



VL Limnochemie

Mikrobiologie 2: Stoffwechsel

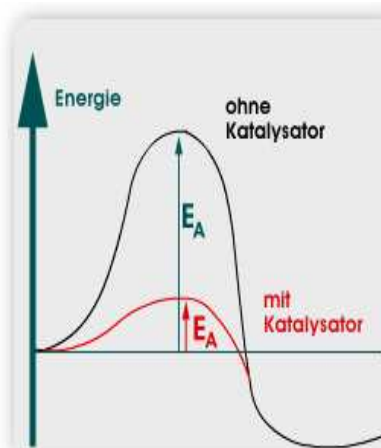


Und heute...

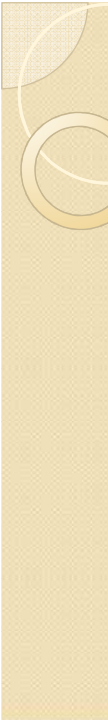
- ...wie Enzyme arbeiten
- ...wie der bakterielle Stoffwechsel grundsätzlich funktioniert
- ...was Bakterien zum Wachstum brauchen
- ...welche mikrobiologischen Redoxprozesse ablaufen können

ENZYME

WH: Katalysator

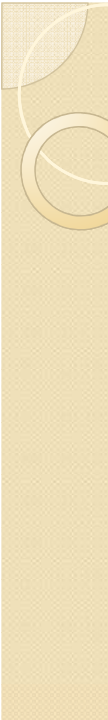


- Katalysatoren verringern die Aktivierungsenergie einer Reaktion
- Erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit
- Liegen nach der Reaktion unverändert vor



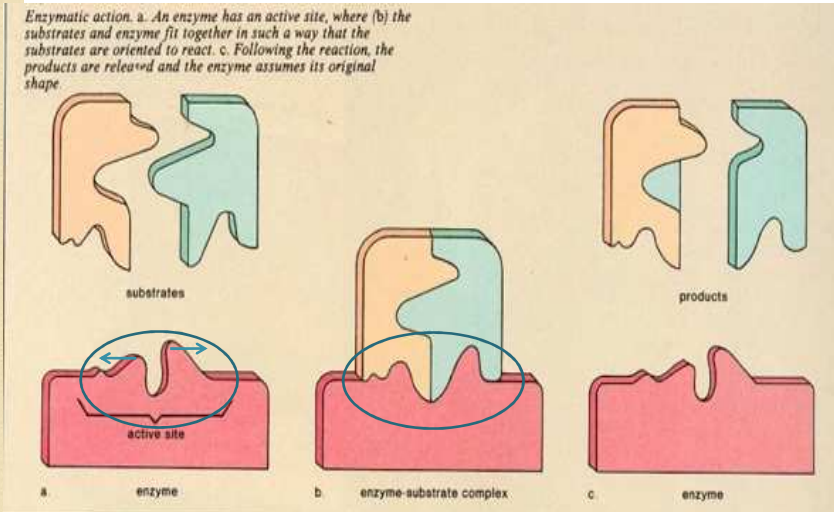
Enzym

- Biokatalysator
- Protein mit chemischer Funktion
- Nomenklatur: „xyz-ase“
 - Polymer-ase
 - Helic-ase
 - Ribolose-1,5-bisphosphat-carboxyl-ase
- im Gegensatz dazu: Strukturproteine (z.B. Keratin) oder Transportproteine (z.B. Hämoglobin)



Wirkung von Enzymen

- Enzyme haben meistens substratspezifische Bindungsstellen
- Formen einen Enzym-Substrat-Komplex
- Katalysieren die Reaktion der/des Substrate/Substrates
- Geben die Reaktionsprodukte ab
- Liegen wieder wie ursprünglich vor



z.B. Waschmittel

- u.a. Enzyme als wirksame Bestandteile
 - Cellulasen gegen Verschm. durch Pflanzen
 - Proteasen gegen Verschm. durch Eiweiss
 - Amylasen gegen Verschm. durch Stärke
 - Lipasen gegen Verschm. durch Fette
- Wirksam schon bei niedrigen Temperaturen
- Heutzutage „one-click-down“:
 $60^{\circ}\text{C} \Rightarrow 40^{\circ}\text{C} \Rightarrow 30^{\circ}\text{C} \Rightarrow 20^{\circ}\text{C}$



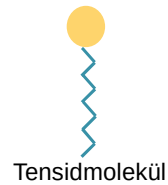
- Mikrobiologie: Abnahme der KBE in Log-Stufen
 - Sterilisation: 6 Logstufen (1 von 1.000.000 Bakterien ist übrig)
 - Desinfektion: 5 Logstufen
 - Hygienespüler + **Waschmittel**: 4 Logstufen (1 von 10.000 Bakterien ist übrig, 9.999 von 10.000 sind tot, entspricht 99.99%)

Wichtiger

- Tensidische Wirkung



Zellmembran



Tensidmolekül

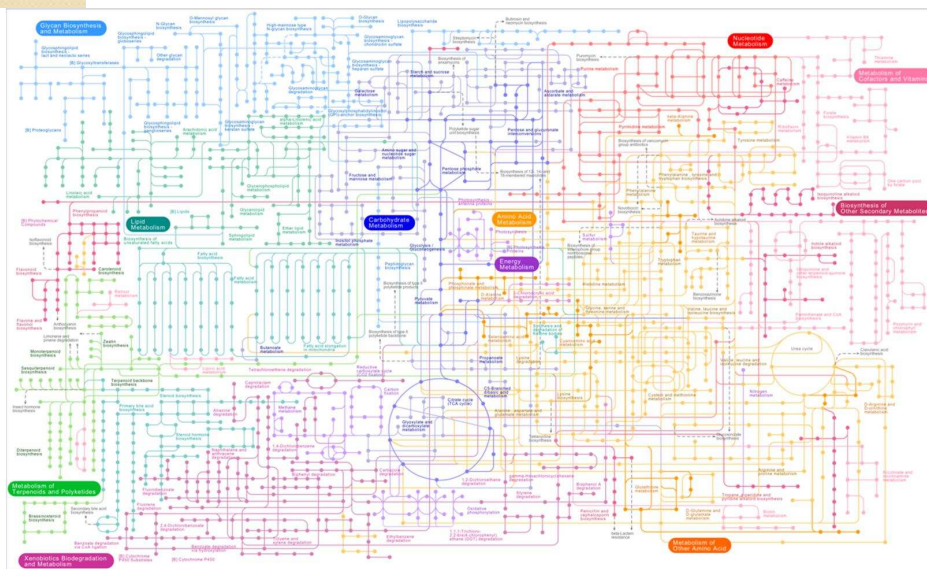
- Trocknung der Wäsche
- Temperaturoptimum pot. pathogener Bakterien
- ohne „Hygienisch wirkende Zusätze“
99,8 bis 99,99 Verringerung der KBE möglich



STOFFWECHSEL

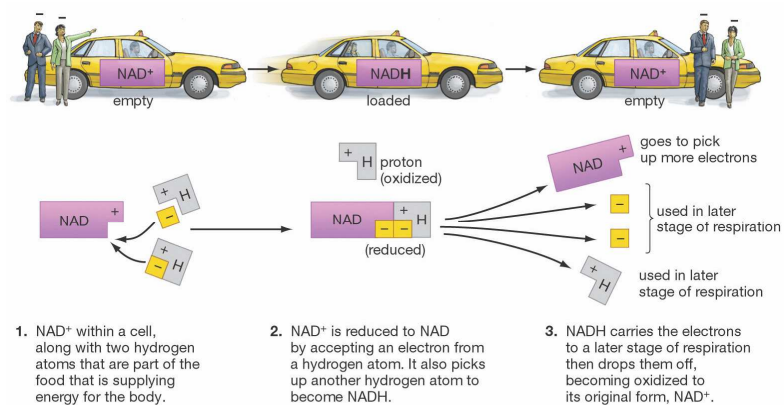
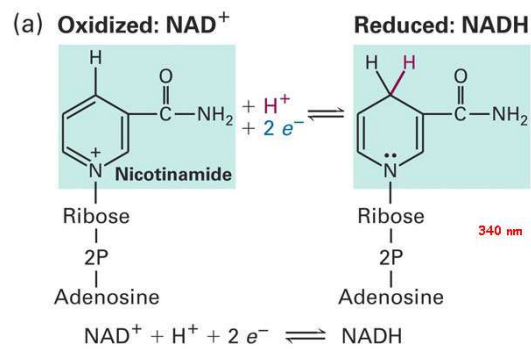
Stoffwechsel (Metabolismus)

- eigentlich wird nichts gewechselt, sondern umgewandelt
- ~~Aufbaustoffwechsel (Anabolismus)~~
- Energiestoffwechsel (Katabolismus)
 - Grundlagen
 - Kohlenstoffquellen
 - Elektronendonatoren
 - Elektronenakzeptoren
- <http://www.genome.jp/kegg/pathway.html>



Grundlagen

- NADH / NADPH und FADH:
 - Elektronen und Wasserstoffatomcarrier



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

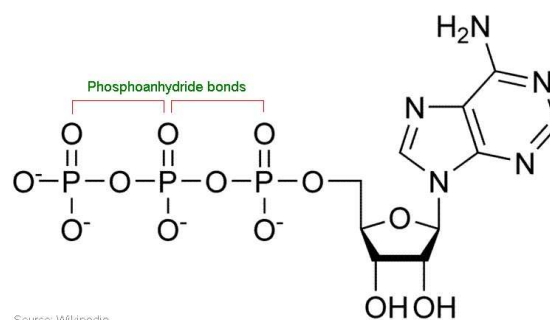
Energie

(((2R,3S,4R,5R)-5-(6-Aminopurin-9-yl)-3,4-dihydroxyoxolan-2-yl)-methoxy-hydroxyphosphoryl)-oxy-hydroxyphosphoryl)oxyphosphonsäure

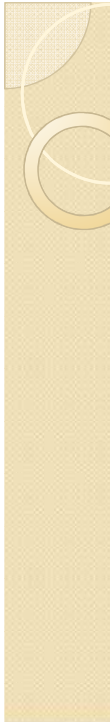
...Adenosin-triphosphat

...oder auch ATP

ATP: „Währung“ für die Energie

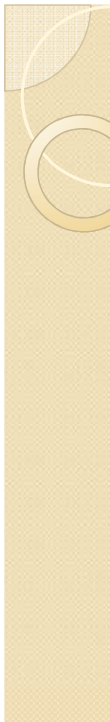


- Energiereiche Phosphat-Phosphat-Bindung
- -32,3 kJ/mol pro gespaltenen Bindung
- Ziel: Bildung von ATP



Energiequellen in der Mikrobiologie

- Redox-Reaktionen
 - Chemotrophie
- Licht
 - Phototrophie



Kohlenstoffquellen in der Mikrobiologie

- organisches Substrat:
 - Heterotrophie
 - Mehrzahl der Bakterien
- anorganisches Substrat (CO₂):
 - Autotrophie
 - z.B. Nitrifikanten, Cyanobakterien

Elektronendonator

- Anorganische Substanzen
 - Lithotrophie
- Organische Substanzen
 - Organotrophie

Redoxsysteme (WH)

Redoxsystem	pE°
$\frac{1}{2} \text{MnO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	21,80
$\frac{1}{5} \text{NO}_3^- + \frac{6}{5} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{10} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{5} \text{H}_2\text{O}$	21,05
$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3 \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$	16,00
$\frac{1}{6} \text{NO}_2^- + \frac{4}{3} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{6} \text{NH}_4^+ + \frac{1}{3} \text{H}_2\text{O}$	15,14
$\frac{1}{8} \text{NO}_3^- + \frac{5}{4} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{8} \text{NH}_4^+ + \frac{3}{8} \text{H}_2\text{O}$	14,90
$\frac{1}{2} \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	14,15
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$	13,00
$\frac{1}{4} \text{CH}_2\text{O} + \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{4} \text{CH}_4(\text{g}) + \frac{1}{4} \text{H}_2\text{O}$	6,94
$\frac{1}{6} \text{SO}_4^{2-} + \frac{4}{3} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{6} \text{S}(\text{s}) + \frac{2}{3} \text{H}_2\text{O}$	6,03
$\frac{1}{8} \text{SO}_4^{2-} + \frac{5}{4} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{8} \text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	5,25
$\frac{1}{6} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{4}{3} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{3} \text{NH}_4^+$	4,68
$\frac{1}{8} \text{SO}_4^{2-} + \frac{9}{8} \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{8} \text{HS}^- + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$	4,25
$\frac{1}{2} \text{S}(\text{s}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{H}_2\text{S}(\text{g})$	2,89
$\text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\frac{1}{4} \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{24} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \frac{1}{4} \text{H}_2\text{O}$	-0,20
$\frac{1}{4} \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{4} \text{CH}_2\text{O} + \frac{1}{4} \text{H}_2\text{O}$	-1,20

Elektronenakzeptor

- Sauerstoff
 - aerob
- Anorganische, Sauerstoff enthaltende Substanzen
 - anoxisch
- Organische Substanzen
 - anaerob
- Fakultativ (kann) oder obligat (muss)

Nomenklatur

Energie	E-Donator	C-Quelle
chemotroph	lithotroph	heterotroph
phototroph	organotroph	autotroph

- Homo sapiens
 - chemo-organo-heterotroph, obligat aerob
- *e.coli*
 - chemo-organo-heterotroph, fakultativ aerob
- *Microcystis sp.*
 - Photo-litho-autotroph, obligat aerob

Elektronentransfer

- Vom Elektronendonator zum Elektronenakzeptor
- z.B. von Glucose (org. Substrat) zum Sauerstoff
 - $E_0 \text{ CO}_2/\text{Glucose} = -0,5\text{V}$
 - $E_0 \frac{1}{2} \text{ O}_2/\text{H}_2\text{O} = +0,9\text{V}$
 - Differenz 1,4V



Redoxsysteme (WH)

Redoxsystem		pE°
$\frac{1}{2} \text{ MnO}_2(\text{s})$	$+ 2 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{ Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	21,80
$\frac{1}{5} \text{ NO}_3^-$	$+ 6/5 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{10} \text{ N}_2(\text{g}) + 3/5 \text{ H}_2\text{O}$	21,05
$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$	$+ 3 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+} + 3 \text{ H}_2\text{O}$	16,00
$\frac{1}{6} \text{ NO}_2^-$	$+ 4/3 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{6} \text{ NH}_4^+ + \frac{1}{3} \text{ H}_2\text{O}$	15,14
$\frac{1}{8} \text{ NO}_3^-$	$+ 5/4 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{8} \text{ NH}_4^+ + \frac{3}{8} \text{ H}_2\text{O}$	14,90
$\frac{1}{2} \text{ NO}_3^-$	$+ \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{ NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{ H}_2\text{O}$	14,15
Fe^{3+}	$+ \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$	13,00
$\frac{1}{4} \text{ CH}_2\text{O}$	$+ \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{4} \text{ CH}_4(\text{g}) + \frac{1}{4} \text{ H}_2\text{O}$	6,94
$\frac{1}{6} \text{ SO}_4^{2-}$	$+ 4/3 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{6} \text{ S}(\text{s}) + \frac{2}{3} \text{ H}_2\text{O}$	6,03
$\frac{1}{8} \text{ SO}_4^{2-}$	$+ 5/4 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{8} \text{ H}_2\text{S}(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{ H}_2\text{O}$	5,25
$\frac{1}{6} \text{ N}_2(\text{g})$	$+ 4/3 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{3} \text{ NH}_4^+$	4,68
$\frac{1}{8} \text{ SO}_4^{2-}$	$+ 9/8 \text{ H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{8} \text{ HS}^- + \frac{1}{2} \text{ H}_2\text{O}$	4,25
$\frac{1}{2} \text{ S}(\text{s})$	$+ \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{ H}_2\text{S}(\text{g})$	2,89
	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{2} \text{ H}_2(\text{g})$	0,00
$\frac{1}{4} \text{ CO}_2(\text{g})$	$+ \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{24} \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \frac{1}{4} \text{ H}_2\text{O}$	-0,20
$\frac{1}{4} \text{ CO}_2(\text{g})$	$+ \text{H}^+ + \text{e}^- = \frac{1}{4} \text{ CH}_2\text{O} + \frac{1}{4} \text{ H}_2\text{O}$	-1,20

„Elektronenturm“

E-Donator	-1,20	$\text{O}^2\text{H} + \text{O}^2\text{H} = \text{H}^+ + \text{H}^+$	$\text{1/4 CO}_2(\text{g})$
	-0,20	$\text{O}^2\text{H} + \text{O}^2\text{H} = \text{H}^+ + \text{H}^+$	$\text{1/4 CO}_2(\text{g})$
	0,00	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 H}_2(\text{g})$	
	2,89	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 H}_2\text{S}(\text{g})$	1/2 S(s)
	4,25	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 HS}^-$	1/8 SO_4^{2-}
	4,88	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 NH}_4^+$	$\text{1/8 N}_2(\text{g})$
	5,25	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 H}_2\text{S}(\text{g})$	1/8 SO_4^{2-}
	6,03	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 S(s)}$	1/8 SO_4^{2-}
	6,94	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/4 CH}_4(\text{g})$	$\text{1/4 CH}_4(\text{g})$
	13,00	$\text{Fe}^{2+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$	Fe^{2+}
	14,15	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 NO}_2^-$	1/2 NO_3^-
	14,90	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 NH}_4^+$	1/8 NO_3^-
	15,14	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 NH}_4^+$	1/8 NO_3^-
E-Akzeptor	16,00	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe(OH)}_3(\text{s})$
	21,05	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/10 N}_2(\text{g})$	1/5 NO_3^-
	21,80	$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 Mn}^{2+}$	$\text{1/2 MnO}_2(\text{s})$
			Redoxsystem

Elektronenturm

Redoxsystem	pE°
$\text{1/4 CO}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/4 CH}_2\text{O} + \text{1/4 H}_2\text{O}$	-1,20
$\text{1/4 CO}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/24 C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{1/4 H}_2\text{O}$	-0,20
$\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{1/2 S(s)} + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 H}_2\text{S}(\text{g})$	2,89
$\text{1/8 SO}_4^{2-} + 9/8 \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/8 HS}^- + \text{1/2 H}_2\text{O}$	4,25
$\text{1/4 CH}_2\text{O} + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/4 CH}_4(\text{g}) + \text{1/4 H}_2\text{O}$	6,94
$\text{1/2 NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 NO}_2^- + \text{1/2 H}_2\text{O}$	14,15
$\text{1/6 NO}_2^- + 4/3 \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/6 NH}_4^+ + \text{1/3 H}_2\text{O}$	15,14
$\text{Fe(OH)}_3(\text{s}) + 3 \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$	16,00
$\text{1/4 O}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{1/2 H}_2\text{O}$	20,75

E-Akzeptor,
Oxidations
mittel

Aerober Stoffwechsel I

Redoxsystem				pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₂ O + 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ (g)	0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ S (g)	2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	+ e ⁻	= 1/8 HS ⁻ + 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₄ (g) + 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 NO ₂ ⁻ + 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺	+ e ⁻	= 1/6 NH ₄ ⁺ + 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺	+ e ⁻	= Fe ²⁺ + 3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O	20,75

Mensch

aerob, Organo-heterotroph

Aerober Stoffwechsel I

Redoxsystem				pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	1	+ e ⁻ = 1/4 CH ₂ O + 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺		+ e ⁻ = 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺		+ e ⁻ = 1/2 H ₂ (g)	0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺		+ e ⁻ = 1/2 H ₂ S (g)	2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	2	+ e ⁻ = 1/8 HS ⁻ + 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺		+ e ⁻ = 1/4 CH ₄ (g) + 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺		+ e ⁻ = 1/2 NO ₂ ⁻ + 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺		+ e ⁻ = 1/6 NH ₄ ⁺ + 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺		+ e ⁻ = Fe ²⁺ + 3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	3	+ e ⁻ = 1/2 H ₂ O	20,75

Mensch

1. Glucose oxidiert zu CO₂, dabei werden Elektronen frei
2. Die Elektronen werden **über Zwischenstufen** auf O₂ übertragen (terminaler, d.h. letzter Elektronenakzeptor)
3. Dabei entsteht Wasser

Anaerober Stoffwechsel I

Redoxsystem				pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₂ O + 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ (g)	0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ S (g)	2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	+ e ⁻	= 1/8 HS ⁻ + 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₄ (g) + 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 NO ₂ ⁻ + 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺	+ e ⁻	= 1/6 NH ₄ ⁺ + 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺	+ e ⁻	= Fe ²⁺ + 3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O	20,75

Fe-
Reduzierer

anoxisch, organo-heterotroph

Anaerober Stoffwechsel II

Redoxsystem				pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₂ O + 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ (g)	0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ S (g)	2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	+ e ⁻	= 1/8 HS ⁻ + 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₄ (g) + 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 NO ₂ ⁻ + 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺	+ e ⁻	= 1/6 NH ₄ ⁺ + 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺	+ e ⁻	= Fe ²⁺ + 3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O	20,75

Sulfat-
Reduzierer

anoxisch organo-heterotroph

Lithotrophie I

Redoxsystem					pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₂ O	+ 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆	+ 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ (g)		0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ S (g)		2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	+ e ⁻	= 1/8 HS ⁻	+ 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₄ (g)	+ 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 NO ₂ ⁻	+ 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺	+ e ⁻	= 1/6 NH ₄ ⁺	+ 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺	+ e ⁻	= Fe ²⁺ +	3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O		20,75

} Nitrifikanten

Chemo-litho-autotroph

Lithotrophie II

Redoxsystem					pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₂ O	+ 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆	+ 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ (g)		0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ S (g)		2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	+ e ⁻	= 1/8 HS ⁻	+ 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₄ (g)	+ 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 NO ₂ ⁻	+ 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺	+ e ⁻	= 1/6 NH ₄ ⁺	+ 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺	+ e ⁻	= Fe ²⁺ +	3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O		20,75

} Eisenoxidierer

Chemo-litho-autotroph

Anaerober Stoffwechsel: Gärung

- Elektronendonator: (vom Bakterium selbst) reduzierte organische Substanzen
- Elektronenakzeptor oxidierte organische Substanzen
- C-Quelle: organische Substanzen
- Minimaler Energiegewinn
- ABER: alle anderen Bakterien nicht lebensfähig

Gärung

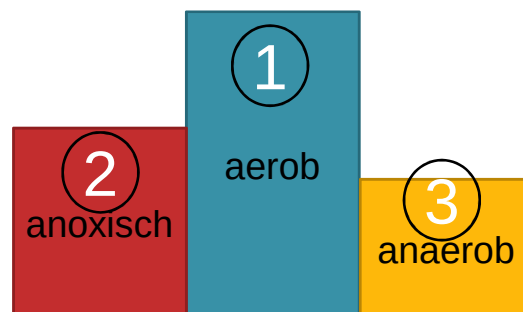
Redoxsystem				pE°
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₂ O + 1/4 H ₂ O	-1,20
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1/4 H ₂ O	-0,20
	H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ (g)	0,00
1/2 S(s)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ S (g)	2,89
1/8 SO ₄ ²⁻	+ 9/8 H ⁺	+ e ⁻	= 1/8 HS ⁻ + 1/2 H ₂ O	4,25
1/4 CH ₂ O	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/4 CH ₄ (g) + 1/4 H ₂ O	6,94
1/2 NO ₃ ⁻	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 NO ₂ ⁻ + 1/2 H ₂ O	14,15
1/6 NO ₂ ⁻	+ 4/3 H ⁺	+ e ⁻	= 1/6 NH ₄ ⁺ + 1/3 H ₂ O	15,14
Fe(OH) ₃ (s)	+ 3 H ⁺	+ e ⁻	= Fe ²⁺ + 3 H ₂ O	16,00
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O	20,75

Chemo-litho-heterotroph

Zwischenzusammenfassung

- Elektronen werden vom e-Donator zum e-Akzeptor gegeben
- Je größer die Differenz der Redoxspannung, desto mehr Energie wird gewonnen
- Unterschiedliche Donator-Akzeptor paare möglich

Zwischenzusammenfassung 2

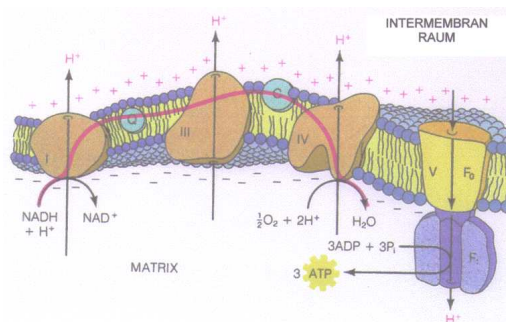


Aus Elektronen ATP?

- Übertragung von Elektronen vom Donator auf den Akzeptor nicht direkt
- Weg ist mit energetischen Zwischenstufen unterteilt
- ETS (Elektronentransportsystem)

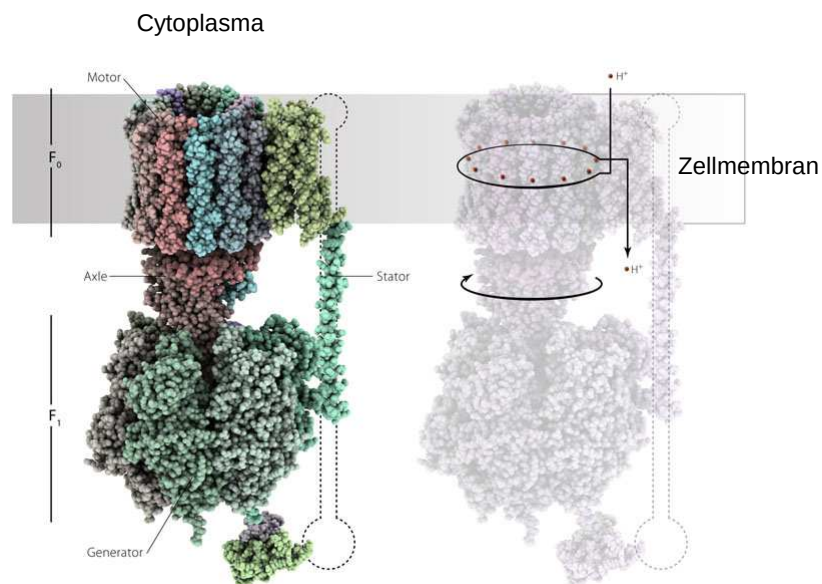
Aerober Stoffwechsel I, ETS

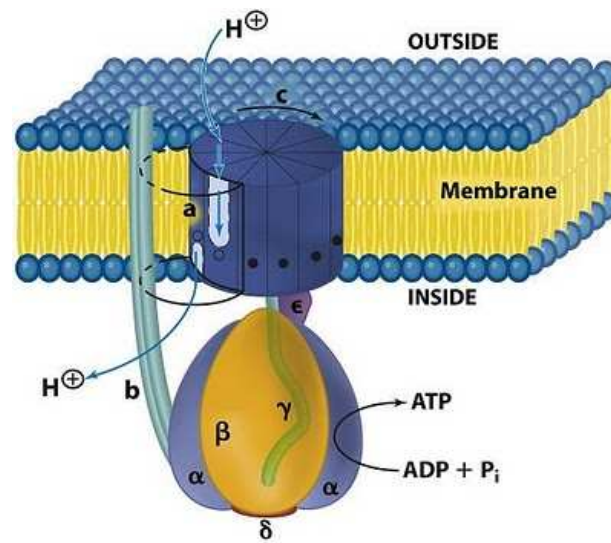
Redoxsystem				Redoxspannung E ⁰ [V]
1/4 CO ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/24 C ₆ H ₁₂ O ₆ + 1/4 H ₂ O	-0,40
NAD	+ H ⁺	+ e ⁻	= NADH	-0,30
Chinon	+ H ⁺	+ e ⁻	= Hydrochinon	-0,05
Cytochrom b (oxidiert)	+ H ⁺	+ e ⁻	= Cytochrom b (reduziert)	0,35
Cytochrom a (oxidiert)	+ H ⁺	+ e ⁻	= Cytochrom a (reduziert)	0,5
1/4 O ₂ (g)	+ H ⁺	+ e ⁻	= 1/2 H ₂ O	0,8



Protonenmotorische Kraft

- Protonen werden aus der Zelle geschleust
- Entstehung eines elektrischen Potentials
- Ausgleich des Potentials durch Wiedereinschleusung der Protonen
- ATP-ase





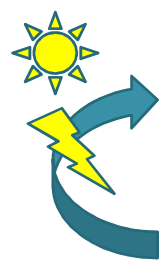
Photosynthese

- Licht als Energiequelle
- Phototroph
- Häufig gleichzeitig Autotrophie

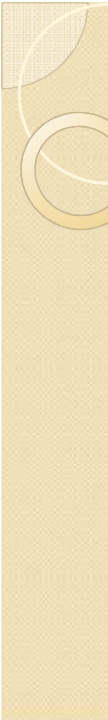
Phototrophie

- Energiegewinn durch Licht, nicht durch Redox-reaktion
- Elektronen werden durch ein Enzymsystem und Licht auf ein höheres Energieniveau „katapultiert“
- C-Quelle: CO_2

Photosynthese

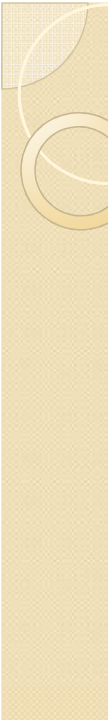


Redoxsystem	Redoxspannung E_0 [V]
P870 reduziert	-0,80
Bakteriopheophytin	-0,75
Chinon	-0,5
Cytochrom bc1	0,1
Cytochrom c2	0,35
P870 oxidiert	0,5



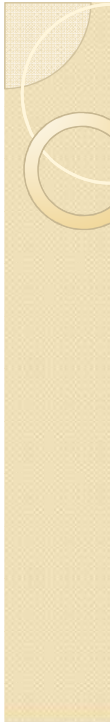
Zusammenfassung

- Energiegewinn = ATP-Generierung
- ATP-Generierung aus Protonengradient
- Protonengradient aus Elektronentransport
- Elektronentransport aus Redoxpaar
- Hohe Differenz im Redoxniveau
 - langer Elektronentransport
 - viele Zwischenstufen
 - großer Energiegewinn



Klausurfragen

- Ein Organismus ist chemo-organo-heterotroph. Was bedeutet das?
- Nennen sie 2 mikrobiologisch relevante Elektronendonator-akzeptor paare!
- Was ist eine Elektronentransportkette?



Nächstes Mal

- Mikrobielle Ökologie
- Biofilme
- Mikrobielle Arbeitstechniken
- mikrobiologische Reaktionen