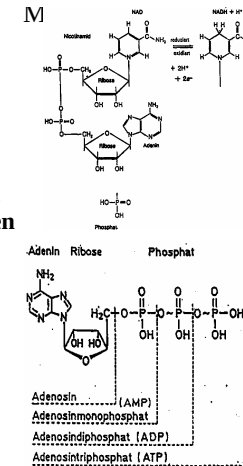
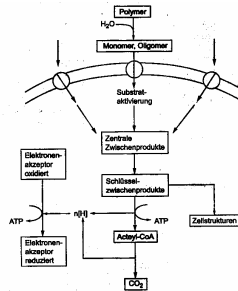
Mindestanforderung
Wachstumsfaktoren
Polymere
Monomere
Zentrale Zwischenprodukte
Schlüsselzwischenprodukte

Mikrobiologie 00

- **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.

Mikrobiologie 00

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.



- 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

Mikrobiologie 00

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^+	Nitratanmonifikation
MnO_2	Mn^{2+}	Manganreduktion
$\text{FeOOH}^{(1)}$	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
$[\text{Org}]_{\text{ox}}^{(2)}$	$[\text{Org}]_{\text{red}}$	Fermentation (Gärung)

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

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

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

Umwandlung von Naturstoffen für die Aufnahme in die Zelle:

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

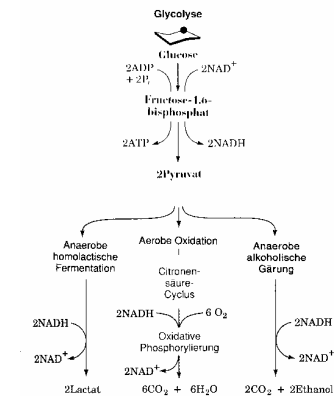
Aufbau?
Löslichkeit?
Aufnahme?

Glycolyse:

Nenne die Schlüsselsubstanzen

Glycolyse:

Nenne die Zwischenprodukte

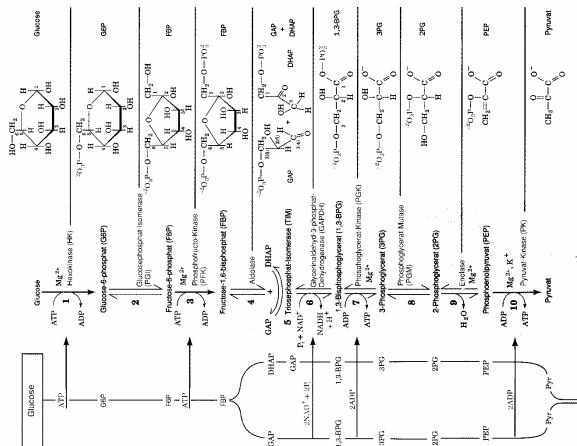


Zum Nachsehen: Freie Energie der einzelnen Glycolysereaktionen.

Betrachte die Verhältnisse:

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

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



Mikrobiologie UU

Tabelle 3.2 - Reaktionen der Glykolyse

Schritt	Reaktion	Enzym	Typ*	ΔG°	ΔG
1	Glykose + ATP $\rightarrow$ 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 $\rightarrow$ Fruktose 1,6-Bisphosphate + ADP + H ⁺	Phosphofruktokinase	a	-14.28	-22.26
4	Fruktose 1,6-Bisphosphate $\rightleftharpoons$ Dihydroxyaceton Phosphate + Glycerinaldehyd 3-Phosphate	Aldolase	c	+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-Bisphosphoglycerat + 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 ⁺ $\rightarrow$ 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.

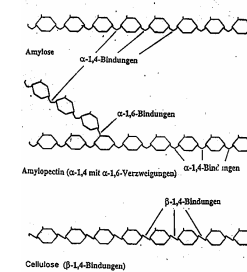
Reaktionstyp: a) Phosphoryl Transfer b) Phosphoryl Shift c) Isomerisierung
d) Dehydratation e) Aldolspaltung f) Phosphorylierung und gleichzeitig Oxidation

Mikrobiologie UU

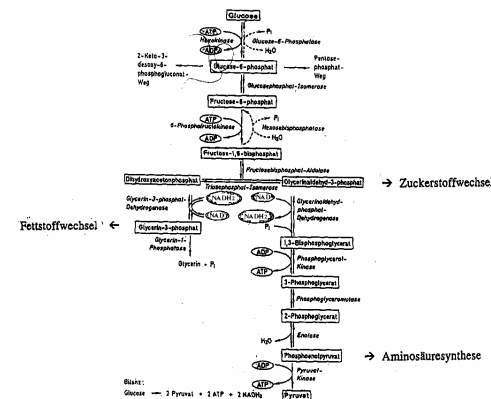
Grund, weshalb Stärke und nicht monomere Glc-Einheiten als Energiedepot: massive Senkung des osmotischen Drucks.

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.



Mikrobiologie UU



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?

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?

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

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

FDP-Weg plus Pyruvat-DH plus TCC

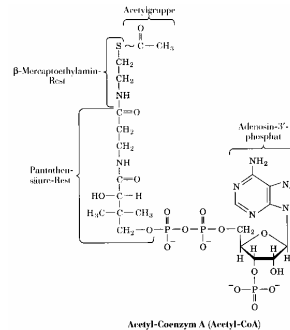
FDP: Fructose-1,6-biphosphat-Weg (auch Di-Phosphat)

Pyruvat-DH: Pyruvat-Dehydrogenase (oxidative Dekarboxylierung)

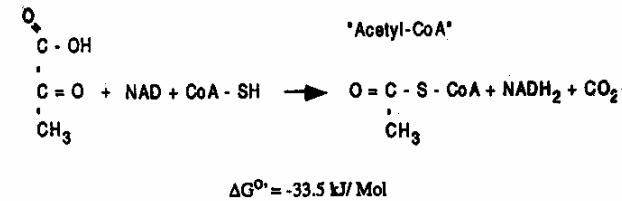
TCC: Tricarbonsäurecyclus

Mikrobiologie UU

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 Aylgruppen** (das A in CoA steht damit für Acetylierung). Acetyl-CoA ist eine „energiereiche“ Verbindung: ΔG^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.



Mikrobiologie UU

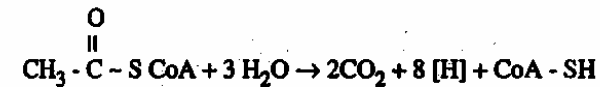


Acetyl-CoA ist Substrat des Tricarbonsäurezyklus.

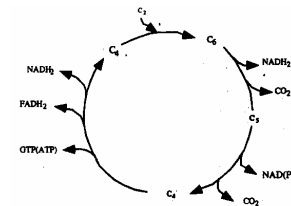
Mikrobiologie UU

- 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**

Mikrobiologie UU



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



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?

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?

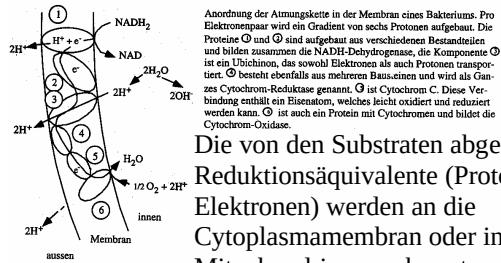
Atmung:

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

Wie/Wo verläuft die Elektronentransportphosphorylierung?

Erkläre die Umsetzung der Potentialdifferenz in ATP genauer:

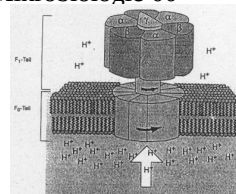
Historisch auch „Elektronentransportphosphorylierung“



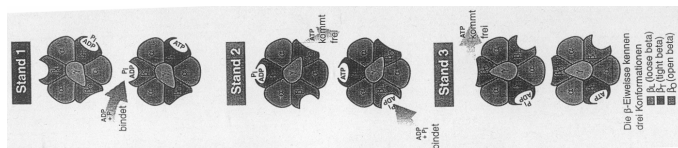
Anordnung der Atmungskette in der Membran eines Bakteriums. Pro Elektronenpaar wird ein Gradient von sechs Protonen aufgebaut. Die Proteine ① und ② sind aufgebaut aus verschiedenen Bestandteilen und bilden zusammen die NADH-Dehydrogenase, die Komponente ③ ist ein Ubichinon, das sowohl Elektronen als 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)



F₀-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 F₁-Teil macht mit dieser Umdrehung 1 ATP durch Konformationsänderungen.



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.
 $24 \text{ H} + 6 \text{ O}_2 \rightarrow 12 \text{ H}_2\text{O} \quad \Delta G^{\circ} = -2616 \text{ kJ/mol}$

? p = ? ? -(2.3 RT/F) ? pH wobei F = 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.

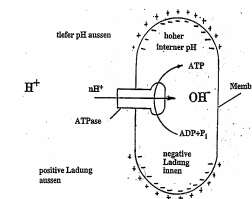


Abbildung 3.11: Schematische Darstellung der ATP-Bildung mit einem Protonengradienten. Die Membran muss geschlossener sein, damit ein Potential- und pH-Gradient an ihr aufgebaut werden kann. Die "proton motive force", d.h. die energetische Summe der beiden Gradienten, kann beim Zurückfließen der Protonen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

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.

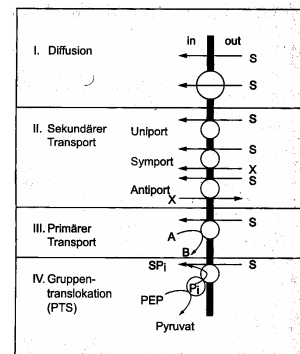
Beispiel Alkoholghrung (Ethanolghrung):

Vergleiche verschiedene Fermentierungsendprodukte ausgehend von Pyruvat:

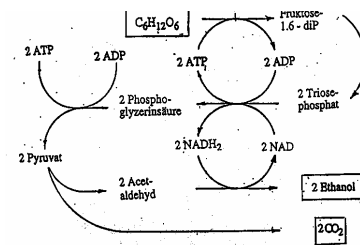
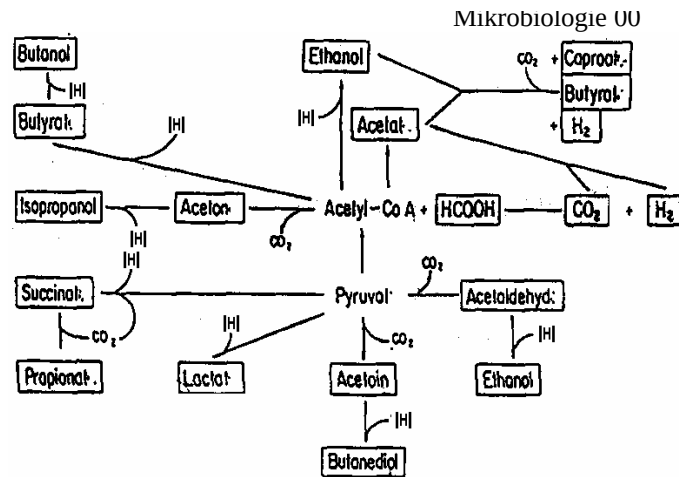
$|\text{H}|$ bedeutet NADH_2

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.



Verschiedene Arten der Gradienten-Nutzung:



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.

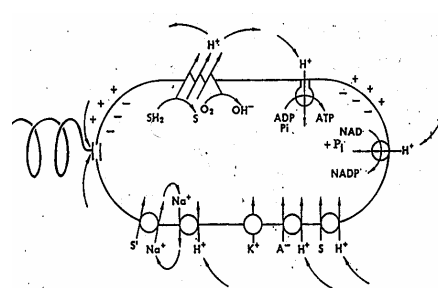


Abbildung 3.17: Protonenzirkulation als energietransportierendes System in Bakterien. Das Diagramm zeigt die Wirkung des Protonenstromes. Mit Hilfe der Atmungskette werden Protonen aus der Zelle transportiert. Ihre Rückkehr in die Zelle ist mit den verschiedensten Arbeiten gekoppelt: ATP- und NADP-Synthese, Geisselantrieb, Betrieb von Transportsystemen u.a.m. SH₂ steht für reduzierte Substrate, S für oxidierte Substrate und S' für irgendein Substrat. A⁻ sind Anionen.

- Mikrobiologie UU
- **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

Abbau von Alkanen:

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

Erkläre Vorgang und Voraussetzungen:

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**:

β-Oxidation:

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

Erkläre Vorgang:

Abbau von Aromaten:

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

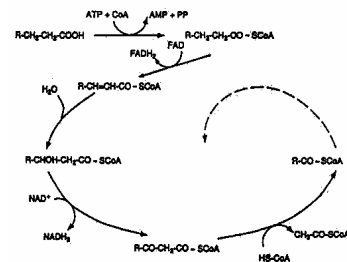
Für den totalen Abbau ist eine Ringöffnung Voraussetzung.

Eukaryonten:

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

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



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

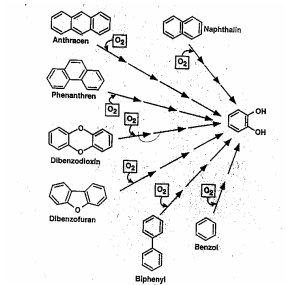


Abbildung 3.21: Allgemeines Schema für den aeroben Abbau von aromatischen Verbindungen mit Catechol als zentrales Zwischenprodukt

!!! nur zum anschauen!!!

- **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** ($-\text{H}^+$) zur **Fettsäure** ($+\text{H}_2\text{O} - \text{H}^+$) **weiteroxidiert**.

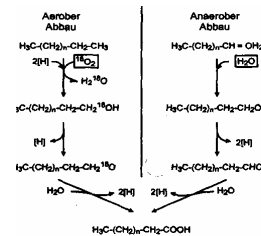


Abbildung 3.18: Oxidation von Alkanen. Links: Nach einer initiierten Oxidation mit Sauerstoff, katalysiert durch eine Monooxygenase, wird der entstandene Alkohol weiter oxidiert zur Fettsäure. Rechts: Unter anaeroben Bedingungen wird Wasser an die Doppelbindung angelagert. Der entstandene Alkohol wird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

Analog der anaeroben Abbau, jedoch nur mit Alkenen und Alkinen. **Wasser** wird statt **Sauerstoff** angelagert.

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.

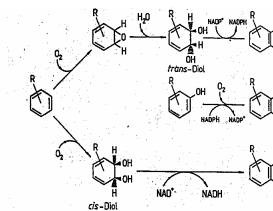


Abbildung 3.20: Bildung von Catechol aus Aromaten. Der untere Weg via cis-Diol wird ausschließlich durch Prokaryonten katalysiert.

Abbau von Aromaten:

Wie wird Catechol weiter abgebaut?

Aerober Fall:

Abbau von Aromaten:

Wie wird Catechol weiter abgebaut?

Anaerober Fall:

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?

Fragen zum Kapitel 3:

- Erkläre, warum die Plasmamembran eine kritische Rolle spielt für die Bildung der „promotion 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.

Mikrobiologie 00

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.

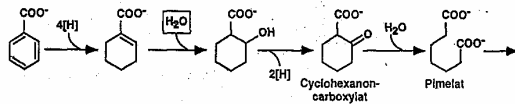


Abbildung 3.23: Öffnung des Ringes beim anaeroben Abbau von Benzoat

Mikrobiologie 00

- **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. Gährungsprodukt enthalten Kohlenstoff. Bausteine: AS, Steroide, FS

Mikrobiologie 00

Die Spaltung des Catecholringes wird durch weitere Dioxigenasen bewirkt.

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

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

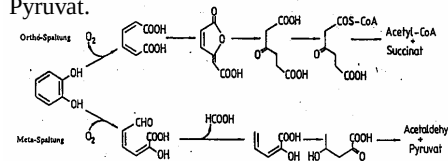


Abbildung 3.22: Die Ortho- und Meta-Spaltung von Catechol und sein weiterer Metabolismus zu einfachen Zwischenprodukten.

Mikrobiologie 00

- **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.

Mikrobiologie 00

Fragen zum Kapitel 3:

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

Mikrobiologie 00

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?

Mikrobiologie 00

Fragen zum Kapitel 3:

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

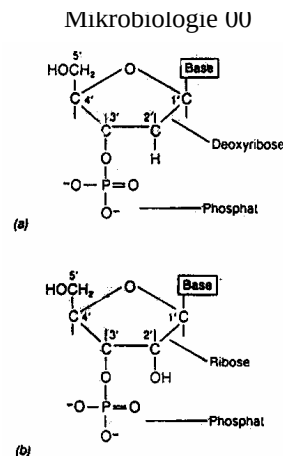
Mikrobiologie 00

Unterschied von DNA bzw. RNA

Mikrobiologie 00

- **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.

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.



Mikrobiologie 00

- **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. $24 H + 6 O_2 \rightarrow 12 H_2O$? $G^{0'} = -2616 \text{ kJ/mol}$

Mikrobiologie 00

- **Eukaryonten** haben keine **Dioxygenase**, welche beide Sauerstoffmoleküle des molekularen Sauerstoffes an eine ungesättigte Doppelbindung anlagern kann (dies tun Prokaryonten: Alken → Cis-Diol → 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)

Mikrobiologie UU

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

Mikrobiologie UU

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

Mikrobiologie UU

Aufbau der Doppelhelix:

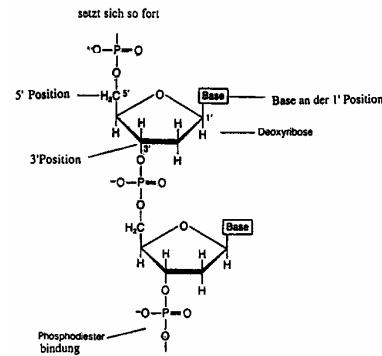
Drehrichtung?
Welche Base steht welcher gegenüber?
Wie starr ist die DNA-Doppelhelix?
Welches Basenpaar ist stabiler?

Mikrobiologie UU

Bakteriengenom:

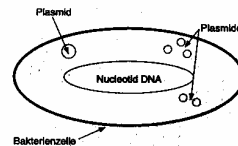
Wie ist das Bakteriengenom aufgebaut?

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.

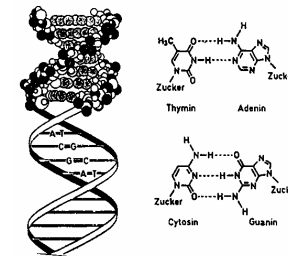


Pyrimidin-Basen	Purin-Basen
 Cytosin C DNA und RNA	 Adenin A DNA und RNA
 Thymin T nur DNA	 Guanin G DNA und RNA
 Uracil U nur RNA	

Bakteriengenome haben eine Grösse zwischen **2 und etwa 8 Millionen Basenpaare**. In der Zelle ist das Chromosom sehr stark durch Überspiralisierung (**Supercoiling**) gefaltet. 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.

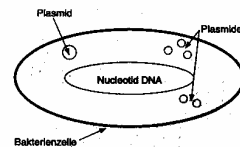


Bei der **rechtsdrehenden** Doppelhelix verbinden sich die beiden Einzelstränge über Wasserstoffbrücken zwischen den Basenpaaren. Jede Helixwindung enthält etwa 10 Basenpaare, es entsteht eine **kleine und eine grosse Spalte**. Die Reihenfolge der Basenpaare ist **komplementär**, nur ein Strang enthält 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.



Plasmide:

Was ist der Sinn der Plasmide?
Wie können sich Plasmide „verbreiten“?



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?

Plasmide:

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

Die Erbinformation:

Das Gen:

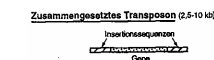
Was ist ein Gen?

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

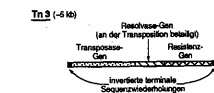
Erbinformation ist in erster Linie in der Reihnefolge der Basenpaar auf der DNA erfasst. Sie umfasst im wesentlichen eine Reihe von Anweisungen zur Synthese von RNA, die anschliessend die Synthese von Enzymen oder anderen Proteinen veranlassen oder selbst in der Zelle Funktionen übernehmen. Ein Gen ist 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.

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).

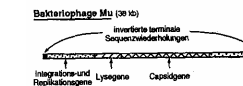
Zusammengesetzte Transposons: Insertionselemente, die einen zentralen Abschnitt (1 oder mehrere Gene) flankieren. IS-Elemente enthalten die Transposase und tragen an den Enden eine an einem Ort invertierte) Terminalsequenz.



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.



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

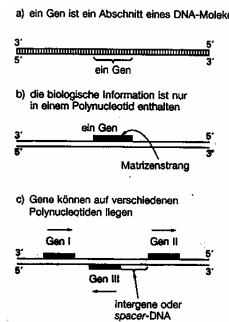
Organisation der Gene:

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.

Wie gross sind Bakterien durchschnittlich?

- **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.



Wie gross sind Bakterien durchschnittlich?

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 → RNA → Protein.

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

Vorgänge, welche die Genexpression steuern werden mit Regulation bezeichnet.

Wie gross sind Bakterien durchschnittlich?