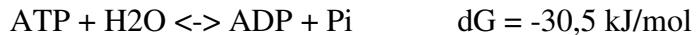


Was ist ATP ? Was ist ATP nicht?

1. ATP ist die universelle Energiewährung in biologischen Systemen
ATP ist ein wichtiger Donor für freie Enthalpie d.h. sein ΔG ist sehr klein d.h. es wird viel Energie freigesetzt wenn ATP gespalten wird. Deshalb ist ATP sehr gut geeignet um thermodynamisch ungünstige Reaktionen anzutreiben.
2. Jedoch ist ATP kein guter Energiespeicher. z.B. bei körperlichen Anstrengungen wird das gesamte ATP im menschlichen Körper (ca 100g) in wenigen Sekunden verbraucht. Das ATP wird unmittelbar erzeugt und wieder verbraucht (täglicher Umsatz eines ruhenden Menschen: ca 40 kg)

Wie lauten die Reaktionsgleichungen für die Hydrolyse von ATP zu ADP und von ATP direkt zu AMP? Gib die freien Enthalpien der Reaktionen an.



Wie wird das lebenswichtige ATP regeneriert?

Durch die Oxidation von Kohlenstoffverbindungen

(z.B. Methan - Ox.zahl: -4 somit eine energiereiche Verbindung - wird im Verlauf der Energiegewinnung zu CO_2 - Ox.zahl: +4 also energiearm d.h.. je reduzierter eine Verbindung ist (negativere Ox.zahl) desto energiereicher ist die Verbindung für eine Oxidation)

oder durch die Photosynthese

(Licht liefert direkt Elektronen mit hoher Energie d.h.. Elektronen welche in einer weit entfernten e-Schale liegen und zurückfallen möchten. Dies dürfen die Elektronen über die Elektronentransportkette)

Was ermöglicht die Hydrolyse von ATP zu ADP in einer Zelle?

1. Bewegung
2. Aktiver Transport
3. Biosynthese
4. Signalverstärkung

Nenne die zwei wichtigsten Brennstoffe und zeichne ihre chemischen Strukturen?

Fettsäuren und Glucosen (Skript S 12)

Nenne wichtige Formen zellulärer Energie?

Reduktionsäquivalente (NADH und FAd.h.2), der Protonengradient, ATP

Wie ist ATP und NADH aufgebaut? In welchen Reaktionen sind diese beiden Moleküle wichtig?

ATP: Adenosin(Adenin + Ribose) triphosphat besteht aus Adenin welches an das C1 einer Ribose gebunden ist, wobei die Ribose ebenfalls über das C4 an eine Triphosphateinheit gebunden ist. (S.411)

ATP ist ein aktivierter (exergonischer) Phosphorylcarrier (Pi), der wichtig ist um ansonsten endergonische Reaktionen anzutreiben.

NAD(H): Nicotinamid-nucleotid besteht aus einer Diphosphateinheit die an einem Ende mit einer Ribose verbunden ist, welche wiederum an ein Adenin gebunden ist. Das andere Ende der Diphosphateinheit ist mit einer Ribose verbunden, die mit einem Nicotinamid verbunden ist. (S.419,S.754).

NADH ist ein wichtiger Elektronencarrier bei der Oxidation von Brennstoffen.

Nenne wichtige sich wiederholende Muster des Metabolismus einer Zelle und gib Beispiele an.

A: Carrier von Elektronen bzw. Phosphaten

NADH und ATP

B: Schlüsselreaktionen

1. Redoxreaktionen d.h. Elektronenübertragungen. z.B. NADH zu O_2
2. Ligationsreaktionen d.h. die Bildung einer kovalenten Bindung, welche vielfach mit der ATP-Spaltung gekoppelt ist .z.B. Pyruvat zu Oxaacetat
3. Isomerisierungsreaktionen d.h. Atome werden zu ihren Isomeren umgeordnet. z.B. Citrat zu Isozitat
4. Gruppentransferreaktionen d.h. die Übertragung einer funktionellen Gruppe von einem Molekül auf ein anderes. z.B. P_i von ATP auf Glucose
5. Hydrolysereaktionen d.h. eine Bindung wird gespaltet durch die Addition von Wasser. z.B. die Spaltung einer Peptidbindung
6. Lyasereaktionen d.h. die Additionen und Abspaltungen von funktionellen Gruppen z.B. die Aldolasereaktion

Zeichne schematisch die wichtigsten Stufen des Katabolismus?

(Skript S.13)

Beantworte folgende zentrale Fragen der Biochemie:

1. Auf welche Weise gewinnen Zellen aus ihrer Umgebung Energie und Reduktionsäquivalente?
2. Wie synthetisieren Zellen ihre benötigten Makromoleküle und die Bausteine für ihre Makromoleküle?

1. Energiegewinnung direkt mittels Photosynthese oder über Reduktionsäquivalente mittels der Oxidation von Kohlenstoffverbindungen (Glykolyse, Citratzyklus, Oxidative Phosphorylierung)
2. Baumaterialgewinnung durch Anabolismus z.B. der Fettsäuresynthese

Welche vier Prozesse ermöglichen die Regulation von Stoffwechselvorgängen?

Regulation von Stoffwechselvorgängen:

1. Die Kontrolle der Enzymmenge durch die Änderung der Transkriptionsrate.
2. Die Kontrolle der Enzymaktivität durch allosterische Kontrolle und die Rückkoppelungshemmung.
 1. Die Kontrolle der Verfügbarkeit von Substraten durch Grenzen von Zellkompartimenten und konkurrierende Reaktionen
 2. Die Kontrolle der Energieladung, durch hohe ATP-Konzentrationen wird z.B. die Reaktionsgeschwindigkeit von ATP erzeugenden Stoffwechselwegen gehemmt.

Zeichne je einen Vertreter aus den folgenden Aminosäuregruppen:
unpolar, polar, basisch, sauer, aromatisch.

Grundstruktur:

<i>unpolar</i>	<i>polar</i>	<i>basisch</i>	<i>sauer</i>	<i>aromatisch</i>
Glycin Alanin Valin Leucin Isoleucin Methionin	Serin Threonin Aspargin Glutamin Cystein Selenocystein	Lysin Arginin Histidin	Aspartat Glutamat	Phenylalanin Tyrosin Trypthoan

(Strukturen siehe Mikrobiologie Buch S.46)

Zeichne die allgemeine Struktur eines Zuckers und die der Glucose.

Allgemeine Struktur (Fischerprojektion):

Glucose:

Zeichne schematisch die Schritte der Glykolyse. Die Namen aller Intermediärprodukte sind anzugeben. Gib die Orte des Energieverbrauchs und Energiegewinns an.

3 Stufen der Glykolyse:

1. Glucose wird eingefangen und destabilisiert.
2. Spaltung der C6-Fructose zu zwei C3-Molekülen, die ineinander umwandelbar sind.
3. ATP wird erzeugt und Pyruvat abgegeben.

Zeichne schematisch die Schritte der Glykolyse. Die Strukturformeln aller Intermediärprodukte sind anzugeben. Gib die Orte des Energieverbrauchs und Energiegewinns an.

3 Stufen der Glykolyse

Was passiert in den drei Stufen der Glykolyse?

Drei Stufen der Glykolyse:

1. Glucose wird eingefangen und destabilisiert.
2. Spaltung der C6-Fructose zu zwei C3-Molekülen, die ineinander umwandelbar sind.
3. ATP wird erzeugt und Pyruvat abgegeben.

Was bedeutet der Begriff: “induced fit”? Erkläre anhand eines Beispiels

Induced fit ist der Prozess der substratinduzierten Schliessung der Spalte einer Kinase.

Beispiel: Das Enzym Hexokinase

Die Hexokinase wandelt Glucose in Glucose-6-phosphat um. Sie funktioniert nach dem induced fit Prinzip d.h. bei der Bindung der Hexokinase an die Glucose verändert die Hexokinase ihre Konformation beträchtlich und umschliesst das Substrat Glucose. Die Umgebung der Glucose wird durch die Umschliessung unpolarer (einfachere Reaktion) und frei von Wasser (wäre Wasser vorhanden würde es der Glucose sofort die Elektronen entreissen).

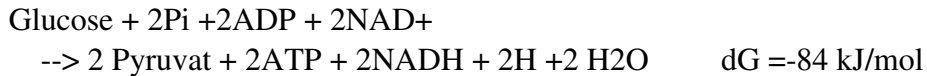
Was ist eine allgemeine wichtige Eigenschaft einer Kinase?

Induced fit d.h. die substratinduzierte Schliessung einer Spalte der Kinase.

Gib ein Beispiel für ein kinetisch perfektes Enzym. Nenne eine wichtige Eigenschaft eines solchen Enzyms.

TIM welches d.h.AP in G3P verwandelt (2.Stufe der Glykolyse)
Ein kinetisch perfektes Enzym wie TIM ist diffusionslimitiert.

Gib eine stöchiometrische Gleichung für die Oxidation von Glucose zu Pyruvat während der aeroben Glykolyse an. Wie gross ist der Energiegewinn für die Oxidation eines Moleküls Glucose?



Der Energiegewinn beträgt 2 ATP

Für die Glykolyse ist die Aufrechterhaltung des Redoxgleichgewichtes von $\text{NADH} \leftrightarrow \text{NAD}(+) + \text{H}(+)$ wichtig. Wie kann aus dem Pyruvat das NAD^+ zurückgewonnen werden?

Die Gärung dient der Rückgewinnung von NAD^+ für die Glykolyse:
 NAD^+ wird entweder durch Milchsäuregärung oder durch Alkoholgärung zurückgewonnen.

Milchsäuregärung:

Alkoholgärung:

Was ist die Folge für einen Menschen der an Lactoseintoleranz leidet?
Begründe.

Durchfall :-)

Ein Mensch der an Lactoseintoleranz kann Lactose nicht abbauen, da im die Lactase fehlt. Die Lactase würde im folgende Reaktion ermöglichen:
 $\text{Lactose} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Galactose} + \text{Glucose}$

Lactose wird dennoch im Körper abgebaut, jedoch über einen schädlichen Weg. Im Darm vegären Milchsäurebakterien die Lactose zu Milchsäure. Dabei entsteht Methan und Wasserstoffgas. Die Gase führen zu unangenehmen Blähungen. Die Milchsäure wirkt osmotisch aktiv so, dass Wasser in den Darm einfließt. Die Gase und das viele Wasser im Darm führen zu Durchfall.

Wo können Galactose und Fructose in den Glykolysekreislauf eintreten?

Galactose kann zu Glucose-6-phosphat umgewandelt werden
Fructose des Fettgewebes wird in Fructose-6-phosphat umgewandelt.
Fructose der Leber wird in Dihydroxyacetonphosphat und
Glycerinaldehyd-3-phosphat umgewandelt

Welches sind die drei wichtigen Kontrollpunkte der Glykolyse?

Allgemein sind Enzyme, welche weitgehend irreversible Reaktionen katalysieren potentielle Kontrollpunkte.

In der Glykolyse dienen alle drei Enzyme, welche irreversible Reaktionen durchführen als Kontrollpunkte. Die Hexokinase, Phosphofructokinase und die Pyruvat-Kinase, wobei:

Die Phosphofructokinase das wichtigste Kontrollelement der Glykolyse in Säugetieren ist. Durch die Phosphofructokinase wird die Glykolyse angeregt, wenn die Energieladung der Zelle sinkt d.h.. der ATP/AMP-Quotient kleiner wird.

Beschreibe den Citratzyklus in wenigen Sätzen.

Der Citratzyklus ist der biochemische Mittelpunkt der Zelle. Er ist der gemeinsame abschliessende Stoffwechselweg bei der Oxidation von Brennstoffmolekülen. Er oxidiert den im zugeführten Kohlenstoff (normalerweise Acetyl-CoA) oder dient als Quelle für Biosynthesevorstufen.

Wo läuft die Glykolyse bzw. der Citratzyklus ab? (Skizze)

Die Glykolyse läuft im Cytosol des Mitrochondriums ab
Der Citratzyklus läuft in der Matrix (also im Innersten) des
Mitrochondriums ab.

Nenne zwei wichtige Funktionen des Citratzyklus.

Funktionen:

1. Gewinnung von Elektronen hoher Energie aus Brennstoffmolekülen. Die Elektronen sind an NADH und FAD.h.2 gebunden.
2. Lieferung von Zwischenprodukten für die Biosynthese z.B. Fettsäuren und Aminosäuren.

NB: Der Zyklus erzeugt kaum ATP und Verbraucht keinen Sauerstoff obwohl er unter aeroben Bedingungen stattfindet (CO₂ wird frei).

Zeichne schematisch den Citratzyklus (Input,Output, Anzahl C-Atome der Intermediärprodukte).

Skizziere die Zellatmung.

Skizziere den Weg von Pyruvat zu Acetyl-CoA. Wo finden diese Reaktionen statt.

Die Reaktion findet in der mitochondrialen Matrix statt. Es ist eine irreversible Reaktion (somit ein geeigneter Kontrollpunkt) welche durch einen Enzym-Komplex, den Pyruvat-Dehydrogenase-Komplex durchgeführt wird. An der Umwandlung von Pyruvat zu Acetyl CoA sind fünf Kofaktoren beteiligt: TPP, Liponsäure, CoA, NAD(+), FAD

Was ist der Glyoxylatzzyklus? Wer besitzt einen Glyoxylatzzyklus? Was für Möglichkeiten bietet dieser Kreislauf?

1. Der Glyoxylatzzyklus ist eine Abänderung des Citratzyklus, die den Gewinn von Bausteinen für die Biosynthese ermöglicht. Aus zwei C2-Einheiten kann eine C4-Einheit synthetisiert werden.
2. Pflanzen, Pilze und Bakterien besitzen einen Glyoxylatzzyklus. Säugern fehlt das Enzym Isocitratlyase und die Malatsynthase welche den Glyoxylatzzyklus erst ermöglichen.
3. Dieser Kreislauf erhöht die metabolische Vielfaltigkeit, z.B. erlaubt er den Wachstum mit Acetat.

Zeichne die Strukturformeln von Citrat.

Beisichreibe den Prozess der Zellatmung in einem Satz.

Die Zellatmung ist ein ATP-erzeugender Prozess bei dem eine anorganische (z.B. O_2) oder eine organische Verbindung der letzte Elektronenakzeptor ist.

Wie ist das Elektronenpotential des NADH bzw. FAd.h.2 mit dem Pi-Gruppenübertragungspotential gekoppelt? Durch welchen Prozess?

Das Elektronenpotential einer Verbindung wird mit dE charakterisiert.
Das Pi-Gruppenübertragungspotential einer Verbindung wird durch dG charakterisiert.

Beide Energiepotential sind über folgende Beziehung miteinander verknüpft: $-n \cdot F \cdot dE = dG$ mit dE in Volt und dG in kJ/mol, n sind die Anzahl transferierter Elektronen bzw Moleküle, $F = 96,5$ kJ/mol
 dE kann aus der Tabelle abgelesen werden (ox.Form + e^- s --> red.Form)

Durch den Prozess der Phophorylierung sind die beiden Energiepotentiale gekoppelt.

Wie viel Energie wird bei der Reduktion des Sauerstoffs durch NADH freigesetzt? Ist das viel oder wenig freigesetzte Energie?



(b-a):



Dies ist sehr viel freigesetzte Energie. ATP setzt bei seiner Umwandlung in ADP folgende Energie frei: $dG = -30.5 \text{ kJ/mol}$

Wie gross ist ein typischer Protonengradient in einem Mitochondrium (pH ausserhalb im Vergleich zum pH innerhalb der Zelle) und das daraus gebildete Membranpotential ?

Wie viel Energie entspricht dem Transport eines Protons von der mitochondrialen Matrix auf die cytosolische Seite?

Typische Protonengradient: $\text{pH}(\text{Aussen}) / \text{pH}(\text{Innen}) = 1.4$

Typisches Membranpotential: $dV = 0.14 \text{ Volt}$

Durch den Protonentransport freigesetzte Energie:

$$dG = R \cdot T \cdot \ln(c_{\text{Produkte}}/c_{\text{Edukte}}) + Z \cdot F \cdot dV$$

Ladung des transportierten Moleküls: $Z = +1$

$$(c_{\text{Produkte}}/c_{\text{Edukte}}) = 1.4$$

Was ist die oxidative Phosphorylierung?

Die oxidative Phosphorylierung beschreibt den Elektronentransport von NADH bzw. FAd.h.2 über eine Reihe von Elektronencarriern bis auf O₂, wobei ein transmembraler Protonengradient erzeugt wird, der über ATP-Synthasen ATP erzeugt.

Aus was bestehen die elektronenübertragenden Gruppen in den Proteinen der Elektronentransportkette?

Wie schnell bewegen sich Elektronen bei der Übertragung von einem e-Donor zu einem e-Akzeptor in der Elektronentransportkette?

Aus Flavinen, Eisen-Schwefel-Clustern, Chinonen, Hämgruppen und Kupferionen.

Über einen für Proteine typischen Abstand von 1,5 nm zwischen e-Donor und e-Akzeptor bewegen sich ca. 10'000 Elektronen pro Sekunde.

Wie ist der Elektronentransport der Atmungskette mit dem transmembralen Protonentransport gekoppelt? Erkläre anhand eines Beispiels.

Bespiel Chinonen

Bei der Reduktion von Chinonen werden 2 Elektronen und 2 Protonen aufgenommen. Wenn das Chinon Elektronen transportiert, kann es also gleichzeitig Protonen transportieren (Koppelung). Bei der Oxidation des QH₂ werden die Elektronen und Protonen wieder freigesetzt.

Was ist die Aussage der chemiosmotischen Hypothese? Beschreibe ein mögliches Experiment um die Hypothese zu überprüfen?

Die chemiosmotische Theorie besagt, dass eine protonenmotorische Kraft die Synthese von ATP durch die ATP-Synthase antreibt.

Experiment:

Ein synthetisches Membranvesikel, das in seiner Membran Bakeriorhodopsin (eine lichtgetriebene Protonenpumpe) und ATP-Synthase enthält wird beleuchtet. Die ATP-Synthase ist andersrum orientiert als in den Mitochondrien d.h. ausserhalb des Vesikels sollte sich ATP bilden. Dies wurde experimentell bestätigt.

Wie wird ATP gebildet? Beschreibe den dafür wichtigen Mechanismus.

ATP wird durch die Rotation der Gamma-Untereinheit der ATP-Synthase produziert, wobei auch ATP produziert wird wenn kein Protonengradient vorhanden ist.

Mechanismus des Bindungswechsel bei der ATP-Synthase:

Die drei Beta-Untereinheiten werden durch die Drehung der Gamma-Untereinheit in ihrer Form geändert und verändern dadurch auch ihre Funktion. Es gibt drei mögliche Verformungen bzw. Funktionen:

1. Die T-Form wandelt ADP in ATP um, wobei das gebildete ATP nicht abgegeben werden kann (T=tight,fest)
 2. Die O-Form kann (muss aber nicht) ATP abgeben (O=offen) und dann neues ADP und Pi nachfüllen.
 3. Die L-Form fixiert das in der O-Form aufgenommene ADP und Pi
- Die Verformungen einer Beta-Untereinheit laufen in der folgenden Reihenfolge ab (T -> O -> L --> T --> usw) "TOLT"

Skizziere den Mechanismus des Bindungswechsel der ATP-Synthase.

"TOLT"-Verformung einer Beta-Untereinheit produziert ATP:

Was ist die Funktion des Protonengradienten?

Die Freisetzung des ATP von der ATP-Synthase, wobei es 3-4 Protonen braucht um ein ATP freizusetzen.

Die Protonenbewegung entlang des Protonengradienten der Membran treibt die Rotation des c-Ringes an, der ATP aus der ATP-Synthase in das Cytosol des Mitochondriums freisetzt.

Wie ist die ATP-Synthase aufgebaut?

Die ATP-Synthase besteht aus einer protonenleitenden Einheit F₀ (c-Ring, a und 2b). F₀ liegt in der inneren Mitochondrienmembran. Es ist ein hydrophobes Segment welches einen Protonenkanal im c-Ring enthält.

und einer katalytischen Einheit F₁ (3Alpha, 3Beta, Gamma, Sigma, Epsilon). F₁ produziert ATP, durch die Verformung der drei Beta-Untereinheiten bei der Verformung der Gamma-Untereinheit (eine superspiralisierte Alpha-Helix)

Man kann die ATP-Synthase ebenfalls als ein Komplex aus einem Rotor: (c-Ring und GammaEpsilon-Stiel) und einen Stator(restliches Molekül) betrachten. (S.557)

Wie sieht die Energiebilanz der Atmungskette aus?

Die Oxidation von Glucose liefert ca. 30 ATP.

Details (Stryer S.565, Skript S.9)

NADH $\rightarrow$ 2.5 ATP

FAd.h.2 $\rightarrow$ 1.5 ATP

Wie wird die Atmung hauptsächlich kontrolliert

Durch den ATP/ADP - Spiegel. Wenn viel ADP vorhanden ist, erhöht sich der Sauerstoffverbrauch.

1. Nenne ein wichtiges Mittel zur Wärmeerzeugung in der Zelle.
2. Wie kann die oxidative Phosphorylierung entkoppelt werden?
3. Was sind die Folgen der Entkoppelung?

1. Die regulierte Entkoppelung der oxidativen Phosphorylierung ist ein wichtiges biologisches Mittel zur Wärmeerzeugung
2. Z.B. durch Dinitrophenol (DNP). Es transportiert Protonen durch die innere Mitochondrienmembran und zerstört somit den Protonengradient.
3. Der Elektronentransport läuft jedoch weiter, obwohl ohne Protonengradient kein neues ATP mehr synthetisiert werden kann. Die ungenutzte Energie der Elektronen führt zu einer starken Wärmeerzeugung.

In welche Energieformen kann die Energie des Protonengradienten umgewandelt werden?

Die Energie des Protonengradienten kan in Elektronenpotentiale, ATP, Transportenergie, Bewegung von Flagellen oder die Wärmeproduktion umgesetzt werden.

Welches ist der beste Energiespeicher: Triacylglycerine, Proteine, Kohlenhydrate oder Zucker?

Triacylglycerine (3FS an ein Glycerin, C3 gebunden), weil

1. Triacylglycerine in höher reduzierter Form vorliegen und somit mehr Energie pro Gramm liefern (Triacylglycerin: 38 kJ/g, Kohlenhydrate und Proteine: 17 kJ/g)
2. Triacylglycerine kommen in nahezu wasserfreier (Öltröpfchen) und somit konzentrierter Form vor. Dies ermöglicht die Speicherung von 6 mal mehr Energie pro Gramm wasserfreies Fett im Vergleich zu 1 Gramm hydratisiertes Glycogen

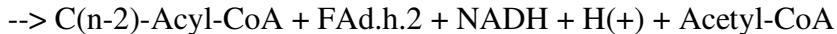
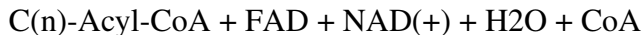
Nenne die wichtigsten Schritte des Fettsäureabbaus?

Der Fettsäureabbau in drei Schritten:

1. Mobilisierung d.h.. Triacylglycerin wird mit Hilfe der Lipase zu Fettsäuren und Glycerin abgebaut.
2. Aktivierung d.h. die Fettsäuren werden im Gewebe aktiviert und in die Mitochondrien transportiert, dabei wird ATP zu AMP abgebaut d.h. es werden zwei ATP-Einheiten verbraucht.
3. Abbau d.h. die aktivierten Fettsäuren werden zu Acyl-CoA abgebaut und anschliessend im Citratzyklus verarbeitet. Der Abbau des Acyl-CoA führt zu einem Gewinn von 10 ATPs

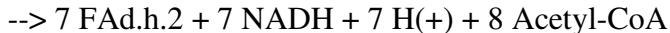
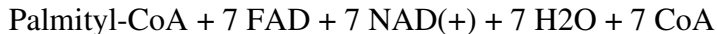
Stelle eine allgemeine stöchiometrische Gleichung des Fettsäureabbaus auf. Wie sieht die Energiebilanz aus anhand eines Beispiels aus?

Allgemein: Verkürzung einer Acyl-CoA-Einheit um eine C₂-Einheit:



ATP-Bilanz anhand der vollständigen Oxidation von Palmitat (16C):

1. Der Abbau von einer 16C-Einheit benötigt 7 Zyklen.
2. Der letzte Zyklus liefert 2 Acetyl-CoA-Einheiten.
3. Reaktionsgleichung:

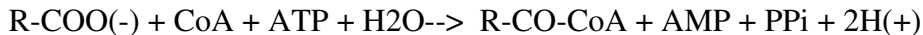


4. NADH (je 2.5 ATP), FAd.h.2 (je 1.5 ATP), Acetyl-CoA (je 10 ATP) und der Verbrauch bei der Aktivierung (-2 ATP). Es können 106 ATPs produziert werden.

Wie wird eine Biosynthesereaktion irreversibel gemacht? Erkläre anhand eines Beispiels.

Durch die Hydrolyse von anorganischem Pyrophosphat (S.665):

Beispiel:



Die Bildung der CO-CoA Bindung des Produktes braucht sehr viel Energie (ATP $\rightarrow$ AMP). Somit wird es sehr schwierig die Bindung wieder zu spalten. Die Reaktion ist "irreversibel".

Erkläre folgendes Sprichwort: “Das Fett verbrennt in der Flamme der Kohlenhydrate.”

Das wichtige Kohlenhydrat Glucose ist die Voraussetzung um das Fettsäurenprodukt Acetyl-CoA in Citrat umzuwandeln, welches über zahlreiche Prozesse schlussendlich zur ATP-Produktion führt.

Skizziere den Weg von Pyruvat zu ATP.

Trage in deine Skizze die wichtigsten Kontrollpunkte ein.

Stelle Energiebilanzen für die wichtigsten Prozesse auf.

Gib die Strukturen der wichtigen Intermediärprodukte und ihre Oxidationszahlen an.

Viel Spass. Die Antwort auf diese Frage passt leider nicht auf die Rückseite. Am besten suchst du dir eine Wandtafel, eine Fensterscheibe, Hauswand oder sonst was.