

Nenne 5 entscheidende Merkmale, die mit Leben assoziiert sind. Welche Merkmale haben alle Zellen? Welches sind Eigenschaften nur einiger Zelltypen?

Leben = (Alle Zellen): Reproduktion, Stoffwechsel, Differenzierung, chemische Signalgebung, Evolution.

Nur Eukaryoten: Zellorganellen, die vom restlichen Zellplasma abgeschlossen sind, Cytoskelett.

Man kann Zellen sowohl als chemische Maschinen als auch als Codierungsvorrichtungen auffassen. Erkläre, wie sich diese beiden Eigenschaften unterscheiden!

Chemische Maschinen: innerhalb der Zellen laufen von Enzymen katalysierte Reaktionen ab.

Codierungsvorrichtungen: Speicher und Prozessoren genetischer Information (DNA)

Über Wachstum sind die beiden Funktionen miteinander verbunden. Im Zellzyklus wird Wachstum von Zellteilung (und damit Verdoppelung des gesamten Zellmaterials inkl. DNA) abgelöst.

Wie viele Gene besitzt eine typische Prokaryotenzelle? Haben Eukaryoten weniger oder mehr Gene als Prokaryoten?

Prokaryoten: *Escherichia coli*: ca. 4300 Gene,  
Eukaryoten: im allgemeinen mehr, menschliche Zelle ca. 10x mehr.

Vergleiche die prokaryotische mit der eukaryotischen Zelle. Führe Eigenschaften auf, die beiden gemeinsam sind, sowie diejenigen, in denen sich beide Zelltypen unterscheiden.

Gemeinsames: Zellmembran, Nukleinsäuren, Stoffwechselfvorgänge, Cytoplasma, Ribosomen

Unterschiede: Eukaryoten enthalten Organellen (Zellkern, Mitochondrien, Chloroplasten usw.) Cytoskelett, DNA in Zellkern bestehend aus vielen Chromosomen;

Prokaryoten sind einfach aufgebaut, enthalten keine Organellen, die Nukleinsäuren sind nicht im Zellkern. Die DNA besteht aus einem einzigen doppelsträngigen Molekül, dem Chromosom, das aggregiert und das Nucleotid bildet.

DNA ist ringförmig und ist haploid, zudem gibt es extrachromosomale DNA, das Plasmid.

Sind Viren Zellen? Nenne drei Merkmale, die Viren von Zellen unterscheiden.

Viren sind keine Zellen: keine selbständige Reproduktion (nur in Verbindung mit einer Zelle), kein eigener Stoffwechsel, keine Ribosomen--> auf proteinsynthetische Fähigkeit der Zelle angewiesen

Was ist erforderlich, dass in einer Zelle Translation stattfinden kann?  
Was entsteht beim Translationsprozess?

Es braucht die Nukleinsäure als Informationsträger sowie die Ribosomen als Ort der Proteinsynthese. Bei der Translation werden Proteine (Enzyme, Strukturproteine, Transportproteine usw.) synthetisiert.

Worin ähneln sich Bacteria und Archaea und worin unterscheiden sie sich? Wie kann man ein Bakterium von einem Vertreter der Archaea unterscheiden?

Grösse und Zellstruktur sind ähnlich. Bakterien sind praktisch in allen Gebieten der Erde verbreitet und weisen zahlreiche phylogenetische Zweige auf. Sie können sich auf unterschiedlichste Weise ernähren, während Archaea anaerob und auf Spezialgebiete und extreme Biotope beschränkt sind. Sie können dafür unter Extrembedingungen (heisse Quellen, salzhaltige Gewässer, stark saure und alkalische Böden) überleben. Sie definieren die biologische Toleranz gegenüber physikochemischen Extremen.

Was ist ein Ökosystem? Leben Mikroorganismen dort in Reinkulturen?  
Wie können sich Mikroorganismen auf ihr Ökosystem auswirken?

Ökosysteme sind Gebiete, in denen verschiedene Organismen zusammenleben, und untereinander wechselwirken. Sie beinhalten deren unbelebte Natur (Biotop) sowie deren Organismenaggregationen (Populationen). In Ökosystemen leben keinerlei Organismen in Reinkulturen sondern in Wechselwirkung zu zahlreichen anderen Organismen. Mikroorganismen nehmen aus ihrer Umwelt Stoffe auf, verarbeiten sie und scheiden solche aus. Die chemischen, physikalischen und biologischen Bedingungen des Ökosystems definieren weitgehend, welche Organismen in diesem leben können.

Was ist eine Reinkultur und wie kann man eine herstellen? Warum war es für die Entwicklung der Mikrobiologie als Wissenschaft wichtig zu wissen, wie man eine Reinkultur erhält?

Reinkultur= Kultur, die nur aus einer Mikroorganismenart besteht. Um eine solche zu erhalten, müssen wir den Mikroorganismus im Labor unter entsprechenden Bedingungen halten, damit er wachsen kann. Ausserdem müssen wir dafür sorgen, dass andere Mikroorganismen die Kultur nicht verunreinigen. Solche unerwünschten Mikroorganismen, Kontaminanten genannt, sind allgegenwärtig, und man versucht durch mikrobiologische Techniken eine Kontamination zu vermeiden. Sobald wir eine Reinkultur haben, können wir ihre Biochemie, Genetik sowie andere Eigenschaften untersuchen.

Wie würdest du einen Freund überzeugen, dass Mikroorganismen viel mehr sind als nur Krankheitserreger?

Mikroorganismen sind im ganzen Ökosystem Erde verbreitet, und zu ihnen gehören neben Krankheitserregern, zahlreiche sehr wichtige Organismen, ohne die Prozesse wie Vermoderung von Totem Material, Gärung zur Produktion verschiedener Nahrungsmittel, Abbau von Umweltverschmutzungen, sowie die Produktion von wichtigen Energieträgern und Medikamenten nicht möglich wären.

Erkläre das Prinzip, das hinter dem Gebrauch des Pasteur-Kolbens bei den Untersuchungen zur Urzeugung stand.

Pasteur benutzte für seine Untersuchungen einen Kolben mit einem gebogenen „Schwanenhalskolben. In diesen Kolben goss er eine unsterile Flüssigkeit, die er durch Erhitzen sterilisierte. Durch den gebogenen Hals des Kolbens konnten Staub und Mikroorganismen nicht eindringen. Solange die Flüssigkeit nicht mit den im Bogen gefangenen Mikroorganismen und Staubpartikeln in Kontakt kam, blieb die Flüssigkeit über Jahre hinweg steril, obwohl sie mit Frischluft in Kontakt war. Wurde jedoch die sterile Flüssigkeit kurz mit den Staubpartikeln in Kontakt gebracht, wuchs innerhalb kürzester Zeit eine ganze Kolonie von Mikroorganismen in der Flüssigkeit heran.

Erkläre, warum die Erfindung des festen Kulturmediums Agar anstelle Nährstoffgelatine von grosser Bedeutung für die Entwicklung der Mikrobiologie als Wissenschaft war.

Nährstoffgelatine war trotz aller hervorragenden Eigenschaften zur Isolierung und Untersuchung verschiedener Bakterien, nicht sehr gut geeignet weil sie sich beim Temperaturoptimum der meisten menschlichen Pathogene (37° C) verflüssigt. Als den erforderlichen vielseitigen Verfestiger erwies sich Agar.

Beschreibe einen wesentlichen Beitrag von Martinus Beijerinck für die Mikrobiologie.

Die Formulierung des Konzepts zur Anreicherungskultur: Züchtung der gewünschten Organismen durch Kulturmedien, die das Wachstum des gewünschten Organismus fördern alle anderen aber eindämmen. So isolierte er die ersten Reinkulturen von stickstofffixierenden, schwefeloxidierenden und schwefelreduzierenden Bakterien.

Beschreibe anhand von Tabelle 1.1 die Unterschiede in der mikrobiologischen Forschung vor und nachdem zweiten Weltkrieg.

Vor dem 2. Weltkrieg wurde hauptsächlich auf das Ziel des Verständnisses von mikrobiologischen Prinzipien, und Mikroorganismen für die Menschliche Gesundheit geforscht, während es nach dem 2. Weltkrieg auch um die Anwendung dieser Kenntnisse in der Technologie und Wirtschaft ging.  
(Beantwortung der Frage nicht sicher!!!)

Warum färbt man für die Lichtmikroskopie? Warum werden für allgemeine Färbzwecke kationische Farbstoffe verwendet?

Das Lichtmikroskop weist sehr schlechte Kontrastverhältnisse auf, so werden die meisten Zellstrukturen erst bei Verstärkung des Kontrastes durch Färbung, oder Verwendung von Phasenkontrast-, Dunkelfeld- oder Fluoreszenzmikroskopen sichtbar. Kationische Farbstoffe binden aufgrund der negativ geladenen Membranaussenseite der Zellen gut an deren Strukturen. (Phosphatreste an den Phospholipiden).

Welche Vorteile haben das differenzielle Interferenzkontrastmikroskop bzw. das Phasenkontrastmikroskop gegenüber dem Hellfeldmikroskop?

Differenzielle Interferenzkontrastmikroskope und Phasenkontrastmikroskope können durch Verbesserung der Kontrastverhältnisse das Beobachten an lebenden Zellen und damit die Feldforschung ermöglichen, da die Organismen nicht durch Färbung geschädigt oder abgetötet werden. Zudem werden durch Verstärkung der Kontraste auch die Auflösungsverhältnisse verbessert.

Was ist der entscheidende Vorteil des Elektronenmikroskops gegenüber dem Lichtmikroskop? Welche Art des Elektronenmikroskops benutzt man um eine Zelle dreidimensional zu sehen?

Das Elektronenmikroskop weist eine etwa 1000-fach bessere Auflösung als das Lichtmikroskop auf. Mit dem Rasterelektronenmikroskop kann man Strukturen dreidimensional sehen.

Welche wichtigen morphologischen Typen von Prokaryoten gibt es?  
Zeichne Zellen für jeden Morphologietyp, den du aufführst.

Kokken (1), Stäbchen (2), Spirillen (3), Spirochäten (4), Bakterien mit Anhängseln und Knospen (5), sowie fadenförmige Bakterien (6).



1



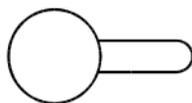
2



3



4



5



6

Darstellungen  
schematisch!!

Beschreibe in einem Satz, wie eine Einheitsmembran aus Phospholipidmolekülen gebildet wird.

Phospholipidmoleküle bestehen aus Glycerin, an deren Kohlenstoffatome zwei Fettsäuren sowie eine Phosphatgruppe gebunden ist, die hydrophoben Enden (Fettsäuren) schotten sich von der wässrigen Umgebung ab, indem sie sich gegenseitig anlagern, so bildet sich die Membran mit hydrophilen, negativ geladenen Phosphatresten, nach aussen und nach innen der Zelle, und den hydrophoben Fettsäureschwänzen zur Mitte der Membran.

Erkläre in einem Satz, warum ionisierte Moleküle nicht leicht die Membran einer Zelle passieren. Wie durchqueren solche Moleküle die Cytoplasmamembran?

Die Mitte der Zellmembran besteht aus den Fettsäureschwänzen der Phospholipide, diese sind hydrophob, und ungeladen, sie wirken geladenen Molekülen gegenüber abstossend, so dass ionisierte Moleküle gar nicht bis zur Mitte der Membran kommen, und diese schon gar nicht passieren können. Geladene Teilchen müssen über Transportproteine in die Zelle eingeschleust werden.

Beschreibe einen wichtigen chemischen Unterschied zwischen den Membranen von Bakterien und Archaea.

Bakterien besitzen eine Lipiddoppelschicht bestehend aus Phospholipiden, wobei die Fettsäuren über Esterbindungen an das Glycerin gebunden sind ( $\text{H}_2\text{C}-\text{O}-(\text{C}=\text{O})-\text{CH}_2-\dots$ ). In den Lipiddoppelschichten oder einlagigen Lipidschichten der Archaea, die aus Glycerindiether bzw. Glycerintetraether bestehen, sind die Fettsäuremoleküle über Etherbindungen ( $\text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\dots$ ) an das Glycerin gebunden.

Escherichia coli – Zellen nehmen über das LacY-Permeasesystem Lactose, über das Phosphotransferasesystem Glucose und über den ABC-Transporter Maltose auf. Beschreibe für jeden dieser Zucker die Bestandteile ihrer Transportsysteme sowie die Herkunft der Energie für den Transport.

Lactose: Symporter, bestehend aus einem Transmembranprotein, das zusammen mit einem Lactosemolekül ein Proton aufnimmt, und mit dem vorhandenen Protonengradienten das Lactosemolekül in die Zelle transportiert. Die Energie stammt aus dem Protonengradienten.

Glucose: das Aufnahmesystem besteht aus fünf Proteinen, die abwechslungsweise das Glucosemolekül phosphorylieren und wieder dephosphorylieren, bis es vom transmembranen Enzym IIC transportiert und phosphoryliert wird. Die Aufnahme von Glucose ist energetisch neutral, da dies gleichzeitig der erste Schritt im intrazellulären Stoffwechsel der Glucose darstellt.

Maltose: das periplasmatische Bindungsprotein besitzt eine hohe Affinität für das Substrat, das membranüberbrückende Protein bildet einen Transportkanal, und das cytoplasmatische Protein hydrolysiert ATP und stellt damit die Energie für den Transport zur Verfügung. Auf diese Weise kann Maltose noch bei Substratkonzentrationen von  $10^{-6}\text{M}$  ausserhalb der Zelle, transportiert und aufgenommen werden.

Warum wird die starre Schicht der Bakterienzellwand Peptidoglycan genannt? Welche chemischen Eigenschaften sind für die Starrheit verantwortlich, die der Zellwand durch die Peptidoglycanstruktur verliehen wird?

Peptidoglycan besteht aus einer dünnen Schicht von zwei Zuckerderivaten, N-Acetylglucosamin und N-Acetylmuraminsäure, sowie einer kleinen Gruppe von Aminosäuren, L-Alanin, D-Alanin, D-Glutaminsäure und entweder Lysin oder Diaminpimelinsäure. Die Starrheit der Struktur entsteht wenn die Schichten über Aminosäuren quervernetzt werden.

Erkläre mit chemischen Begriffen, wie die sehr dicke Peptidoglykanschicht in der Zellwand der grampositiven Bakterien gebildet wird, obwohl ein einziges Peptidoglykanmolekül sehr dünn ist.

Die dünnen Peptidoglykanschichten wiederholen sich immer wieder, wobei die einzelnen Schichten durch Aminosäuren quervernetzt werden.

Nenne verschiedene Funktionen der äusseren Wandschicht gramnegativer Bakterien. Wie ist die äussere Membran chemisch zusammengesetzt?

Funktionen: Endotoxin, Porine regeln den ein- und Austritt hydrophiler Substanzen.

Zusammensetzung: Lipopolysaccharide, d.h. in der äusseren Lipidschicht sind die Fettsäuren über Esterbindung an ein Disaccharid gebunden, das den O-Polysaccharid und den Kernpolysacchariden trägt.

Lysozym und Penicillin lysieren die bakterielle Zelle auf unterschiedliche Weise. Beschreibe wie jede dieser Substanzen die Zelle lysiert.

Lysozym zerstört die stabilisierende Zellwand, sodass Wasser in den Plasmid strömen kann, bis dieser sich aufbläht und platzt.

Penicillin verhindert die Ausbildung der Peptidquervernetzungen des Peptidoglycans bei der Ausbildung neuer Zellwände, sodass die entstehende Zellwand nicht stabil genug ist, und Autolysine weitere Zelleschäden und damit den Tod der Zelle verursachen.

Erkläre in zwei bis drei Sätzen klar, warum Saccharose Bakterienzellen bei der Lyse durch Lysozym stabilisieren kann.

Saccharose, die in der zellumgebenden Flüssigkeit gelöst ist, verhindert die osmotische Einströmung von Wasser in das höher konzentrierte Cytoplasma. Damit platzt die Zelle nicht, wenn sie ihre Zellwand durch Lyse verliert.

Beschreibe die Struktur und Funktion einer Bakteriengeißel. Woher stammt die Energie für die Geißelbewegung?

Bakteriengeißeln bestehen aus Protein. Sie sind Zapfenzieherförmig gewunden und werden von Geißelmotoren angetrieben. Durch drehen der Geißeln bewegen sich die Bakterien. Die Energie stammt aus dem Protonengradienten. Es werden etwa 1000 Protonen für eine Umdrehung der Geißel benötigt.

Erkläre in ein paar Sätzen, wodurch ein bewegliches Bakterium die Richtung eines Lockstoffes wahrnehmen und sich darauf zu bewegen kann.

Ohne die Existenz von Lockstoffen bewegen sich die Bakterien zufällig im Kreis herum, wobei sie immer wieder zwischen Taumeln und Laufen wechseln. Existiert aber ein Lockstoff, so wird die Bewegung gerichtet, indem die Laufzeiten verlängert werden, und die Taumelzeiten verkürzt. So bewegt sich das Bakterium, zwar im Zick-Zack aber doch mehr oder weniger in Richtung des Gradienten fort.

Welche Arten von cytoplasmatischen Einschlüssen bilden Prokaryoten?  
Wie unterscheidet sich ein Einschluss von Poly--hydroxybuttersäure (PHB) in seiner Zusammensetzung und Stoffwechselrolle von einem Magnetosom?

Prokaryoten reichern verschiedene Stoffe zur Speicherung von Energie oder als Reservoir von strukturellen Bausteinen an. Neben Glykogen, PHB und anderen PHA's (Energiespeicher) werden auch Phosphat und Schwefel in so genannten Graunula angereichert.

Während Poly--hydroxybuttersäure zu Granuli aggregiert und der Energiespeicherung dient, sind Magnetosomen intrazelluläre Kristallpartikel, die der Zelle Magnetotaxis verleihen, ihr also die Fähigkeit geben, sich an geomagnetischen Feldlinien zu orientieren und zu wandern.

Welche Funktion haben Gasvesikel? Was macht diese Strukturen dicht für Gase?

Gasvesikel verleihen den Bakterienzellen Auftrieb in der Flüssigkeit. Dies nützt den Bakterien, die in Seen und im Meer leben, um sich zu bewegen, und z. B. bei Cyanobakterien, um sich nach dem Sonnenlicht auszurichten. Die Hülle der Gasvesikel ist aus zwei verschiedenen Proteinen aufgebaut, dem GvpA und GvpC. A hat Faltblattstruktur und bildet Rippen, und C wirkt als Helixstruktur vernetzend.

Deute in ein paar Sätzen an, wie sich die bakterielle Endospore von der vegetativen Zelle in Struktur, chemischer Zusammensetzung und der Fähigkeit unterscheidet, extremen Umweltbedingungen zu widerstehen.

Endosporen sind durch vielschichtigen Aufbau, und widerstandsfähigen Hüllen geschützt. Zu 10% des Trockengewichts bestehen die Endosporen aus Calcium-Dipicolinsäure-Komplexen, die in den vegetativen Zellen nicht vorkommen. Endosporen können weder durch Hitze, noch durch starke Chemikalien zerstört werden und weisen eine Überlebensfähigkeit von hunderttausenden von Jahren auf.

Warum besass die Entdeckung der bakteriellen Endospore eine grosse praktische Bedeutung?

Weil die Kenntnis über solche resistente Formen notwendig war, um adäquate Sterilisationsmethoden für Lebensmittel und andere verderbliche Produkte zu entwickeln.

Wie unterscheidet sich der eukaryotische Zellkern vom prokaryotischen Nucleoid? Worin ähneln sich diese beiden Strukturen?

Der Zellkern eukaryotischer Zellen besitzt eine Membran, wobei das Nucleoid der prokaryotischen Zelle ohne Membran in der Zelle schwimmt. Die beiden Strukturen sind insofern ähnlich, als dass sie beide aus Desoxyribonucleinsäure (DNA) aufgebaut sind, wobei aber das Nucleoid aus einem einzigen ringförmigen Chromosom besteht, und die DNA im Zellkern aus zahlreichen Chromosomen, die weder zyklisch noch zusammenhängend sind.

Definiere die Begriffe chemoautotroph, chemolithotroph, chemoheterotroph, photoautotroph und photoheterotroph.

Chemoautotroph: Chemische Energiegewinnung, C-Quelle: CO<sub>2</sub> und Elektronen-Quelle anorganisch

Chemolithotroph: Chemische Energiegewinnung, e-Quelle anorganisch

Chemoheterotroph(=Chemoorganotroph): Chemische Energie, C- und e-Quellen sind organisch.

Photoautotroph: Organismen gewinnen ihre Energie aus Licht, Kohlenstoffquelle ist CO<sub>2</sub>.

Photoheterotroph: Organismen gewinnen die Energie aus Licht, Kohlenstoffquelle sind organische Verbindungen.

Warum sind Kohlenstoff und Stickstoff Makronährstoffe, Kobalt, dagegen ein Spurenelement?

Kohlenstoff und Stickstoff wird von der Zelle in grossen Mengen benötigt. Der Kohlenstoffanteil an Trockensubstanz der Zelle ist ca. 50%, Stickstoffanteil ca. 12%. Kobalt und andere Spurenelemente hingegen werden in nur sehr geringen Mengen benötigt, und teilweise nicht von allen Zellen.

Was sind Siderophore und wozu werden sie benötigt?

Siderophoren werden von Organismen gebildet, um Eisensalze zu lösen und in die Zelle zu transportieren, wo Eisen als Hauptbestandteil der Cytochrome (Element der Elektronentransportkette) benötigt wird.

Warum ist folgendes Medium kein chemisch definiertes Medium:  
Glucose 5g,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1g,  $\text{MgSO}_4$  0,3 g, Hefeextrakt 5 g, Aqua  
dest. 1 Liter?

Substanzen wie Hefeextrakt, sind keine exakte Mengen hochgereinigter anorganischer oder organischer Chemikalien. Im genannten Medium ist die genaue chemische Zusammensetzung nicht bekannt. Das vorliegende Medium besteht aus nährstoffreichen Substanzen, und eignet sich für die Kultivierung verschiedener Bakterien, und meist einiges einfacher anwendbar als chemisch definierte Kulturmedien.

Wofür benötigt die Zelle Enzyme?

Enzyme werden für die Katalyse von chemischen Reaktionen in der Zelle benötigt. Dabei verändert das Enzym (Katalysator) nicht die aus einer chemischen Reaktion gewonnene Energie, sondern setzt lediglich die Aktivierungsenergie herunter, so dass die Reaktion schneller abläuft.

Beschreibe, warum ein Enzym des Bakteriums *Escherichia coli* seine katalytische Fähigkeiten verliert, nachdem es gekocht wurde.

Enzyme sind hochspezifische Polymere aus Aminosäuren. Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur verleihen dem Makromolekül seine eigenartige Form, inklusive dem aktiven Zentrum, wo die Katalyse der chemischen Reaktionen stattfinden. Durch Erhitzen werden Quartär-, Tertiär- und Sekundärstruktur zerstört, und das Makromolekül verliert seine Form, und damit die katalytischen Fähigkeiten.

Beschreibe, den Unterschied zwischen einem Coenzym und einer prosthetischen Gruppe.

Prosthetische Gruppen sind sehr fest, meist permanent an ihre Enzyme gebunden. Coenzyme sind recht locker an Enzyme gebunden. Ein einzelnes Coenzym kann zu verschiedenen Zeiten mit unterschiedlichen Enzymen assoziiert sein. Coenzyme transportieren kleine Moleküle von einem Enzym zum anderen.

Was sind Elektronencarrier? Nenne drei Beispiele und gib sowohl die Reduzierte und die Oxidierte Form an.

Elektronencarrier sind Intermediärprodukte, die Elektronen von primären Elektronendonoren zu den terminalen Elektronenakzeptoren transportieren. Beispiele für frei diffundierenden Elektronencarrier sind:

$\text{NAD}^+$  das zu  $\text{NADH} + \text{H}^+$  reduziert wird,

$\text{NADP}^+$  das zu  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  reduziert wird,

$\text{FAD}^+$  das zu  $\text{FADH} + \text{H}^+$  reduziert wird.

Chinone (stark hydrophobe Moleküle, die im Allgemeinen Elektronen von Eisen-Schwefel-Proteinen auf Cytochrome übertragen)

Beispiele für Membrangebundene Elektronencarrier sind:

$\text{NADH}$ -Dehydrogenasen, Flavoproteine und Cytochrome.

Ist die Reaktion Glucose-6-phosphat + ADP  $\rightarrow$  Glucose + ATP  
exergon oder endergon? (s. zur Hilfe Abb. 4.10)

Die energiearme Phosphat-Bindung im Glucose-6-phosphat setzt bei der Dephosphorylierung 13,8 kJ/mol frei; die energiereiche ADP-ATP-Phosphorylierung braucht 31,8 kJ/mol. Die Reaktion (Übergabe von Phosphatgruppe vom Glucose-6-phosphat an das ADP) verbraucht  $31,8 - 13,8 = 18$  kJ/mol.

Wo in der Glycolyse + Gärung wird NADH gebildet? Wo wird NADH verbraucht?

NADH + H<sup>+</sup> entsteht bei der Phosphorylierung von Glycerinaldehyd-3-Phosphat zu 1,3-Bisphosphoglycerat, wobei NAD<sup>+</sup> zwei Elektronen und Protonen aufnimmt. Es entstehen 1 NADH + H<sup>+</sup> pro Glycerinaldehyd-3-phosphat, also deren 2 pro Glucosemolekül.

Das NADH + H<sup>+</sup> wird in der alkoholischen oder Milchsäuregärung wieder in NAD<sup>+</sup> Oxidiert, wobei im Fall von Milchsäure das Pyruvat zu Lactat reduziert oder bei alkoholischer Gärung unter Abspaltung von CO<sub>2</sub> zu Acetaldehyd und anschliessend zu Ethanol reduziert wird. Ziel dieser Reaktionen ist einzig und allein die Rückgewinnung des oxidierten NAD<sup>+</sup> als Elektronencarrier für den weiteren Glucoseabbau und damit der ATP-Produktion.

Eisen spielt in der Zelle in energieerzeugenden Vorgängen eine wichtige Rolle. Führe drei Beispiele an, in denen Eisen eine Rolle als Elektronencarrier spielt. In welcher Form liegt Eisen als Nährstoff in Kulturmedien vor?

Cytochrom-Fe<sup>2+</sup> ----> Cytochrom-Fe<sup>3+</sup> + e<sup>-</sup>

Nichthäm-Eisen-Schwefel-Proteine (Fe<sub>2</sub>S<sub>2</sub> und Fe<sub>4</sub>S<sub>4</sub>)

In Kulturmedien liegt Eisen anorganisch und elementar vor.

Was bedeutet der Begriff protonenmotorische Kraft? Und warum ist dieses Konzept in der Biologie so wichtig?

Unter Protonenmotorischer Kraft versteht man den Protonengradienten, der durch katabolische Reaktionen produziert wird. (z. B. durch den Transport von Elektronen durch die Elektronentransportkette bei der Atmung, nachdem diese von Elektronencarriern abgegeben wurden). Der Protonengradient dient als Antriebskraft für die meisten anabolischen Reaktionen und zur ATP-Synthese.

Die Chemikalien Dinitrophenol und Cyanid wirken beide als Zellgifte, allerdings auf ganz unterschiedliche Weise. Vergleiche die Wirkungsweisen dieser beiden Chemikalien.

Während Cyanid als Inhibitor fest an Cytochrome bindet, und so deren Funktion blockieren, verhindern Entkoppler wie Dinitrophenol die ATP-Synthese, ohne den Elektronentransport zu beeinflussen, sondern indem sie als lipidlösliche Substanzen die Permeabilität der Membran erhöhen und damit die protonenmotorische Kraft und ihre Fähigkeit, die ATP-Synthese anzutreiben, zerstören.

In der Glycolyse entsteht aus einem Glucosemolekül 2 Moleküle Pyruvat. Welche weitere Wege im Stoffwechsel von Mikroorganismen kann dieses Molekül einschlagen und was entsteht dabei?

Das Pyruvat kann zur Weiterverarbeitung und zum Aufbau von Biomasse benützt werden, oder aber weiter zu  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  oxidiert werden. Im schlechtesten Fall wird das Pyruvat zu Milchsäure oder Alkohol reduziert, um das  $\text{NADH} + \text{H}^+$  wieder frei zu bekommen, und aus der Zelle ausgeschieden. Dabei kann die Zelle keine weitere Energie aus dem Pyruvat mehr gewinnen, aber das  $\text{NAD}^+$  ist wieder frei, um bei der Glycolyse (Oxidation von Glucose zu 2 Pyruvat, wo netto 2 ATP produziert werden), als Elektronencarrier bereitzustehen.

Im besseren Fall, der aeroben Weiterverarbeitung, wird das Pyruvat unter Abspaltung von  $\text{CO}_2$  und Reduktion von  $\text{NAD}^+$  in den Cytratcyclus eingebunden, und dort unter Reduktion von 3  $\text{NAD}^+$  sowie FAD zu  $\text{FADH}$  und weiterer Abspaltung von 2x  $\text{CO}_2$  vollständig reduziert. Dabei wird zusätzlich ein ATP phosphoryliert. Die Elektronencarrierproteine geben ihre Elektronen an die Elektronentransportkette weiter, wo deren Energie zum Transport von Protonen gegen den bestehenden Protonengradienten benützt wird, der anschliessend die ATP-Synthase zur ADP-Phosphorylierung antreibt. Jedes  $\text{NADH} + \text{H}^+$  bringt dabei die Energie für die Synthese von 3, jedes  $\text{FADH}_2$  die Energie für die Synthese von 2 ATP. Aus einem Molekül Pyruvat wird also 4  $\text{NADH}$  sowie ein  $\text{FADH}_2$ , und damit  $3 \times 4 + 2 \times 1 = 14 + 1 \text{ ATP} = 15 \text{ ATP}$  gewonnen. Bei aeroben Bedingungen können die bei der Glycolyse reduzierten  $\text{NADH}$  ebenfalls über die Atmungskette oxidiert werden. Anstatt über ineffizienten Gärungsprozess zu regenerieren, können so weitere  $3 \times 2 = 6 \text{ ATP}$  synthetisiert werden. Zudem werden verschiedene Zwischenprodukte des Cytratcyclus' ebenfalls zur weitem Biomassessynthese verwendet, anstatt weiter zu  $\text{CO}_2$  oxidiert zu werden.

Warum kann man sagen, dass der Cytratcyclus zwei wichtige Aufgaben in der Zelle hat?

Im Cytratcyclus wird sowohl Pyruvat zu  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  oxidiert, als auch die Grundbausteine für die Monomere der für die Zelle wichtigen Makromoleküle, bereitgestellt.

Definiere folgende Begriffe bezüglich des Wachstums von Mikroorganismen:

Spezifische Wachstumsrate, maximale spezifische Wachstumsrate, Monod-Affinitätskonstante, Generationszeit, Wachstumsgeschwindigkeit

Spezifische Wachstumsrate:  $= \mu_{\max} \frac{s}{K_s + s}$

Maximale spezifische Wachstumsrate:  $\mu_{\max}$  = Konstant für gegebene  
Temperatur, pH,  
Nährstoffzusammensetzung

Monod-Affinitätskonstante: Substratsättigungskonstante

Generationszeit:  $g = \frac{t}{n}$  mit t = gemessene Zeit; n = anz. Generationen

Wachstumsgeschwindigkeit:  $k = \frac{\ln 2}{g}$

Unter welchen Umständen kann eine Anlaufphase (lag-Phase) nach der Überimpfung einer Mikroorganismenpopulation auf ein Nährmedium ausbleiben, unter welchen Umständen ist sie vorhanden?

Wenn die Organismen aus einer im exponentiellen Wachstum stehenden Population genommen wird, und auf dasselbe Medium überimpft wird, kann eine lag-Phase ausbleiben.

Lag-Phasen können unter folgenden Umständen beobachtet werden:

- Probe stammt aus einer stationären Phase
- Probe wurde aus einem nährstoffreicheren Medium in ein nährstoffärmeres Medium überimpft (neu benötigte Enzyme müssen erst synthetisiert werden)
- Die Zellen der Probe wurden durch Erhitzen beschädigt

Beschreibe den Wachstumszyklus einer Population bakterieller Zellen, von dem Zeitpunkt an, zu dem diese Population in frisches Medium überimpft wird.

Nach einer Anlaufphase (**lag-Phase**) wächst die Population exponentiell (**exponentielle Wachstumsphase**), bis sich das Wachstum verlangsamt (**Verlangsamungsphase**) und schliesslich eine **stationäre Phase** erreicht. Die bakteriellen Zellen können entweder in der stationären Phase bleiben oder absterben (**Absterbephase**).

Welche Direkte und indirekte Methoden gibt es, um das Wachstum von Zellpopulationen zu messen?

- Bestimmung der Gesamtzählzahl: Die Bakterien werden unter dem Mikroskop unter Verwendung spezieller Zählkammern gezählt und anschliessend hochgerechnet. Nachteil: 1) man zählt sowohl lebende als auch tote Zellen 2) Kleine Zellen werden möglicherweise übersehen 3) Wenn Probe nicht gefärbt ist, wird ein Phasenkontrasmikroskop benötigt 4) ungeeignet für Suspensionen geringer Dichte
- Bestimmung der Lebendzellzahl:
  - o Ausplattieren: Probe (verdünnt) wird auf Oberfläche einer Agarplatte gegeben und gleichmässig darauf verteilt. Nach der Inkubation hat sich jedes lebende Bakterium zu einer neuen Kolonie (sichtbar) entwickelt.
  - o Plattengussverfahren: Probe (verdünnt) wird in eine Sterile Petrischale gegeben, steriles Medium wird zugefügt und gut mit den Bakterien gemischt. Nach der Inkubation hat sich aus jeder lebenden Zelle eine Kolonie entwickelt.
- Turbidimetrie: mit einer Photozelle wird die Trübung und damit die Bakterienkonzentration in der Suspension gemessen. Nachteil: Eichung notwendig, nur in bestimmten Bereich zuverlässige Resultate

Wie funktioniert ein Chemostat und wozu wird er benötigt?

Chemostaten werden zur Herstellung kontinuierlicher Kulturen verwendet. In ihm kann Populationsdichte und Wachstumsgeschwindigkeit unabhängig reguliert werden. Gesteuert wird das Gerät über die Verdünnungsrate und die Konzentration eines limitierenden Nährstoffes (C oder N).

Die Wachstumsgeschwindigkeit kann dabei mit der Konzentration des limitierenden Nährstoffs, die Populationsdichte mit der Verdünnungsrate bzw. der Auswaschgeschwindigkeit reguliert werden. In Chemostaten können Populationsdichten und Wachstumsraten über längere Zeit konstant gehalten werden.

Wie und warum sieht die Temperaturoptimumskurve von Mikroorganismen aus? In welchen Temperaturbereichen liegen dabei die Kardinaltemperaturen?

Oberhalb dem Temperaturminimum steigt die Geschwindigkeit enzymatischer Reaktionen linear an, bis zum Temperaturoptimum und fällt anschliessend sehr schnell bis sie beim Temperaturmaximum wieder null wird.

Temperaturminima, -optima und -maxima können dabei von verschiedenen Organismen ganz unterschiedlich liegen.

Psychrophile haben ihr Minimum unter  $0^{\circ}\text{C}$ , das Optimum unter  $15^{\circ}\text{C}$  und das Maximum unter  $20^{\circ}\text{C}$ . Dies wird durch Einbau von - helixhaltigeren Proteinen und ungesättigten Fettsäuren erreicht.

Psychrotolerante Organismen wachsen bei  $0^{\circ}\text{C}$  aber haben ihr Optimum bei  $20\text{-}40^{\circ}\text{C}$ . Mesophile Bakterien haben mittlere ( $39^{\circ}\text{C}$ ), thermophile hohe (über  $45^{\circ}\text{C}$ ) und hyperthermophile sehr hohe Temperaturoptima (über  $80^{\circ}\text{C}$ ). Die oberen Grenzen werden von Archaea bei  $113^{\circ}\text{C}$  in Geysiren erreicht. Diese Anpassungen finden durch Verwendung von gesättigten Fettsäuren statt.

Welche Spezialisierungen auf Umgebungseigenschaften neben der Temperaturspezifität gibt es noch? Und wie nennt man diese Organismen?

- Alkaliphile sind für basische (pH 9-11)
- Azidophile für saure (pH 2-5)
- Halophile für salzhaltige
- Obligat Aerobe für sauerstoffhaltige
- Fakultativ Aerobe/Anaerobe für Sauerstoffarme bis Sauerstofflose,
- Obligat anaerobe für Sauerstofflose

Umgebungen spezialisiert, wobei fakultativ Aerob/anaerob darauf hindeutet, dass diese Organismen in beiden Umgebungen leben können, obligat anaerob aber durch Sauerstoff vergiftet werden.

Worin besteht das zentrale Dogma der Molekularbiologie?

DNA (Desoxyribonucleinsäure) kann repliziert, oder zu mRNA (Ribonucleinsäure) transkribiert und diese zu Proteinen translatiert werden, wobei der DNA-Basencode genau einen RNA-Basencode, und diese genau eine Aminosäuresequenz definiert, aber eine Aminosäuresequenz durch verschiedene mögliche mRNA und damit verschiedene mögliche DNA-Basencodes definiert sein kann, weil mRNA-Basentriplets zwar genau einer Aminosäure, aber eine Aminosäure mehreren Basentriplets entsprechen.

Worin besteht der wesentliche Unterschied was die Proteinsynthese aus DNA bei Prokaryoten und Eukaryoten betrifft?

Während bei Eukaryoten eine pre-mRNA transkribiert wird, die anschliessend zur mRNA reifen muss (Introns werden herausgeschnitten), und schliesslich aus dem Zellkern heraustransportiert wird, wo sie als Matrize für die Translation dient, wird bei Prokaryoten direkt eine mRNA transkribiert (keine Introns herausgeschnitten, und diese via Translation in Proteine übersetzt. Bei Prokaryoten muss die RNA nicht aus dem Zellkern transportiert werden, um die Translation durchzuführen, da Prokaryoten keinen Zellkern haben.

Worin besteht der Unterschied der Struktur, und Chromosomenzahl des Genoms bei Prokaryoten und Eukaryoten?

Während Eukaryoten lineare DNA besitzen und aus mehreren Chromosomen besteht, besteht das Genom von den meisten Prokaryoten aus einem einzigen, zirkulären Chromosom. Prokaryoten enthalten zudem teilweise noch zusätzliche extrachromosomale DNA wie Plasmide, die ebenfalls zirkulär sind.

Wie und zu welchem Zweck wird Prokaryoten-DNA  
überspiralisiert?

Wie kann dieses System von der Wissenschaft im speziellen von der  
Medizin genutzt werden?

Wie die DNA von Eukaryoten wäre die DNA von Prokaryoten zu lang wenn sie linear bzw. entspannt vorliegen würde. Darum wird sie überspiralisiert, und damit auf viel kleineren Raum komprimiert. Andererseits muss überspiralisierte DNA teilweise wieder entspiralisiert werden, um als Matrize für Replikation oder Transkription zu dienen. Um diesen Vorgang der Überspiralisierung und Entspiralisierung zu ermöglichen gibt es Enzyme wie DNA-Gyrase und Topoisomerase, die die DNA-Doppelstränge nach ihrer Überlagerung brechen und anschliessend wieder zusammenfügen. Antibiotika können die Enzyme wie DNA-Gyrase hemmen und so deren Funktion verhindern oder beeinträchtigen.

Worin besteht das Problem für die DNA-Polymerase bei der Replikation von DNA, und wie wird es gelöst?

DNA-Polymerase kann nur vom 5' zum 3' Ende des DNA-Moleküls synthetisieren, wobei sie zum alten Strang komplementäre Basen an das 3' Ende des synthetisierten Strangs hinzufügen. Damit trotzdem immer an beiden DNA-Strängen der Doppelhelix eine Polymerase arbeiten kann, synthetisiert die zweite Polymerase diskontinuierlich, also Bruchstücke, die von der Ligase anschliessend zusammengefügt werden.

Was ist ein Operon und welche andere analoge Begriffe werden noch für welche wichtigen Konzepte verwendet?

Welche wichtige Grosskonzepte stecken hinter diesen Begriffen?

Ein Operon ist ein DNA-Stück, das von einem einzigen Operator kontrolliert wird. Alle in diesem Operon codierten Gene werden also gleichzeitig transkribiert und die codierten Proteine synthetisiert. Entsprechend gibt es Regulons, DNA-Stücke, die aus mehreren Operons bestehen, und von einem einzigen Regulator reguliert werden. Mit dem Regulon-Begriff hängt das Konzept der Zweikomponenten-Regulationssysteme zusammen.

Was ist ein Sigma-Faktor und wozu wird er benötigt?

Sigma-Faktoren werden zur Initiation von DNA-Transkription in Prokaryoten benötigt, weil die RNA-Polymerase den Promotor für die Transkription nicht selbständig erkennen kann. Nach Beginn der Transkription wird der Sigma-Faktor wieder freigesetzt.

Welche RNA-Typen gibt es in Prokaryoten? Wozu werden die verschiedenen RNA-Typen gebraucht? Und welche Proteine werden zusätzlich zur Translation gebraucht?

Es gibt mRNA, t-RNA, und rRNA.

mRNA dient als Matrize für die Proteinsynthese, bzw. die Translation. t-RNA transportiert dabei die Aminosäuren vom Protein Aminoacyl-tRNA-Synthetase zum Ribosom wo die Polypeptidkette aus den Aminosäuren anhand der mRNA-Matrize synthetisiert wird.

Bei der Proteinsynthese wird im wesentlichen der genetische Code der mRNA in die richtige Polypeptidkette der Enzyme übersetzt. Welche Regulationsmöglichkeit bietet sich damit für die Zelle? Welche andere Enzymregulationsmöglichkeiten hat die Zelle sonst noch?

Die Zelle kann die Aktivität der Enzyme auf verschiedene Weise regulieren:

- Inhibitorische oder aktivierende Beeinflussung der Proteinstruktur (competitiv oder allosterisch)
- Verhinderung der Translation von mRNA und damit der Proteinsynthese mit Tetracyclinen, Aminoglycosiden, Chloramphenicolen.
- Verhinderung der Transkription von DNA zu mRNA (negative oder positive Kontrolle)

Wie funktioniert negative Kontrolle der Transkription von DNA?

Unter negativer Kontrolle der Transkription versteht man Induktion und Repression.

**Repression:** Enzyme zur Synthese spezifischer Produkte werden nicht synthetisiert wenn diese im Nährmedium bereits vorhanden sind. Dabei bindet das Produkt als Corepressor dessen Synthese vom entsprechenden Enzym katalysiert würde, an den Repressor, der damit an den Operator des enzymcodierenden Operons binden kann und somit die weitere Synthese des katalysierenden Enzyms verhindert. Bsp.: die Hemmung der Argininsynthese durch Arginin, das bereits im Medium vorhanden ist, und daher nicht von der Zelle synthetisiert werden muss.

**Induktion:** Der Repressor ist bei Abwesenheit des abzubauenen Stoffs aktiv und blockiert die Transkription des enzymcodierenden Operons. Wenn aber der abzubauenen Stoff vorhanden ist, bindet er sich als Induktor an den Repressor und inaktiviert in, wodurch die Transkription initiiert wird. Bsp. Induktion der Synthese von - Galactosidase zum Abbau von Lactose.

Wie funktioniert positive Kontrolle der DNA-Transkription?

In gewissen Fällen kann die RNA-Polymerase den Promotor nicht erkennen, und braucht dazu einen Aktivator, der seinerseits einen Induktor benötigt, um an die RNA-Polymerase zu binden.

Bsp. Maltose bindet an den Maltoseaktivator um die Transkription des Regulons, das die Operons für die Enzyme zur Maltoseverwertung beinhaltet, zu ermöglichen.

Was versteht man unter globaler Kontrolle und der Katabolitrepression?

Wenn ein Organismus als Antwort auf eine Veränderung seiner Umwelt viele verschiedene Gene gleichzeitig regulieren muss, wird von globaler Kontrolle gesprochen.

Katabolitrepession bezweckt, dass leicht katabolisierbare Quellen zuerst abgebaut werden, so dass z. B. Lactose erst abgebaut wird, wenn keine Glucose mehr vorhanden ist. (Diauxie)

Dabei wird die Bindung von RNA-Polymerase an die DNA und damit die Synthese von  $\beta$ -Galactosidase solange verhindert, bis das Katabolit-Aktivator-Protein (CAP) an die DNA gebunden hat. Dazu ist aber die allosterische Aktivierung des CAP's durch cAMP, dessen Synthese von Glucose gehemmt wird, nötig.

Was ist ein Zweikomponenten-Regulationssystem, und wie funktioniert es?

Zweikomponenten-Regulationssysteme werden zur Regulation des Stoffwechsels aufgrund von Änderungen in der Umgebung benötigt. Dazu befindet sich in der Zellmembran ein Protein (die Sensorkinase), an das extrazelluläre Moleküle binden, wodurch die Sensorkinase sich selbst phosphoryliert und diese Phosphatgruppe an ein Responsregulatorprotein weitergibt, welches an den Operator bindet, und damit den Start der RNA-Polymerase ermöglicht. Zusätzlich wird eine Phosphatase benötigt, um die Phosphorylierung des Responseregulatorproteins wieder rückgängig zu machen, und damit die Transkription zu stoppen.

Was ist eine Mutation und welche Formen sind bekannt?

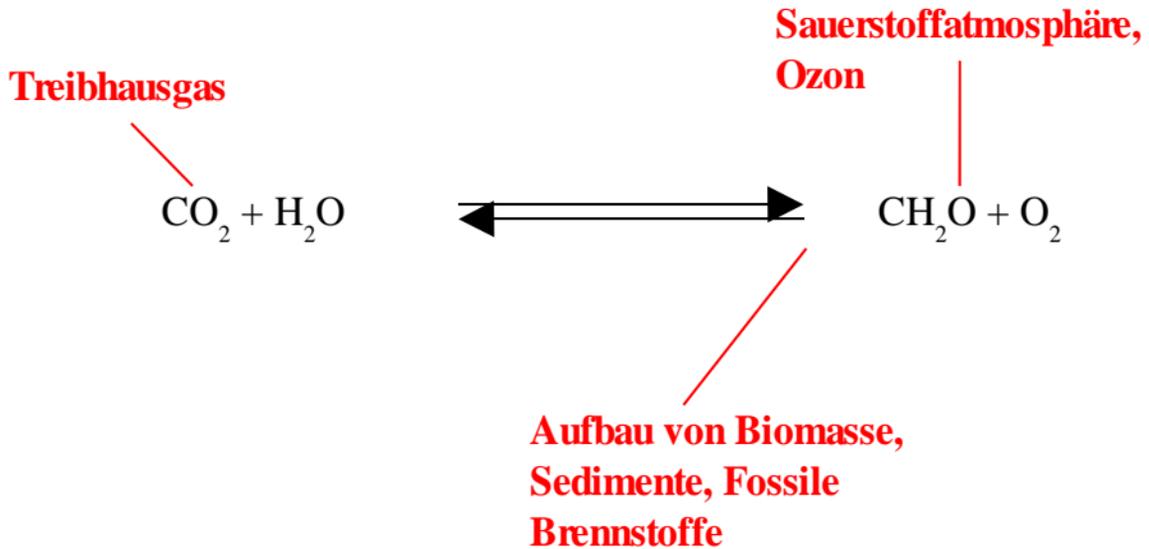
Mutationen sind Veränderungen im genetischen Code von Zellen. Es gibt folgende Formen:

- Punktmutation:
  - Substitution einzelner oder weniger Basenpaare
  - Insertion (einfügen) einzelner oder weniger Basenpaare
  - Deletion (löschen) einzelner oder weniger Basenpaare
- Deletion ganzer DNA-Sequenzen
- Insertion ganzer DNA-Sequenzen
- Inversionen (Umkehrung ganzer DNA-Sequenzen)
- Reversionen (Rückmutationen)

Mutationen sind in der Natur relativ selten ( $1:10^{-6}$ ). Wodurch können Mutationen häufiger auftreten?

- chemische Mutagene
- Strahlung
- Mutationen durch DNA-Reperatur
- Transposonmutagene

Wie lautet die grundlegende Reaktionsgleichung für die Reaktion, wo organischer Kohlenstoff aerob gebildet oder abgebaut wird? Welche weitere Bedeutung für das Ökosystem Erde haben dabei die einzelnen Komponenten?

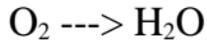


Welche Stoffe können als alternative terminale Elektronenakzeptoren eingesetzt werden, wenn kein Sauerstoff vorhanden ist, und in welcher Reihenfolge tun sie dies?

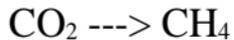
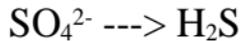
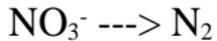
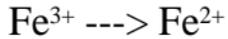
Standardoxidationsreaktion:



Standardreduktionsreaktion:



Alternative Reduktionsreaktionen:

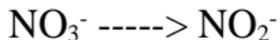
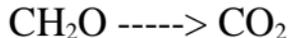


In welcher Form ist organischer Kohlenstoff hauptsächlich gespeichert?  
Warum spielen tropische Regenwälder keine grosse Rolle für CO<sub>2</sub>-  
Reduktion?

Organischer Kohlenstoff ist hauptsächlich in Form der fossilen Brennstoffe gespeichert (99.95%). In tropischen Regenwäldern wird zwar viel CO<sub>2</sub> in Organischen Kohlenstoff umgewandelt, aber gleichzeitig wird es bei der Vermoderung des Holzes wieder frei.

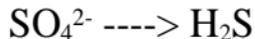
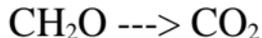
Wenn  $\text{NO}_3^-$  anstelle von  $\text{O}_2$  als terminaler Elektronenakzeptor dient (Nitratreduktion), liefert die Halbreaktion  $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$  ein positives Elektrodenpotential und damit eine negative Gibbsenergie. Wie sieht die entsprechende Energiebilanz bei Sulfatreduktion aus, und wieso kann die Reaktion trotzdem ablaufen?

Nitratreduktion:

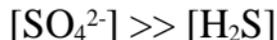


$$E_0 > 0 \text{ --> } G^0 = -nFE_0 < 0$$

Sulfatreduktion:



$$E_0 < 0 \text{ --> } G^0 = -nFE_0 > 0$$



$$G = G^0 + RT \ln([\text{H}_2\text{S}]/[\text{SO}_4^{2-}])$$

$$\text{mit } [\text{SO}_4^{2-}] \gg [\text{H}_2\text{S}] \text{ --> } RT \cdot \ln([\text{H}_2\text{S}]/$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]) < G^0$$

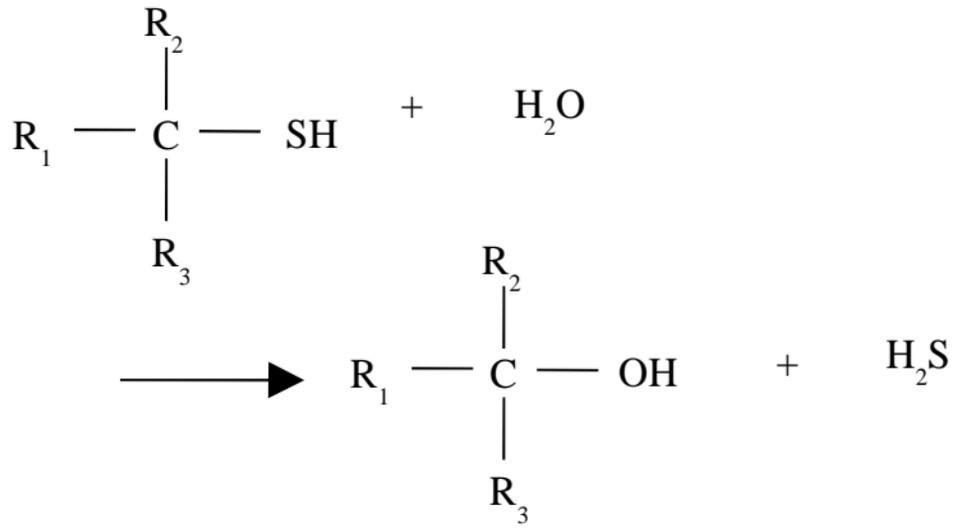
---->  $G < 0$  ==> Reaktion läuft ab!

Zeichne den Schwefelkreislauf mit den folgenden signifikanten Oxidationszuständen: +6, 0, -2 und allen wichtigen Reaktionen (12 Reaktionen total).

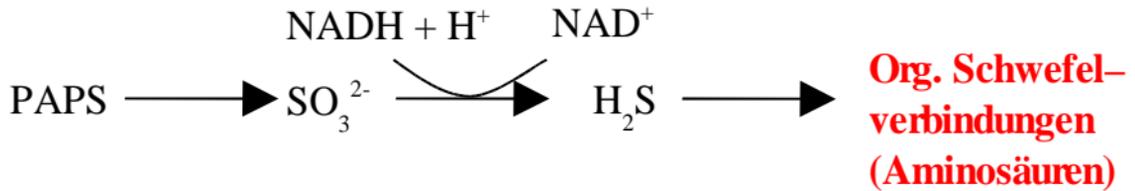
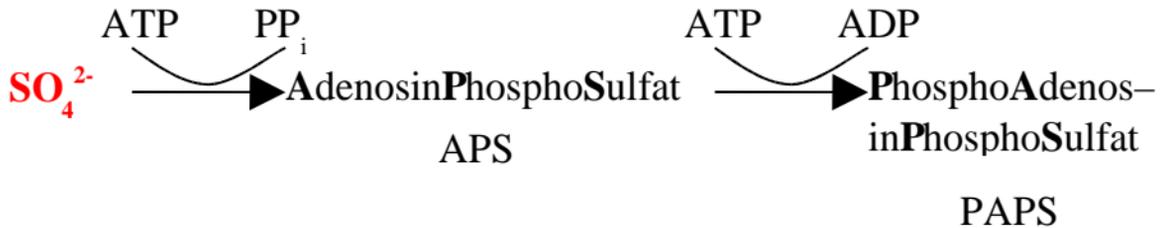


Formuliere die Reaktion für Desulfurylierung.

# Fäulnisprozess: Desulfurylierung

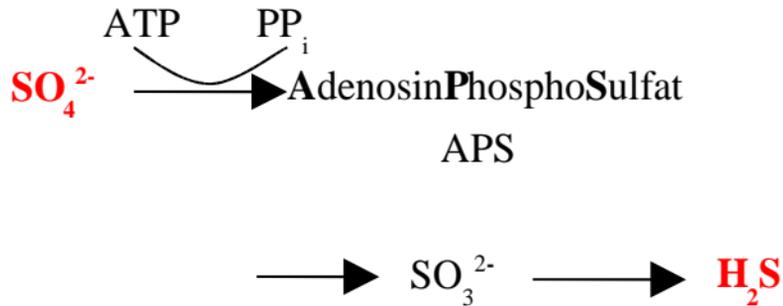


Formuliere die Reaktion für Sulfatassimilation.

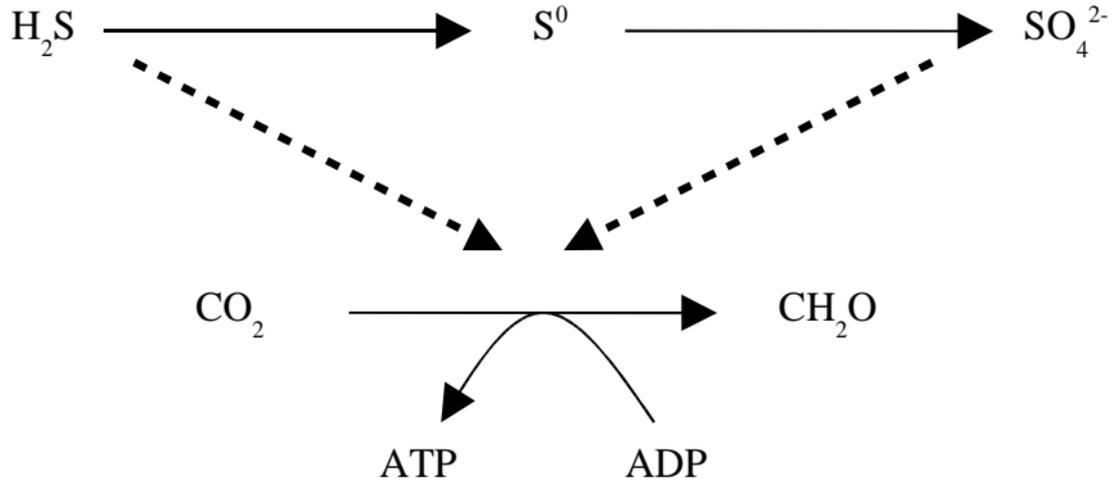


Formuliere die Reaktion für anaerobe Sulfat-Respiration.

Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dient anstelle von  $\text{O}_2$  als terminaler Elektronenakzeptor:



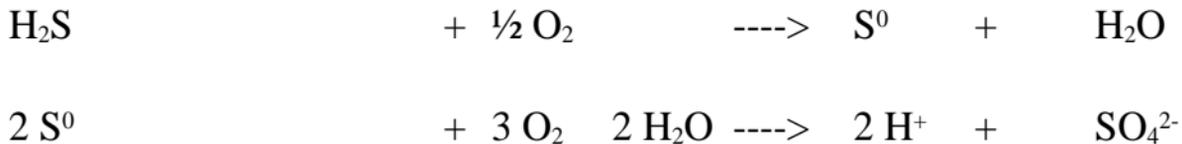
Formuliere die Reaktion für anoxygene Photosynthese mit Schwefelwasserstoff als Elektronendonator. Wo findet diese Reaktion statt?



Die Reaktion wird unter der Sprungschicht von Seen durch rote und grüne Schwefelbakterien durchgeführt (Sauerstoff nimmt stark ab, Licht ist aber noch vorhanden).

Formuliere die Reaktionsgleichung für die Oxidation anorganischer Schwefelverbindungen. Wie können dabei Schwefelverbindungen wie  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  und elementarer Schwefel in die Reaktion eingebunden werden?

Die Reaktion findet in zwei Schritten statt: Oxidation zu elementarem Schwefel, und Oxidation zu Sulfat.



Verbindungen wie  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  und elementarer Schwefel werden dabei eingebunden, indem sie ihre Elektronen an spätere Cytochrome abgeben.

Zeichne den Stickstoffkreislauf mit den folgenden signifikanten Stickstoffverbindungen:  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}/\text{N}_2\text{O}$ ;  $\text{NH}_2$ ;  $\text{NH}_3$ ;  $\text{N}_2$ ; und allen wichtigen Reaktionen (13 Reaktionen total)

## Stickstoffkreislauf:

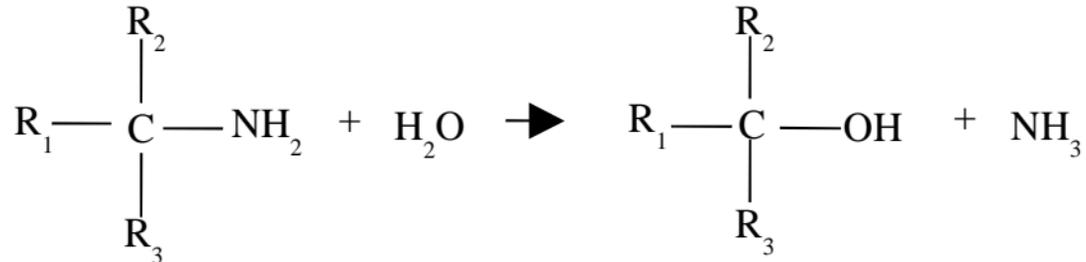
Wie wird Stickstoff in Organisches Material eingebunden? Unter welchen Bedingungen finden diese Reaktionen statt?

- Assimilation aus  $\text{NO}_3^-$  (nur aerob)
- Assimilation aus  $\text{NH}_3$  (sowohl aerob als auch anaerob)

Was ist Ammonifikation und unter welchen Bedingungen findet diese Reaktion statt?

Ammonifikation ist die Desaminierung (Abbau) organischer Stickstoffverbindungen zu Ammoniak:

Die Reaktion findet sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen statt.

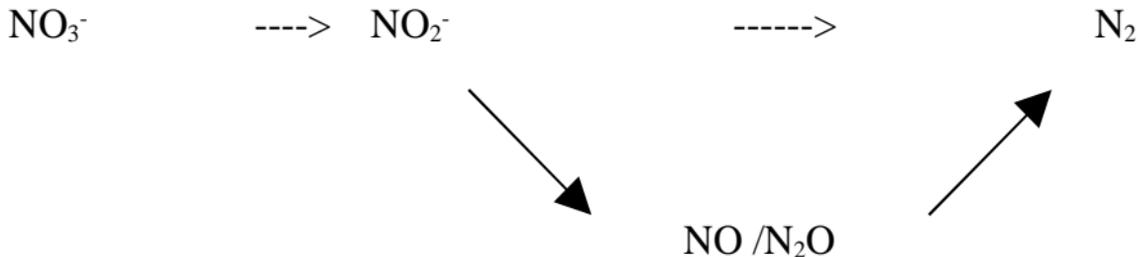


Formuliere die Reaktion für Nitrifikation und Denitrifikation. Unter welchen Bedingungen finden sie statt?

Nitrifikation findet nur unter aeroben Bedingungen statt:



Denitrifikation dagegen (ab  $\text{NO}_2^-$ ) nur in anaeroben Bedingungen:



Bei der Denitrifikation wird für die Organismen verfügbares Nitrat zu Nitrit und schliesslich zu elementarem Stickstoff reduziert. Worin besteht die Bedeutung dieses Vorgangs, und für wen ist sie ein positiver Effekt, für wen hingegen ein negativer? Welche Organismen verhindern ein Zusammenbruch des Systems durch den negativen Effekt?

Wenn für die Pflanzen verfügbares Nitrat zu Nitrit und schliesslich zu elementarem (gasförmigem !!) Stickstoff reduziert wird, kann dieser in die Atmosphäre entweichen und ist zudem chemisch inert. Für die Landwirtschaft bedeutet dies den Verlust des für das Pflanzenwachstum wichtigen Stickstoffs. (N ist in sowohl in den Aminosäuren als auch in den Nukleinsäuren vertreten und wird darum in grossen Mengen für den anabolischen Stoffwechsel benötigt)

Für die Abwasserreinigung ist der Denitrifikationsprozess hingegen hilfreich, weil sie die Menge an verfügbarem Stickstoff im Wasser, der das Algenwachstum stimuliert, herabsetzt.

Von Knöllchenbakterien bei Fabaceae kann elementarer Stickstoff der in der Luft reichlich (79%) vorhanden ist, fixiert werden. Dies ist ein hoch endogener Prozess, der nur von wenigen Organismen durchgeführt werden kann. Die Reaktion läuft nur anaerob ab, kann aber auch in sonst aeroben Organismen durchgeführt werden, die dann aber Leghämoglobin zum Ausschluss von nitrogenase-deaktivierendem Sauerstoff benötigen.

Vergleiche die Zyklen der drei wichtigsten Makronährstoffe:

	Kohlenstoff	Stickstoff	Schwefel	Energie
Degradation				
Assimilation				
Ox. von niedermolekulare n Verbindungen				
Anaerobe Respiration				

	<b>Kohlenstoff</b>	<b>Stickstoff</b>	<b>Schwefel</b>	<b>Energie</b>
<b>Degradation</b>	$R-COO^- + H_2O \rightleftharpoons R-OH + HCO_3^-$ (=CO <sub>2</sub> )	$R-NH_2 + H_2O \rightleftharpoons R-OH + NH_3$  Desaminierung	$R-SH + H_2O \rightleftharpoons R-OH + H_2S$  Desulfurylierung	Fäulnisprozesse; Energieneutral, Gase gehen dem System „verloren“
<b>Assimilation</b>	$CO_2 \rightarrow CH_2O$  Photosynthese/ CO <sub>2</sub> Fixierung	$NO_3^- \rightarrow NH_3 \rightleftharpoons R-NH_2$  Nitratassimilation	$SO_4^{2-} \rightarrow HS^- \rightleftharpoons R-SH$  Sulfatassimilation	Energie-Input: ATP $\rightleftharpoons$ ADP $\rightleftharpoons$ AMP NADH+H <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ NAD <sup>+</sup> NADPH+H <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ NADP <sup>+</sup>
<b>Oxidation nieder-molekularer Verbindungen</b>	$CH_4 / CH_3OH \rightleftharpoons CO_2$  Methylotrophie	$NH_4^+ \rightleftharpoons NO_2^- \rightleftharpoons NO_3^-$  Nitrifikation	$H_2S / S^0 \rightleftharpoons SO_4^{2-}$  Schwefeloxidation	Energiegewinn (Oxidation des C,N,S)
<b>Anaerobe Respiration</b>	$CO_2 \rightleftharpoons CH_4$ Methanogenese	$NO_2^- \rightleftharpoons N_2$ Denitrifikation, Nitratatmung	$SO_4^{2-} \rightleftharpoons H_2S$ Sulfatatmung	Energiegewinn (alternativer e-Akzeptor)

Weshalb eignet sich die ribosomale RNA besonders gut zur Analyse der phylogenetischen Beziehungen bei Prokaryoten?

16S-rRNA ist ein sehr guter phylogenetischer Chronometer, da:

1. rRNAs sind uralte Moleküle, die funktionell stabil sind, universell vorkommen und ziemlich gut über weite phylogenetische Abstände erhalten sind.
2. Das rRNA ist ein relativ grosse Molekül. Die Grösse erlaubt die Bildung vieler verschiedener Sequenzen. Eine Ähnlichkeit zweier Sequenzen deutet somit auf eine gewisse phylogenetische Ähnlichkeit hin.
3. Konservierte rRNA-Sequenzen einer Bakterientaxa erlauben mittels Primers die spezifische Amplifikation aus einem Gemisch von Zellen.  
(S.483)

Nenne drei wichtige Parameter um den bakteriellen Wachstum zu beschreiben?

1.

$$\text{Ausbeutekoeffizient (Wachstumsfaktor)} = \frac{\text{Gebildete Trockenbiomasse}}{\text{Konsumiertes Element}}$$

2. Maximale spezifische Wachstumsrate  $u_{\max}$  (pro Zeit), eine Organismenkonstante bei gegebenen Umweltbedingungen
3. Monod Affinitätskonstante  $K_s$ , eine Substratsättigungskonstante für einen bestimmten Stoff.

Berechne die Generationszeit, die Wachstumsgeschwindigkeit und die spezifische Wachstumsrate.

1. Generationszeit:  $g = \frac{t}{n}$  mit t: gemessene Zeit, n: Anzahl

Generationen

Rechnerisch: t ablesen,  $n = 3.3 [\log N_t - \log N_0]$  mit  $N_t$ : Zellzahl nach t,  $N_0$ : Anfangszellzahl, n: Anzahl Generationen zwischen  $N_0$  und  $N_t$

Graphisch: Im  $\log(\text{Zellenanzahl})$  zu Zeit – Diagramm ist die Steigung der Geraden wichtig, denn die Generationszeit ist:  $g = \frac{0.301}{\text{Steigung}}$

2. Wachstumsgeschwindigkeit:  $k = \frac{\ln 2}{g}$

3. Spezifische Wachstumsrate:  $= \frac{\mu_{\max} s}{K_s + s}$  mit s:

Stoffkonzentration im Substrats,  $K_s$ : Monod Affinitätskonstante

Sind die Elektronenakzeptoren einen Teil der bakteriellen Biomasse?

Nein, ein oxidierte Elektronenakzeptor wird von der Zelle aufgenommen, reduziert (Energiegewinnung) und dann ausgeschieden. Die organischen und anorganischen Kohlenstoffverbindungen werden jedoch aufgenommen und zu einem Teil der Zellbiomasse.

Wieviel Kohlenstoff und Stickstoff muss ich zugeben um 4 g  
Trockenbiomasse zu erhalten? (Ausbeutekoeffizient: C=1, N=8)

$$\text{Ausbeutekoeffizient (Wachstumsfaktor)} = \frac{\text{Gebildete Trockenbiomasse}}{\text{Konsumiertes Element}}$$

Annahme: Zugegebenes Element = Konsumiertes Elementarem

$$\text{C zugegeben} = 4\text{g} / 1 = 4\text{g}$$

$$\text{N zugegeben} = 4\text{g} / 8 = 0.5\text{g}$$

(Skript Egli S.14)

Ein Medium enthält 0.21 g Stickstoff wieviel Kohlenstoff sollte zugegeben werden. (Wachstumsfaktoren: C = 1, N =8)

$$\begin{aligned} \text{Gebildete Trockenbiomasse} &= \text{Wachstumsfaktor} * \text{Konsumiertes N} \\ &= 8 * 0.21\text{g} = 1.7\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C zugegeben} &= \text{Konsumiertes C} = \frac{\text{Gebildete Trockenbiomasse}}{\text{Wachstumsfaktor}} \\ &= 1.7\text{g} / 1 = 1.7\text{g} \end{aligned}$$

Beschreiben Sie den Aufbau einer Gram-negativen und einer Gram-positiven Zellhülle.

### Gram-negative Zellhülle:

Von innen nach aussen der Zelle kommt zuerst die Cytoplasmamembran aus einer Phospholipiddoppelschicht, die mit Proteinen durchsetzt ist. Dann folgt eine dünne Peptidoglykanschicht, welche mit Lipoproteinen an die zweite, äusser Phospholipiddoppelschicht gebunden ist. Diese ist mit Proteinen und Porinen durchsetzt. Die äussere Lipidschicht enthält viele Lipopolisaccharide. (S.83)

### Gram-positive Zellhülle:

Zuerst Cytoplasmamembran mit Proteinen durchsetzt, die Membran ist über Lipoteichonsäuren mit der dicken Peptidoglykanschicht verbunden. Die Lipoteichonsäuren durchdringen die Peptidoglykanschicht vollständig. Gegen aussen der Zelle sind an der Peptidoglykanschicht Proteine und Teichonsäuren angebracht. (S.80)

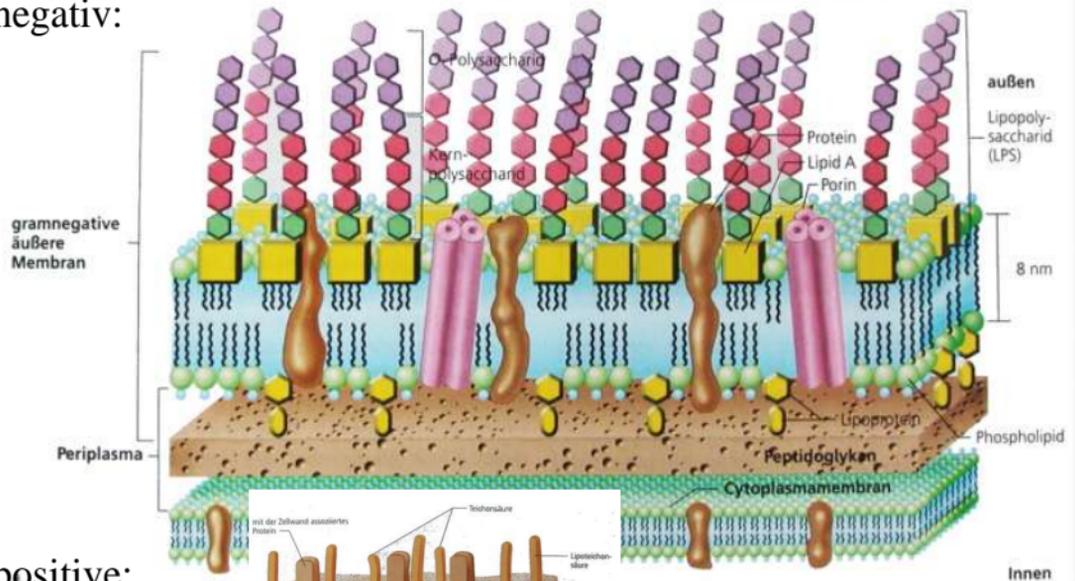
Gegeben sind folgende wachstumskinetische Parameter: maximale spezifische Wachstumsrate = 0.92 pro Stunde, Monodaffinitätskonstante 400 ug Glucose pro Liter, Glucosekonzentration = 150 ug pro Liter  
Bestimme die spezifische Wachstumsrate.

Spezifische Wachstumsrate:  $u = u_{\max} \frac{s}{K_s + s}$  mit s: Stoffkonzentration  
im Substrats,  $K_s$  Mono Affinitätskonstante

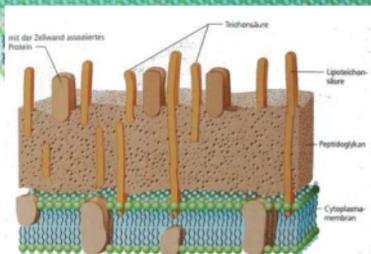
Spezifische Wachstumsrate: =  $0.92 * 150 / (400 + 150) = 0.25$  pro Stunde

Beschreiben Sie den Aufbau der Zellhülle Gram-negativer Bakterien. Fertigen Sie eine Skizze an und beschreiben Sie die Unterschiede zum Aufbau der Zellhülle Gram-positiver Bakterien (1 Punkt).

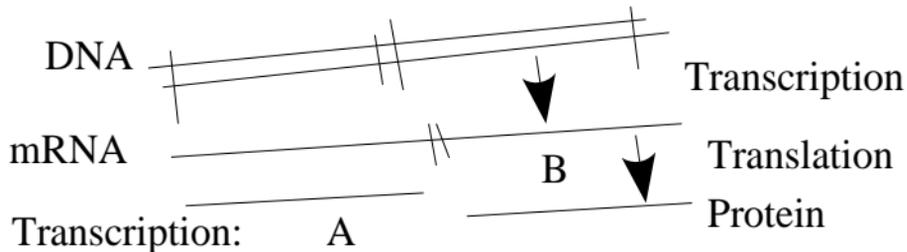
Gram negativ:



Gram positive:



Beschreiben Sie den Aufbau eines typischen bakteriellen Gens. Fertigen Sie hierzu eine Skizze an. Erklären Sie (in Stichworten) anhand dieser Skizze, wie Beginn und Ende von Transkription und Translation gesteuert werden. Warum können auf einer bakteriellen mRNA mehrere Proteine hintereinander kodiert sein? (2 Punkte).



Transcription: A

Beginn: Promotoren (spezifische DNA-Sequenzen an die sich RNA-Polymerasen binden)

Stopp: Stammschleife (Intrinsische Terminator),

Transcriptionsterminator (Rho-Protein) veranlasst RNA-Polymerase zu stoppen

### **Translation:**

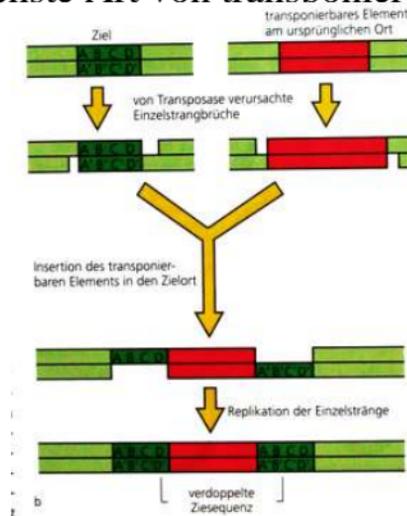
Startcodon (AUG), Stoppcodon (UAA, UAG, UGA)

DNA enthält keine Introns und ist Polycistronisch (mehrere Codierende Bereiche).

Beschreiben Sie den Aufbau eines Insertionselements/einer Insertionssequenz und fertigen Sie eine Skizze an. Nennen Sie seine 3 wichtigsten funktionellen Bereiche. (1 Punkt)

## Insertionselement (IS):

- Gen welches für ein Transposase codiert (diese Enzym verursacht Einzelstrangbrüche)
- IR: kurze Endständige umgekehrte Sequenzwiederholungen
- 1000 Nucleotide lang, einfachste Art von transponierbaren Elementen (codieren nur Transposase)



Prokaryoten enthalten neben der chromosomalen DNA häufig noch zusätzliche "mobile" genetische Elemente. Nennen Sie 3 solche Elemente und beschreiben Sie in Stichworten ihre Charakteristika. Nennen Sie Anwendungsbeispiele für diese genetischen Elemente in der Molekularbiologie.

(1 Punkt)

Plasmide:

Existieren und replizieren sich unabhängig vom Chromosom.

Z.B. Antibiotikaresistenz

Mitochondrien:

Enthalten respiratorische Enzyme (Energieerzeugung durch Atmung).

Z.B. ?

Chloroplasten:

Phototrophe ATP-Bildung.

Z.B. ?

Skizzieren Sie den Aufbau eines Plasmids für die Überexpression eines humanen Proteins in *Escherichia coli*. Was ist zu beachten? Nennen Sie die wichtigsten funktionellen Elemente dieses Expressionsvektors. (2 Punkte)

Kam nie vor ist ein ganzes Kapitel.

Prinzip: Wie kriege ich E. coli dazu z.B. Insulin zu produzieren.

Brock: Kaptiel 10, Seite 382ff

Der aerobe Abbau von Glucose in *Escherichia coli* liefert 2x mehr ATP als der anaerobe Abbau von Glucose.  
Richtig oder Falsch?

Falsch:

aerob: 38 ATP/Glucose

anaerobe: 2 ATP/Glucose

=> 19 mal mehr, also Falsch

Bei der anaeroben Fumarat-Atmung wird Fumarat zu Succinat oxidiert.  
Richtig oder Falsch?

Fumarat + 2 e<sup>-</sup> und 2 H<sup>+</sup> => Succinat (+0.03V)  
=> Falsch, da es reduziert wird.

Methan, Methanol und Methylamin sind typische Substrate, die von methylo-trophen Bakterien verwertet werden.

Richtig oder Falsch?

Richtig sind die drei wichtigsten Substrate.

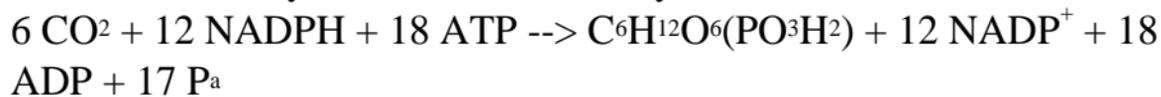
Während der Methanogenese werden für die Reduktion von 1 Mol  $\text{CO}_2$  insgesamt 4 Mol  $\text{H}_2$  benötigt.  
Richtig oder Falsch?

Falsch: 2Mol (1 H<sup>2</sup> und 2 H)  
S. 684 Abbildung 15.46

Weil Pflanzen und Cyanobakterien über zwei Lichtreaktionen verfügen, benötigen sie für die CO<sub>2</sub>-Fixierung im Calvin-Zyklus weniger ATP als die photosynthetischen Purpurbakterien, welche nur eine Lichtreaktion besitzen.

Richtig oder Falsch?

Falsch: Calvin-Zyklus beleibt Calvin-Zyklus:



Die Wasserstoff oxidierenden Bakterien (sog. „Knallgasbakterien“) sind chemolithoautotrophe Mikroorganismen.  
Richtig oder Falsch?

Fast alle Wasserstoffbakterien sind fakultativ chemolithoautotrophe =>  
Richtig

Die Bakteriorhodopsin-abhängige Lichtreaktion in Halobakterien dient nur zur Bildung von ATP, nicht aber zur Bildung von Reduktionsäquivalenten.  
Richtig oder Falsch?

„**Bakteriorhodopsin** ist eine lichtgetriebene Protonenpumpe. Das Protein ist ein Membranprotein. Lichteinwirkung führt zu einem Protonentransport über die Zellmembran, und dies zu einem Protonengradienten, der dann von dem Bakterium für energieverbrauchende Prozesse ausgenutzt werden kann.“

[http://www.biophysik.uni-freiburg.de/projekte/diplom\\_br.html](http://www.biophysik.uni-freiburg.de/projekte/diplom_br.html)

=> Richtig

Die Milchsäuregärung verläuft nach der folgenden einfachen Formel:



Richtig oder Falsch?

Richtig

Monooxygenasen sind wichtige Schlüsselenzyme für den aeroben Abbau von aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen.  
Richtig oder Falsch?

Wahrscheinlich Richtig  
Seite 703

Poly-Beta-hydroxybuttersäure ist ein Polymer, welches von manchen Bakterien als Kohlenstoffquelle verwertet werden kann.  
Richtig oder Falsch?

Ist ein Kohlenstoff-Energiespeicherpolymer  
=> Richtig

Erklären Sie das Prinzip der Atmung (Respiration mit O<sup>2</sup>) in Bakterien, so gut Sie können in der Sprache eines Biochemikers. (1 Punkt)

Prozess, bei dem eine Verbindung oxidiert wird und  $O_2$  als terminaler Elektronenakzeptor dient; meist wird er von ATP-Synthese durch oxidative Phosphorylierung begleitet.

Nennen Sie Unterschiede zwischen der Photosynthese der Purpurbakterien und der Photosynthese der Cyanobakterien? (1 Punkt)

Purpurbakterien:

Synthetisieren nur ATP, kein NADH oder NADPH

=> nicht autotroph

Cyanobakterien:

Können autotroph leben (normale Photosynthese).

Nennen Sie Fachausdrucke (jeweils nur 1 Wort), welche die folgenden Eigenschaften im Lebensstil gewisser Mikroorganismen prägnant bezeichnen (1 Punkt):

Die Fähigkeit zum Wachstum bei obligat sehr hohen Temperaturen ( $>90^{\circ}\text{C}$ ).

Hyperthermophil (mehr als 80°C)  
(Flasch: Thermophil zwischen 45°C bis 80°C)

Nennen Sie Fachausdrücke (jeweils nur 1 Wort), welche die folgenden Eigenschaften im Lebensstil gewisser Mikroorganismen prägnant bezeichnen (1 Punkt):

Die Fähigkeit zum Wachstum bei erhöhter Salzkonzentration, ohne jedoch von dieser obligat abhängig zu sein.

fakultativ Halophil

Nennen Sie Fachausdrucke (jeweils nur 1 Wort), welche die folgenden Eigenschaften im Lebensstil gewisser Mikroorganismen prägnant bezeichnen (1 Punkt):

Die Fähigkeit, Metalle aus sulfidischen Erzen herauszulösen.

? Ferrooxidans

Nennen Sie Fachausdrücke (jeweils nur 1 Wort), welche die folgenden Eigenschaften im Lebensstil gewisser Mikroorganismen prägnant bezeichnen (1 Punkt):

Die Fähigkeit, Nitrat oder Nitrit in atmosphärischen Stickstoff umzuwandeln.

# Denitrifikation

Nennen Sie Fachausdrücke (jeweils nur 1 Wort), welche die folgenden Eigenschaften im Lebensstil gewisser Mikroorganismen prägnant bezeichnen (1 Punkt):

Die absolute Abhängigkeit von höheren Kohlenstoffverbindungen für das Wachstum.

**(obligat) Chemoorganotroph**  
**(obligat) Photoheterotroph**

Nennen Sie eine Reihe von genetischen, biochemischen und phänotypischen Merkmalen, die sich für die Erstellung von Verwandtschaftsbeziehungen unter verschiedenen Prokaryoten eignen.  
(1 Punkt)

genetisch:

GC-Verhältnis

DNA Sequenzieren

biochemisch:

Metabolismus (Nährstoffe, Ausscheidungen)

C-Quelle (organisch, anorganisch)

Energiequelle (Photo-, Chemotroph)

phänotypisch:

Zellwand (Gram positiv, Gram negativ)

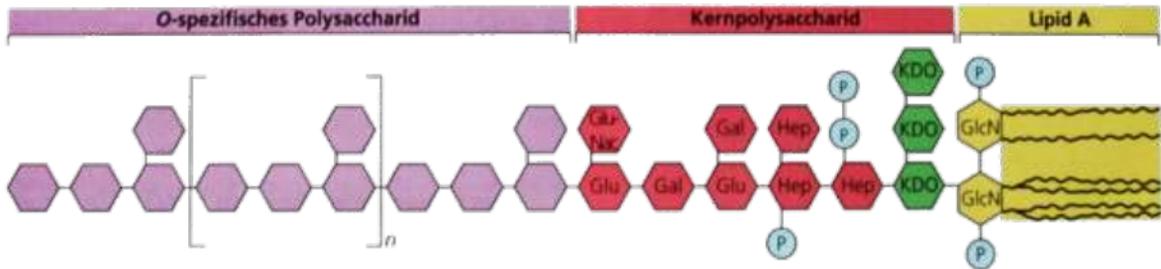
Morphologie (Kokke, Spirille, Stäbchen,...)

Sporenbilden (Ja, Nein)

Flagellen (peritrich, monopolar monotrich, monopolar polytrich)

Beschreiben Sie den Aufbau des Lipopolysaccharids (mit Skizze).  
Welche funktionellen Domänen weist es auf? Welche Domäne zeigt  
beim Vergleich verschiedener Bakterienstämme die höchste Variabilität?  
(1 Punkt)

Bei Gram negative Bakterien:



O-spezifisches Polysaccharid:  
höchste Variabilität

Kernpolysaccharid:  
Barrierefunktion für gewisse Antibiotika, Detergenzien

Lipid A:  
Endotoxin bei Pathogenen, variiert am wenigsten

Bakterienkulturen mit folgenden Wachstumsgeschwindigkeiten wurden gemessen:

10.00Uhr: 100 Bakterien/ml

11.00Uhr: 800 Bakterien/ml

12.00Uhr: 6400 Bakterien/ml

Berechne die Generationszeit.

Generationszeit:  $g = \frac{t}{n}$  mit  $t=2\text{h}$ ,  $n = 3.3$  [ $\log 6400 - \log 100$ ] = 6

$$g = \frac{2\text{h}}{6} = 0.33\text{h} = 20\text{min}$$

Richtig oder falsch, Begründung::

1. Mikroaerophile wachsen bei atmosphärischem Sauerstoffdruck besonders gut.
2. Autotrophe Bakterien können selbst dann wachsen, wenn nur Kohlendioxyd als Kohlenstoffquelle zur Verfügung steht.
3. Obligat Anaerobe besitzen im allgemeinen eine Superoxid Dismutase, um toxische Sauerstoffverbindungen abzubauen.
4. Psychrophile Bakterien können bei 8°C wachsen.
5. Unter der homoviskosen Adaption versteht man die Anpassungen der Membranfluidität an veränderte Umgebungstemperaturen.

1. falsch, Mikroaerophile wachsen nur wenn  $pO_2 < p_{Luft}$
2. richtig, Autotrophe wachsen mit  $CO_2$  als einziger C-Quelle
3. falsch, da sie keine Superoxid-Dismutase besitzen ist Sauerstoff für sie schädlich deshalb leben sie unter anaeroben Bedingungen und darum heissen sie obligat Anaerobe  
Obligat Aerobe besitzen jedoch im allgemeinen eine Superoxid-Dismutase ( $O_2^- + O_2^- \rightarrow H_2O_2 + O_2$ ) und auch eine Katalase ( $H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ )
4. ja, Psychrophile leben bei den für Bakterien kältest möglichen Temperaturen (Temperaturminimum:  $0^\circ C$ , Optimum:  $15^\circ C$ , Maximum:  $20^\circ C$ )
5. falsch(unsicher), jedenfalls folgende molekulare Schutzmechanismen:  
tiefe Temp: Einbau von alpha-helixalen Proteinen und unges. FS  
hohe Temp: Einbau gesättigter Fettsäuren

Was versteht man unter Chemolithoautotrophie? Erklären sie dessen Prinzip anhand eines von ihnen selbst gewählten Beispiels.

Chemolithoautotrophie: Chemische anorganische Verbindungen werden als Energiequelle benutzt, C-Quelle ist  $\text{CO}_2$  (S.641)

Beispiele: Nitrifikation(Nitrosomonas, Nitrobacter) bzw.

Schwefeloxidation (Thiobacillus) betreibende Bakterien

zB Nitrosomonas gewinnt Energie aus dem Abbau des anorganischen  $\text{NH}_3$  zu  $\text{NO}_2^-$  (1.Stufe der Nitrifikation)

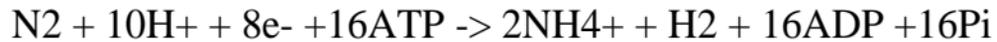
## C-,N-,S-Kreislauf:

1. Konzeptionell ähnlich  $\text{NH}_4^+$  Oxidation, jedoch im N-Kreislauf
2. Konzeptionell ähnlich der Sulfat-Atmung, jedoch im S-Kreislauf
3. Konzeptionell ähnlich der  $\text{CO}_2$ -Fixierung, jedoch im S-Kreislauf
4. Konzeptionell ähnlich der Methanogenese
5. Konzeptionell ähnlich der Nitrifikation
6. Konzeptionell ähnlich der  $\text{H}_2\text{S}$  Oxidation im N-Kreislauf
7. Konzeptionell ähnlich der Nitratatmung im S-Kreislauf

1.  $\text{NH}_4^+$  Oxidation passiert in der Nitrifikation, also ähnlich Schwefeloxidation
2. Denitrifikation
3. Sulfatassimilation
4. Denitrifikation und Sulfatatmung
5. Methylothropie und Schwefeloxidation
6. Nitrifikation
7. Sulfatatmung

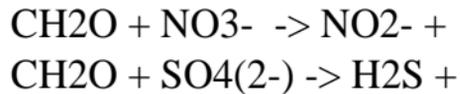
Erstellen sie eine stöchiometrische Reaktionsgleichung für die biologische N-Fixierung, mit Angabe der benötigten Menge ATP.

Stickstoff-Fixierung:



Was ist für die Mikroorganismen beim Abbau von Biomasse ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) energetisch „lukrativer“; ein Einsatz von Nitrat oder ein Einsatz von Sulfat als Oxidationsmittel? Wie lauten die entsprechenden Reaktionsgleichungen?

Nitrat hat ein positiveres Reduktionspotential als Sulfat. Nitrat ist folglich ein besserer terminaler e-Akzeptor als Sulfat und setzt somit mehr Energie frei.



Worin besteht der Unterschied zwischen einer Gärung und einer Atmung?

Energiegewinnung mittels ATP-Synthase geht über Substratkettenphosphorylierung (Gärung) bzw. die oxidative Phosphorylierung (Atmung).

**Atmung:** Prozess bei dem eine Verbindung oxidiert wird bis zum terminalen e-Akzeptor (O<sub>2</sub> oder Ersatz), meist ATP-Synthase durch oxidative Phosphorylierung

**Gärung (Fermentation):** Anaerober Katabolismus einer organischen Verbindung in dem die Verbindung sowohl als Elektronendonator als auch als Elektronenakzeptor dient, ATP-Synthase durch Substratkettenphosphorylierung

Methan kann von den methanotrophen Mikroorganismen mittels Sauerstoff oxidiert werden; gibt es auch einen anaeroben Abbau von Methan?

Nach meinem momentanen Wissensstand nicht.