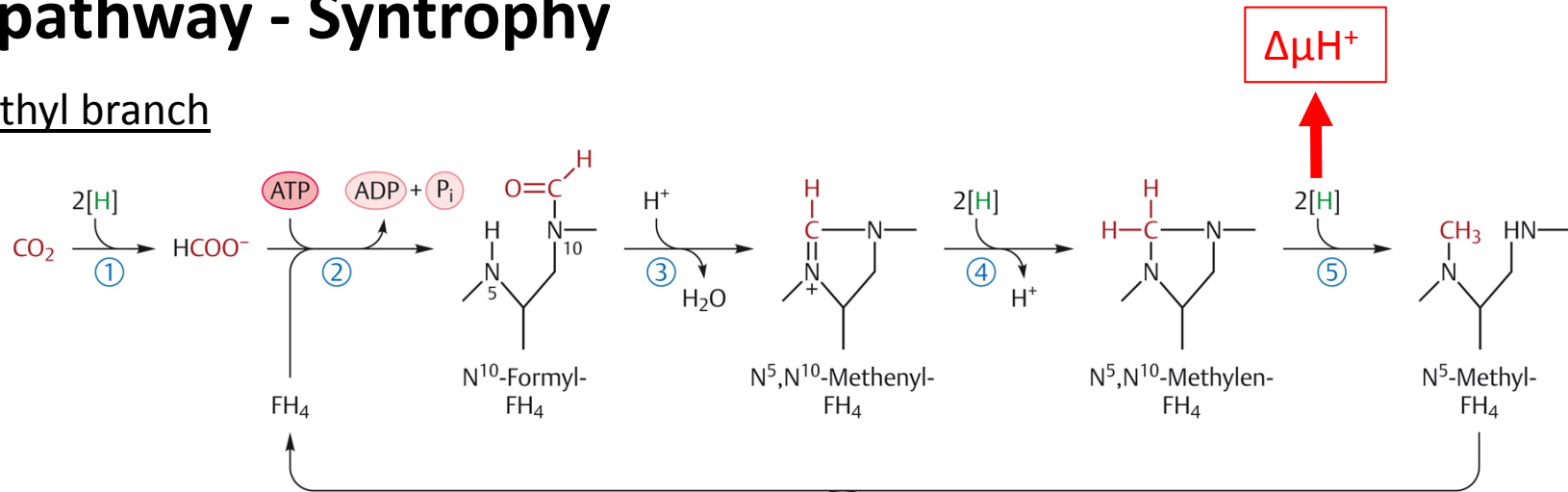


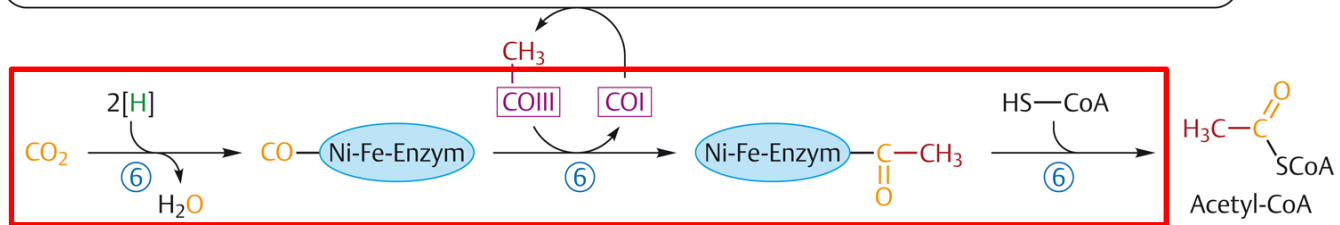
Microbiology II

Fermentations – Acetogenesis and the CODH/ACS pathway - Syntrophy

Methyl branch



Carbonyl branch

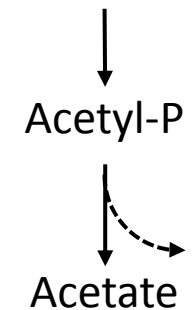


Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage · 2006

CODH/ACS enzyme complex

Phosphotransacetylase

Acetate Kinase



Christopher Bräsen

Lecture Plan

17.10. 2017	Mikrobielle Physiologie I - Energetik	Bräsen
24.10. 2017	Mikrobielle Physiologie II – Einige Prinzipien und Mechanismen im zentralen Kohlenstoffmetabolismus	Bräsen
31.10. 2017	Keine Vorlesung	Bräsen
07.11. 2017	Mikrobielle Physiologie III – Nitrat-Atmung	Bräsen
14.11. 2017	Mikrobielle Physiologie IV – Acetogenese und der Acetyl-CoA/Kohlenmonoxid Dehydrogenase-Weg	Bräsen
21.11. 2017	Mikrobielle Physiologie V – Anaerobe Nahrungskette und Methanogenese	Bräsen
28.11. 2017	Mikrobielle Physiologie VI – Sulfate Reduktion	Bräsen
05.12. 2017	Antibiotika (Penicillium notatum)	Meckenstock
12.12. 2017	Mikroorganismen in der Umwelt (Geobacter metallireducens)	Meckenstock
19.12. 2017	Mikrobielles Wachstum (Elusimicrobium minutum)	Meckenstock
09.01. 2018	Mikrobielle Fortbewegung (Thioploca)	Meckenstock
16.01. 2018	Viren (T4)	Meckenstock
23.01. 2018	Geschichte der Mikrobiologie	Meckenstock
30.01. 2018	Wrap up/Ausweichtermin	Meckenstock/Bräsen

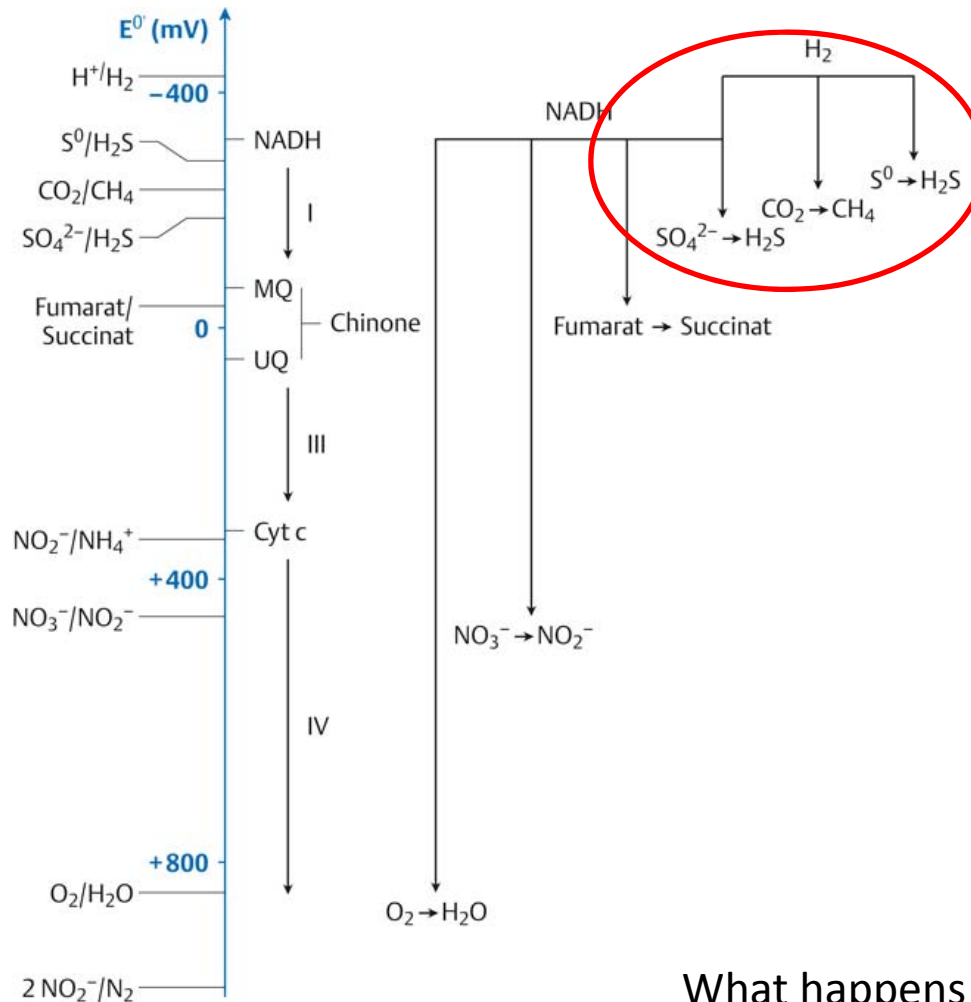
Questions 3

- What means thermodynamic hierarchy of electron acceptors?
- What are the two main mechanisms of nitrate respiration?
- What is denitrification, what are the intermediates? Examples?
- What is the difference to dissimilatory nitrate reduction to ammonia? Examples for the latter?
- Energy of both mechanisms? Compare to O_2 .
- What are the differences to the nitrate assimilation?

Fragen 3

- Was bedeutet „thermodynamische Hierarchie“ der Elektronenakzeptoren?
- Was sind die beiden Hauptmechanismen der Nitratatmung?
- Was ist Denitrifikation, Was sind die Intermediate? Beispielorganismen?
- Was ist der Unterschied zur dissimilatorischen Nitratreduktion zu Ammonium? Beispielorganismen für letztere?
- Was ist in etwa die Energiebilanz beider Mechanismen? Vergleichen Sie mit O_2 .
- Was ist bei der Nitratassimilation anders?

Redox potentials



- Less energy than fermentation processes
- Not used by facultative Anaerobes
- Special adaptations which allow the degradation of certain substrate which otherwise can't be utilized
- Only by strict anaerobes

What happens without external electron acceptors?

Anaerobic food chain

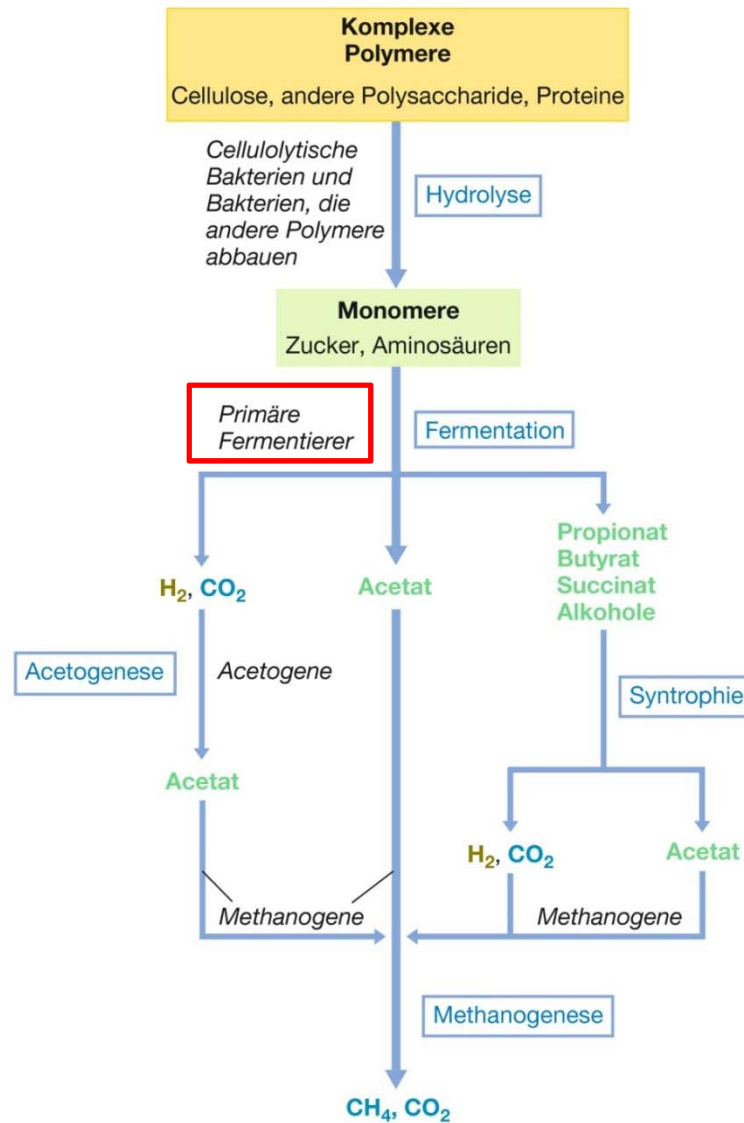


Abbildung 24.5: Anoxischer Abbau. Beim anoxischen Abbau kooperieren bei der Umwandlung komplexer organischer Substanzen von CH₄ zu CO₂ verschiedene Gruppen fermentativer Anaerobier. Diese Darstellung trifft auf Lebensräume zu, in denen sulfatreduzierende Bakterien eine untergeordnete Rolle spielen, zum Beispiel in den Sedimenten von Süßwasserseen, Klärschlammbioreaktoren oder dem Pansen.

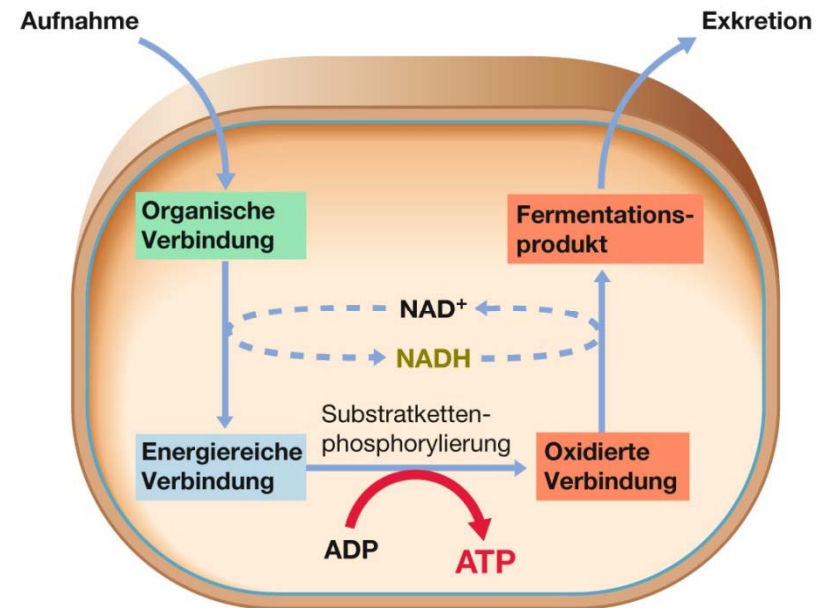
Fermentation - Heterotrophic metabolism -O₂

without alternative electron acceptor e.g. in *E. coli*

Growth by oxidation of organic substrates without external electron acceptor

(Pyr-DH-Komplex)
TCA (α -KG-DH)*
(ETP) } repressed

1. Low energy yields (~200-300 kJ/mol glucose → 2-4 ATP via SLP)
2. Max. ATP-Synthesis: oxidative part
Aldehyde → carboxylic acid (ATP über SLP)
3. Reoxidation of reduction equivalents [H] → endogenous formation electron acceptors (often carbonyls like pyruvate, acetaldehyde or activated acids like acetyl-CoA)
4. Only a small portion of the organic substance is converted to cell mass



* TCA cycle only present in anabolic reactions

Fermentations

Tabelle 14.2: Allgemeine bakterielle Gärungen und einige der beteiligten Organismen

Typ	Reaktion	Organismen	
alkoholisch	Hexose \rightarrow 2 Ethanol + 2 CO ₂	Hefe, <i>Zymomonas</i>	-218 kJ/mol
homofermentativ	Hexose \rightarrow 2 Lactat ⁻ + 2 H ⁺	<i>Streptococcus</i> , einige Lactobazillen	-198 kJ/mol
heterofermentativ	Hexose \rightarrow Lactat ⁻ + Ethanol + CO ₂ + H ⁺	<i>Leuconostoc</i> , einige Lactobazillen	-208 kJ/mol
Propionsäure	3 Lactat ⁻ \rightarrow 2 Propionat ⁻ + Acetat ⁻ + CO ₂ + H ₂ O	<i>Propionibacterium</i> , <i>Clostridium propionicum</i>	-162 kJ/mol
Gemischte Säuregärung ^{a, b}	Hexose \rightarrow Ethanol + 2,3-Butandiol + Succinat ²⁻ + Lactat ⁻ + Acetat ⁻ + Formiat ⁻ + H ₂ + CO ₂	Enterobakterien inklusive <i>Escherichia</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i>	-200 to -260 kJ/mol
Buttersäure ^b	Hexose \rightarrow Butyrat ⁻ + 2 H ₂ + 2 CO ₂ + H ⁺	<i>Clostridium butyricum</i>	-247 kJ/mol
Butanol ^b	2 Hexose \rightarrow Butanol + Aceton + 5 CO ₂ + 4 H ₂	<i>Clostridium acetobutylicum</i>	
Caproat/Butyrat	6 Ethanol + 3 Acetat ⁻ \rightarrow 3 Butyrat ⁻ + Caproat ⁻ + 2 H ₂ + 4 H ₂ O + H ⁺	<i>Clostridium kluyveri</i>	
acetogen	Fructose \rightarrow 3 Acetat ⁻ + 3 H ⁺	<i>Clostridium aceticum</i>	-311 kJ/mol

^a Nicht alle Organismen machen alle Produkte; insbesondere die Butandiol-Bildung ist auf gewisse Enterobakterien beschränkt. Die Reaktionsgleichung ist nicht ausgeglichen.

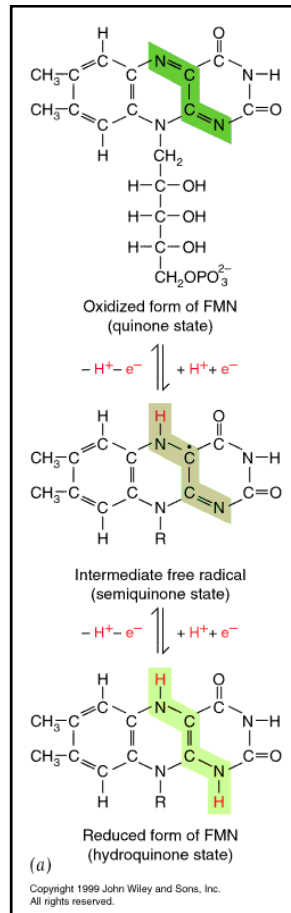
^b Es sind nur die wichtigsten Produkte angegeben. Weitere Produkte sind etwas Acetat und geringe Mengen an Ethanol (nur bei der Buttersäuregärung).

Electron transfer coenzymes

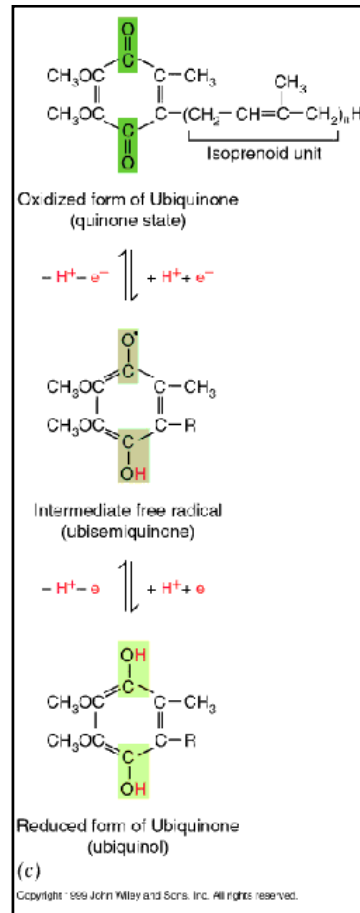
Je 2 H⁺ und e⁻

nur e⁻

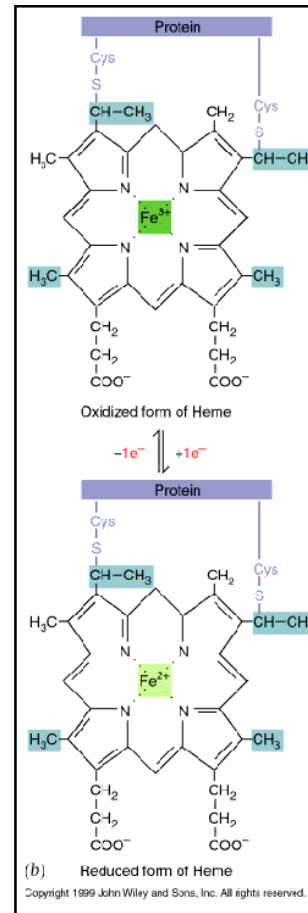
Flavin-Mononukleotid



Chinon



Cytochrome



Eisen-Schwefel-Zentren

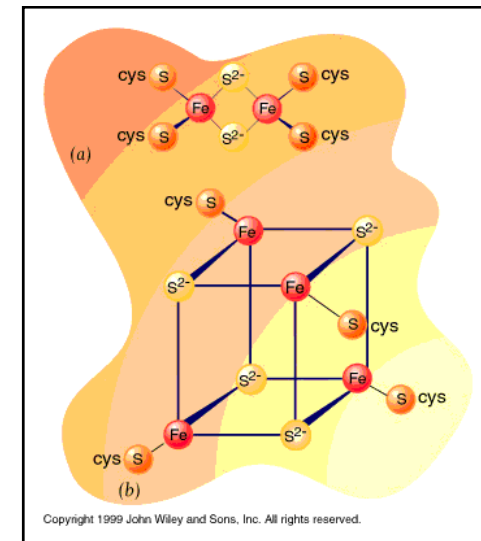
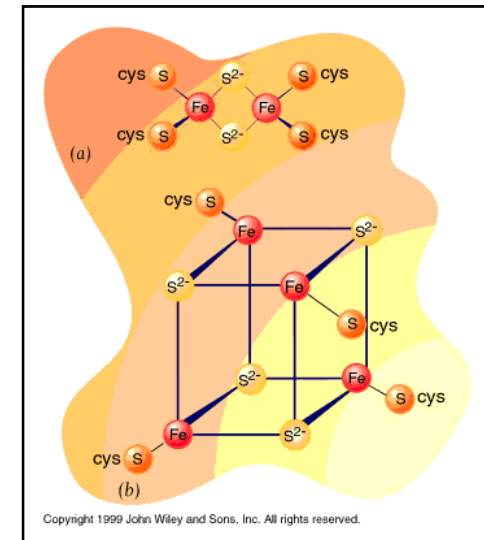


Fig. 14.22 Essential Cell Biology (2nd edition, Alberts, Bray et al.)
Fig. 5.12 Cell & Molecular Biology (4th edition, Karp)

Ferredoxin

- Small non-heme Fe/S protein
- Soluble, cytoplasmic
- One 2Fe2S or two 4Fe4S cluster
- $E^0 \text{ Fd}_{\text{ox}}/\text{Fd}_{\text{red}} \sim -400 \text{ mV}$ ($E' -450 \text{ mV}$)

Eisen-Schwefel-Zentren



“(…)involved in the energy metabolism of many anaerobes e.g. clostridia, acetogenic and sulfate reducing bacteria as well as methanogenic archaea.” (Buckel W, Thauer RK (2013), Biochimica et Biophysica Acta 1827, 94–113

Anaerobic food chain

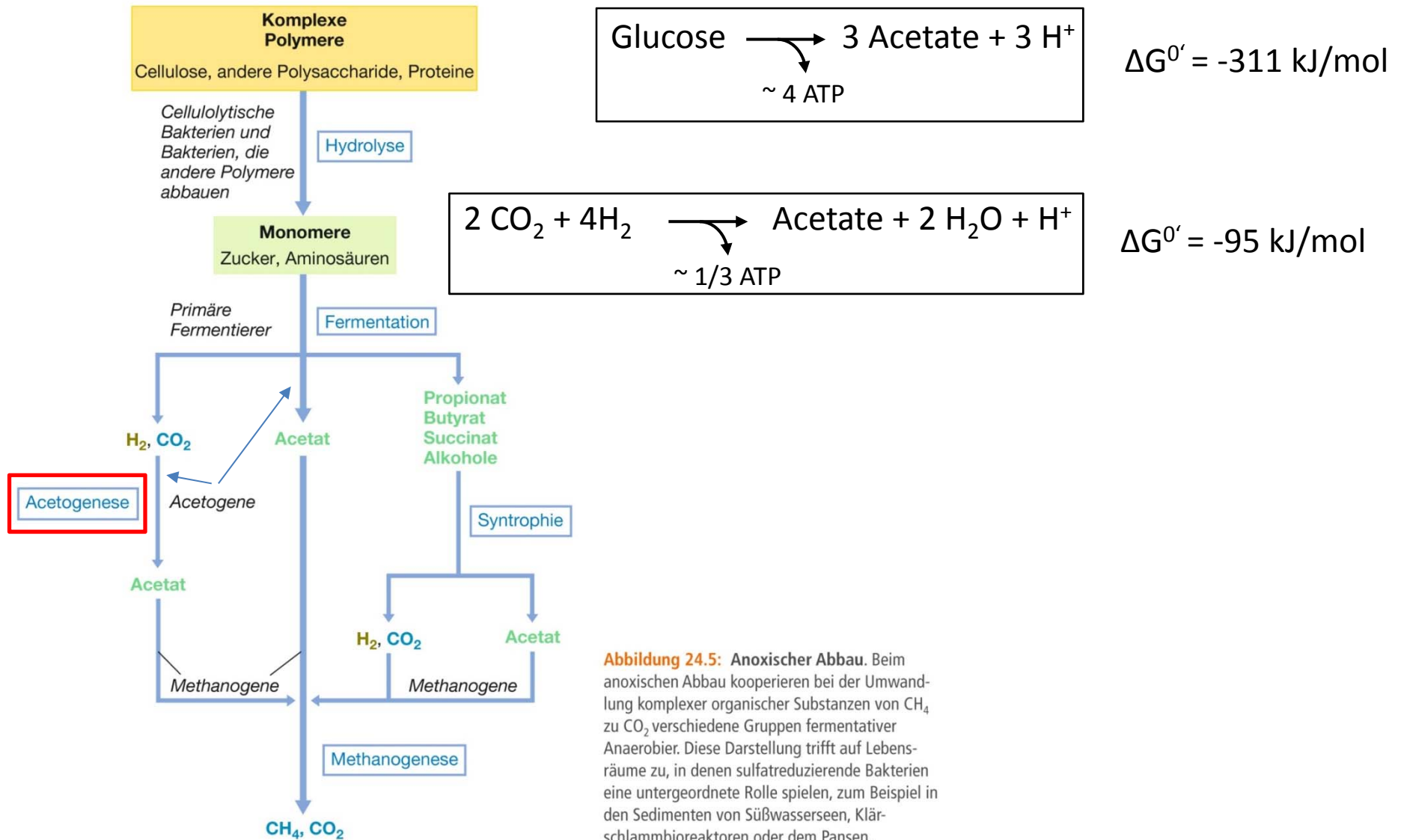


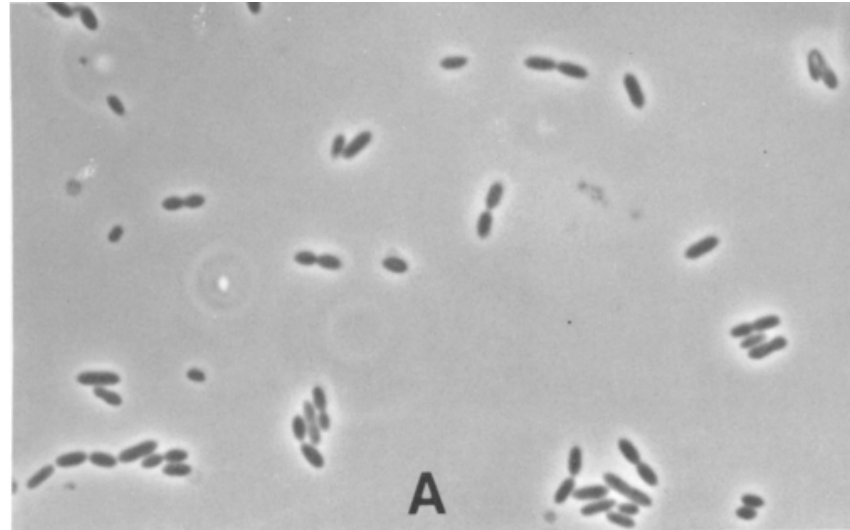
Abbildung 24.5: Anoxischer Abbau. Beim anoxischen Abbau kooperieren bei der Umwandlung komplexer organischer Substanzen von CH₄ zu CO₂ verschiedene Gruppen fermentativer Anaerobier. Diese Darstellung trifft auf Lebensräume zu, in denen sulfatreduzierende Bakterien eine untergeordnete Rolle spielen, zum Beispiel in den Sedimenten von Süßwasserseen, Klärschlammbioreaktoren oder dem Pansen.

Acetogens

- present in 23 different bacterial genera (acetogenesis is not a phylogenetic trait)
- Most acetogens found in the phylum Firmicutes (low GC Gram-positive)
- Several genera such as *Clostridium* contain acetogenic as well as non-acetogenic species, whereas other genera such as *Acetobacterium* or *Sporomusa* only contain acetogens
- Most known acetogens belong to the genera *Clostridium* and *Acetobacterium*
- three model organisms : *Moorella thermoacetica*, *Acetobacterium woodii* and *Clostridium ljungdahlii*.

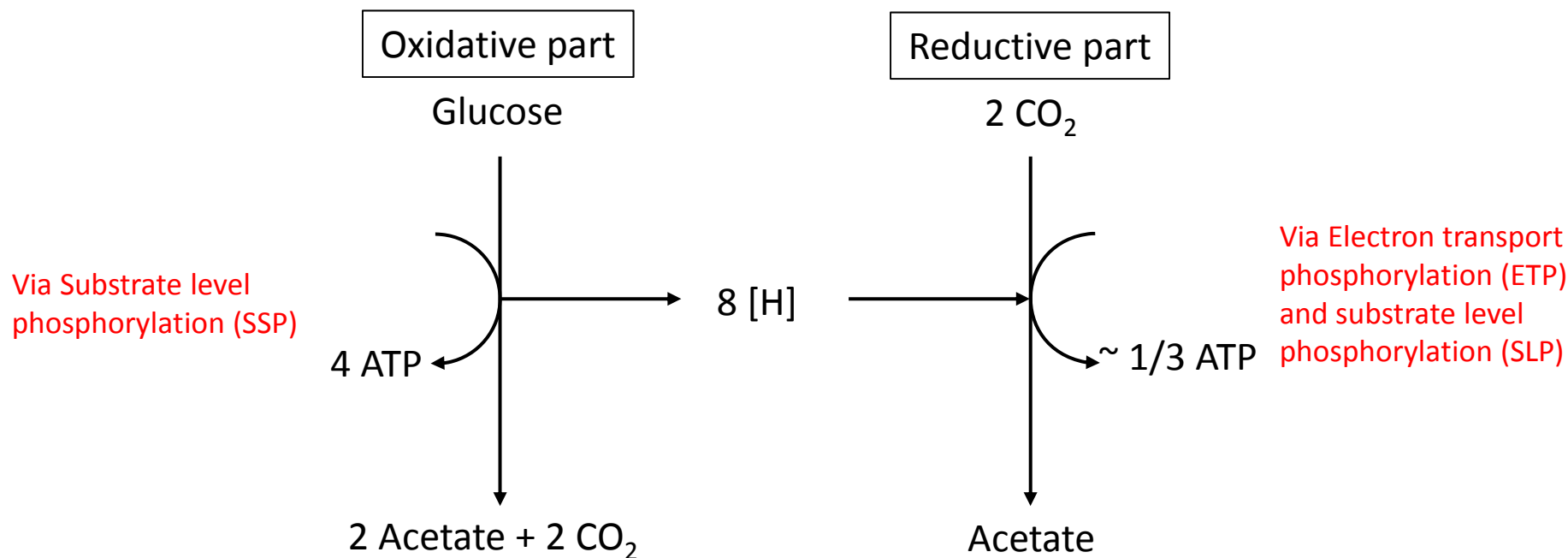
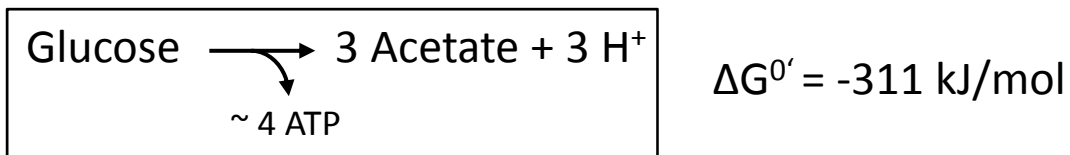
Acetobacterium woodii

- Gram-positive
- Motile
- mesophilic
- non spore-forming
- grow on CO, H₂ and CO₂, formate, methanol, hexoses, pentoses a.o.



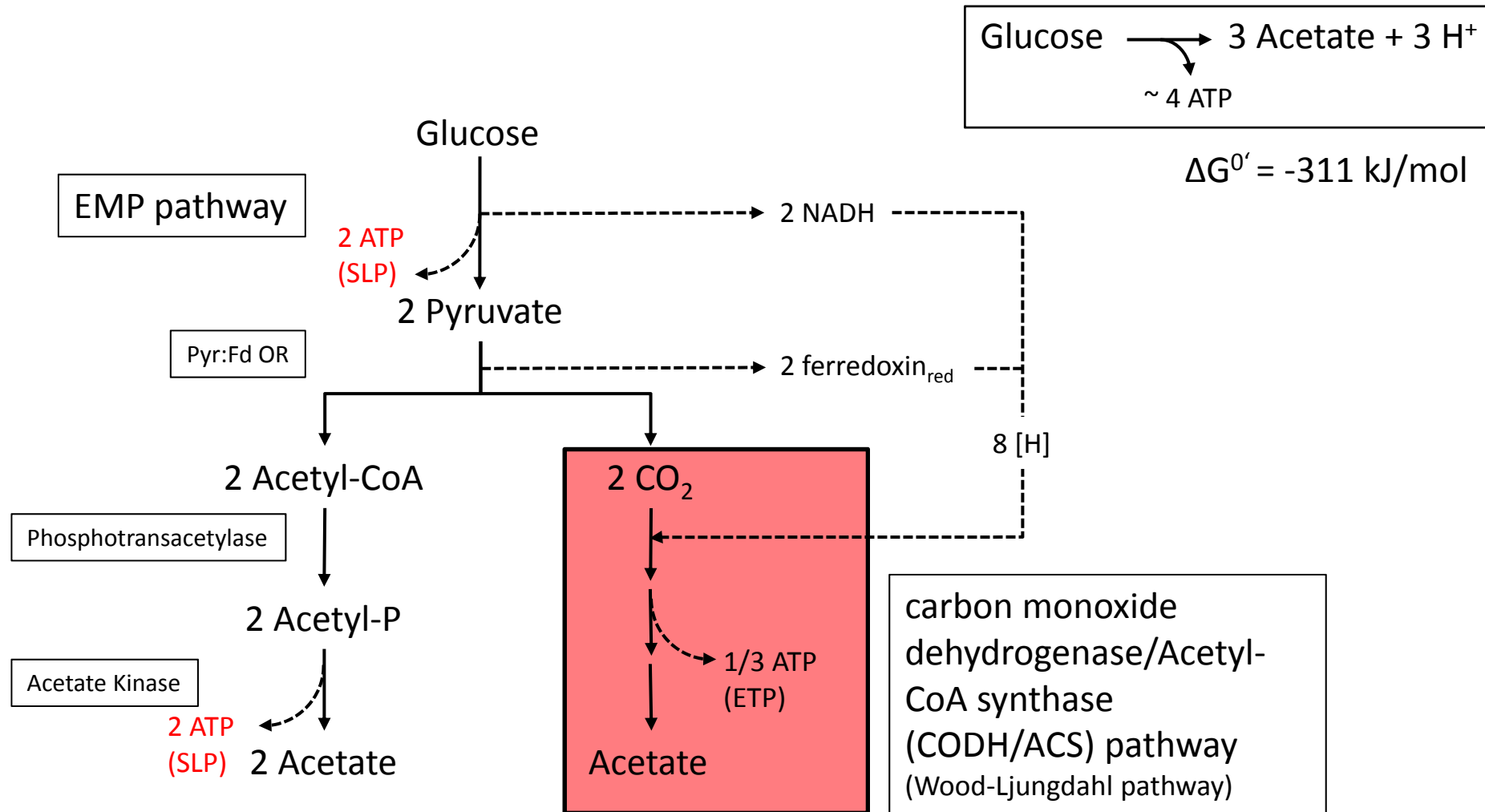
Acetogenesis

chemoorganoheterotrophic – e.g. *Acetobacterium woodii*



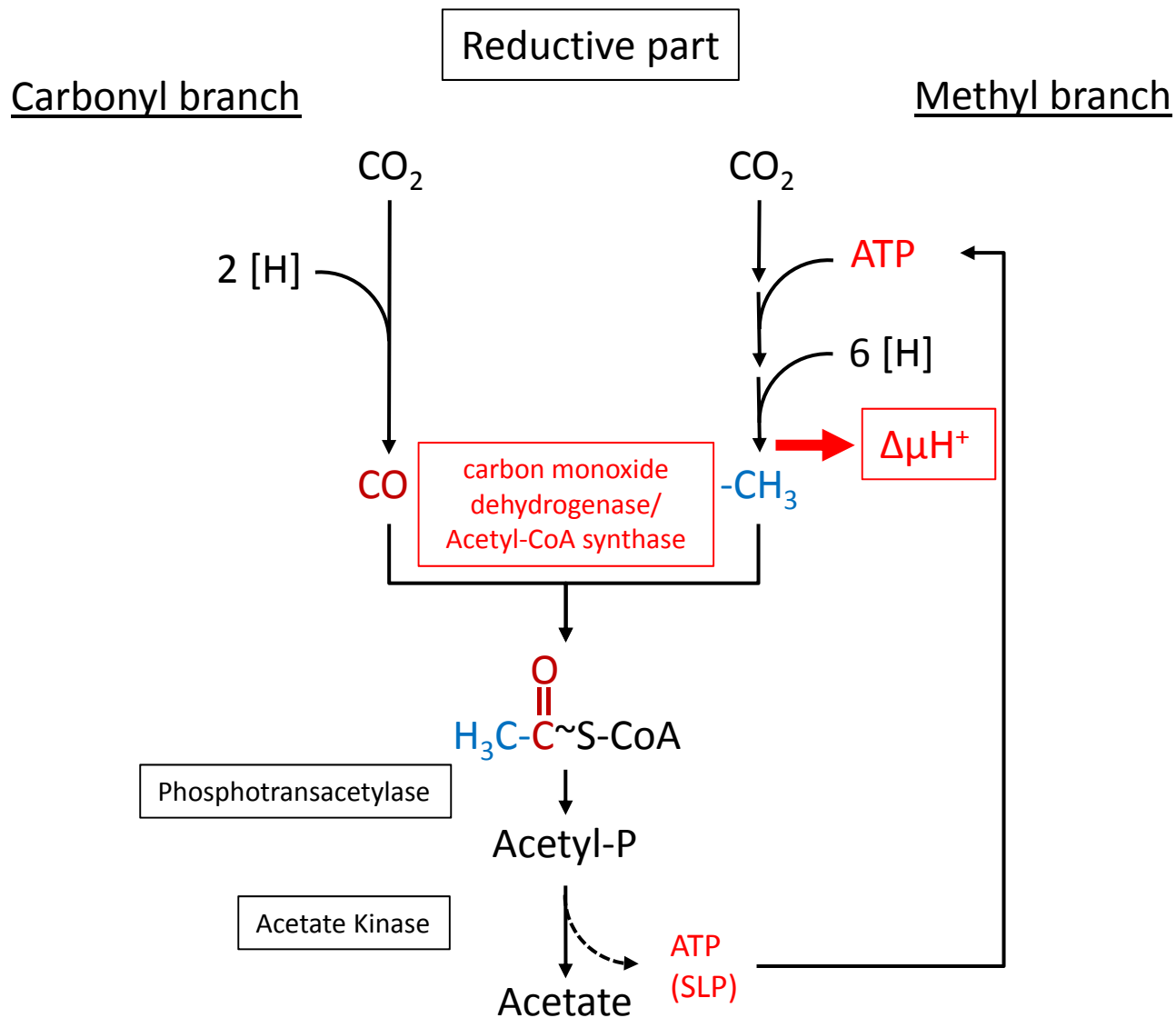
Acetogenesis

chemoorganoheterotrophic – *Acetobacterium woodii*

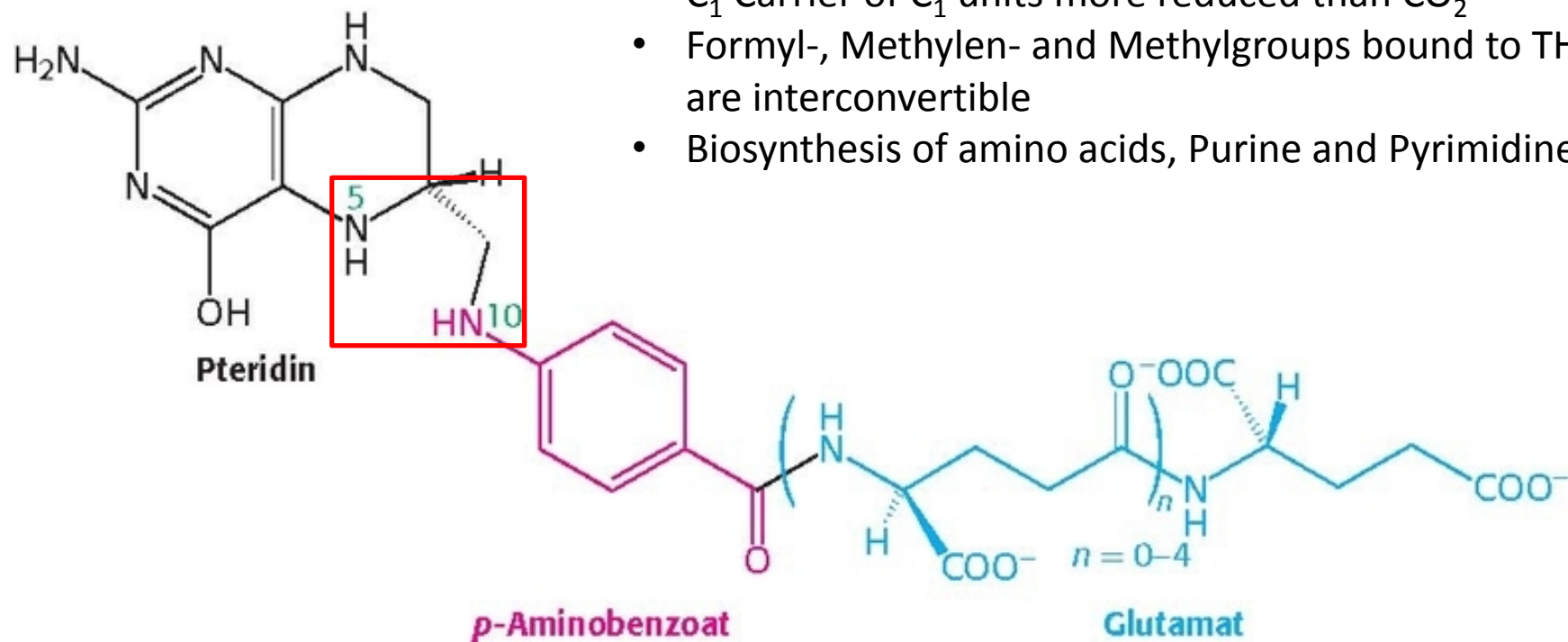


Acetogenesis

chemoorganoheterotrophic – *Acetobacterium woodii*



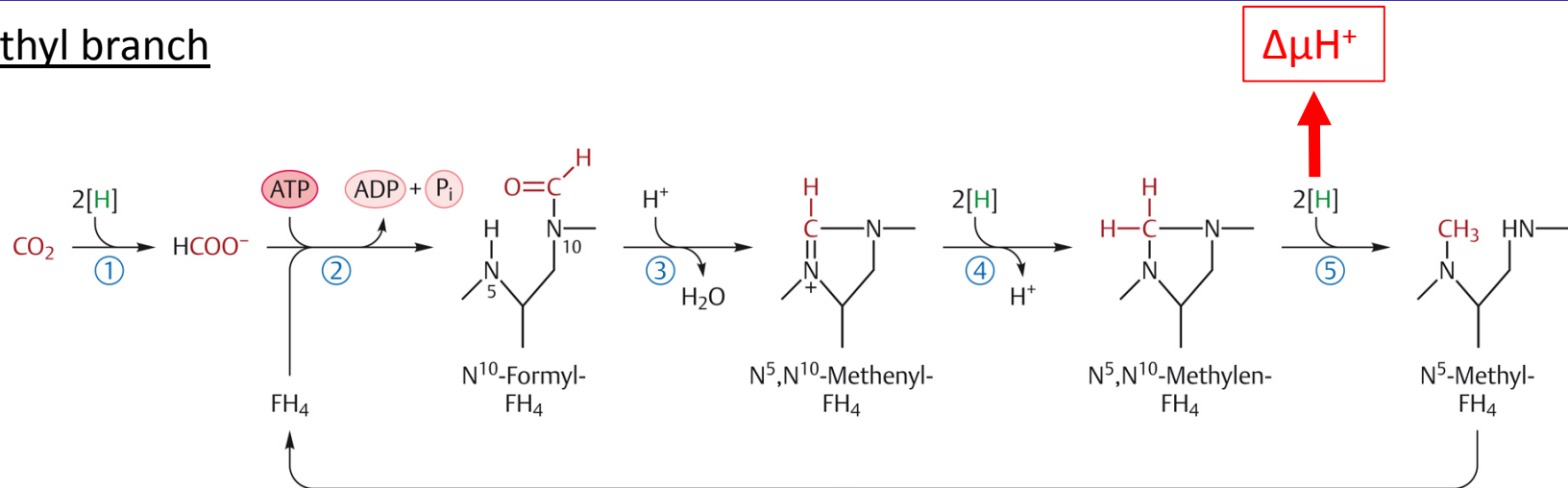
Tetrahydrofolate



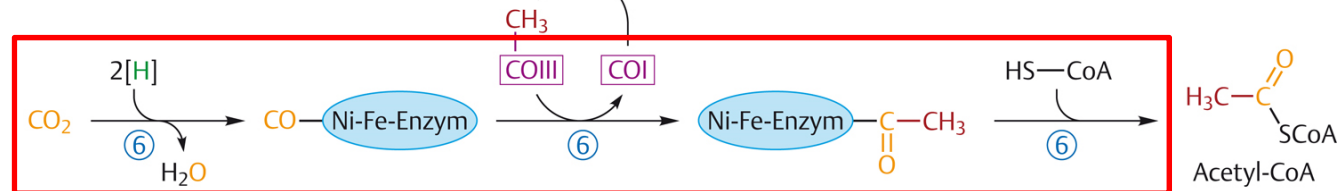
CODH/ACS pathway = Reductive acetyl-CoA pathway

Wood-Ljungdal pathway

Methyl branch



Carbonyl branch



CODH/ACS enzyme complex

Phosphotransacetylase

Acetate Kinase

Acetyl-P

Acetate

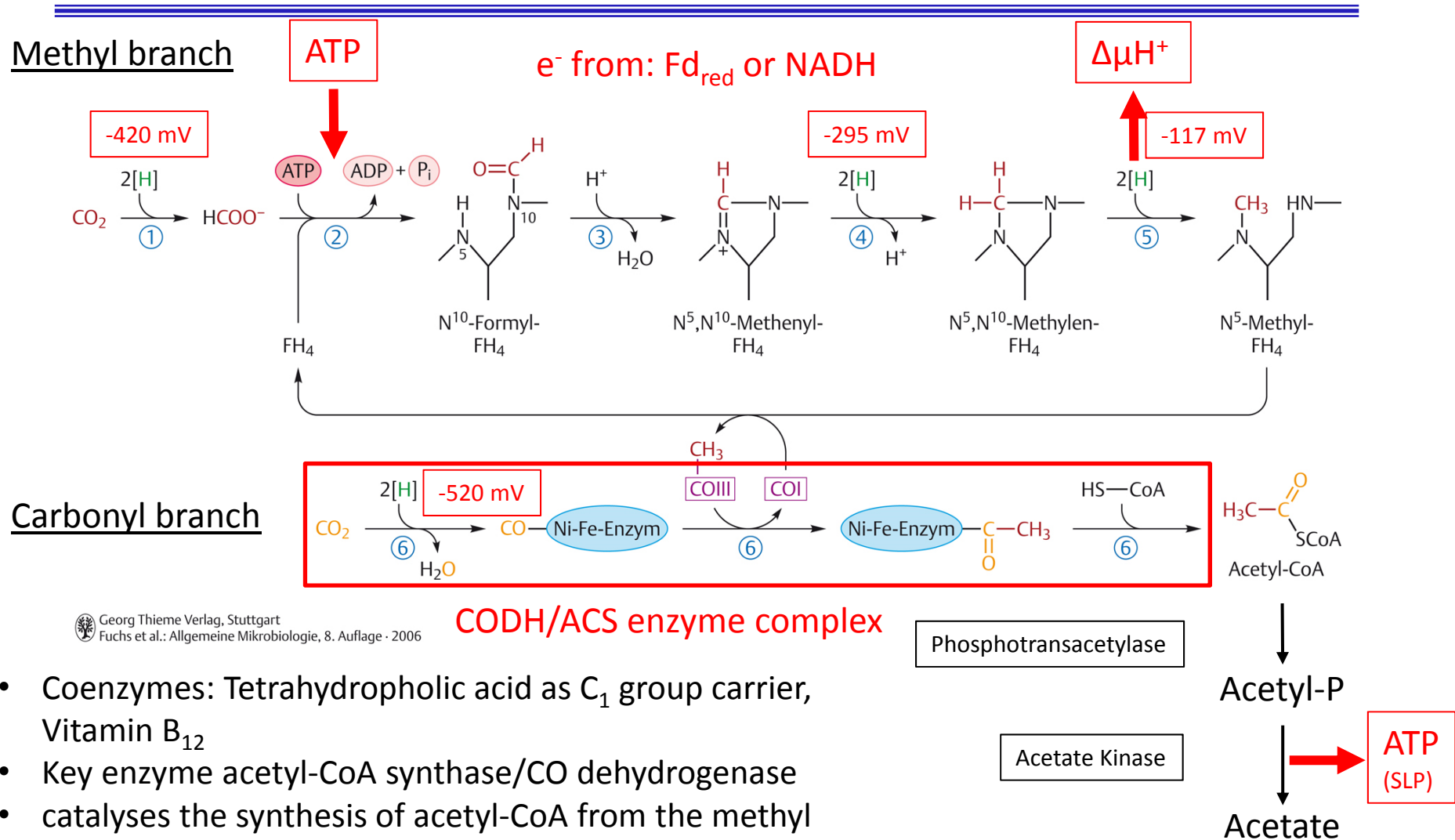
ATP
(SLP)

Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage · 2006

- Coenzymes: Tetrahydrofolic acid as C₁ group carrier, Vitamin B₁₂
- Key enzyme acetyl-CoA synthase/CO dehydrogenase
- catalyses the synthesis of acetyl-CoA from the methyl group (from the methyl branch), the carbonyl group (from the carbonyl branch) and CoA.

CODH/ACS pathway = Reductive acetyl-CoA pathway

Wood-Ljungdahl pathway



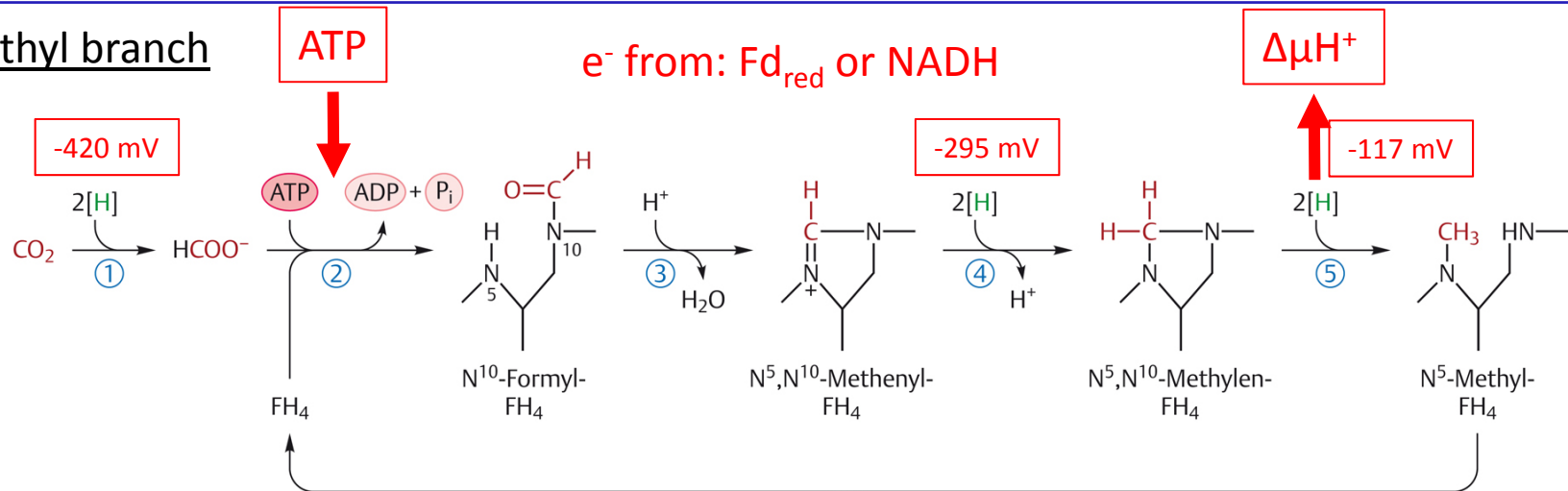
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage · 2006

- Coenzymes: Tetrahydrofolic acid as C₁ group carrier, Vitamin B₁₂
- Key enzyme acetyl-CoA synthase/CO dehydrogenase
- catalyses the synthesis of acetyl-CoA from the methyl group (from the methyl branch), the carbonyl group (from the carbonyl branch) and CoA.

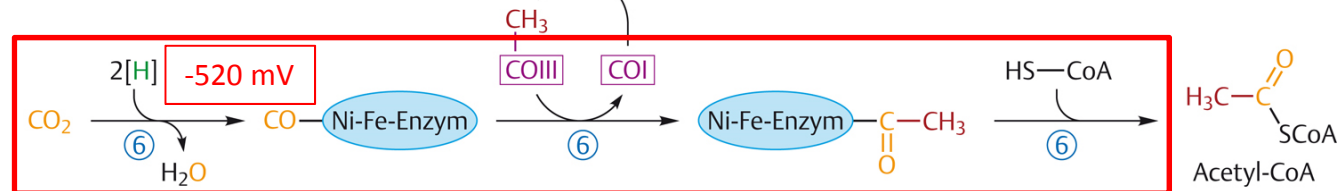
CODH/ACS pathway = Reductive acetyl-CoA pathway

Wood-Ljungdahl pathway

Methyl branch



Carbonyl branch



CODH/ACS enzyme complex

Phosphotransacetylase

Acetate Kinase

Acetyl-P

Acetate

ATP (SLP)

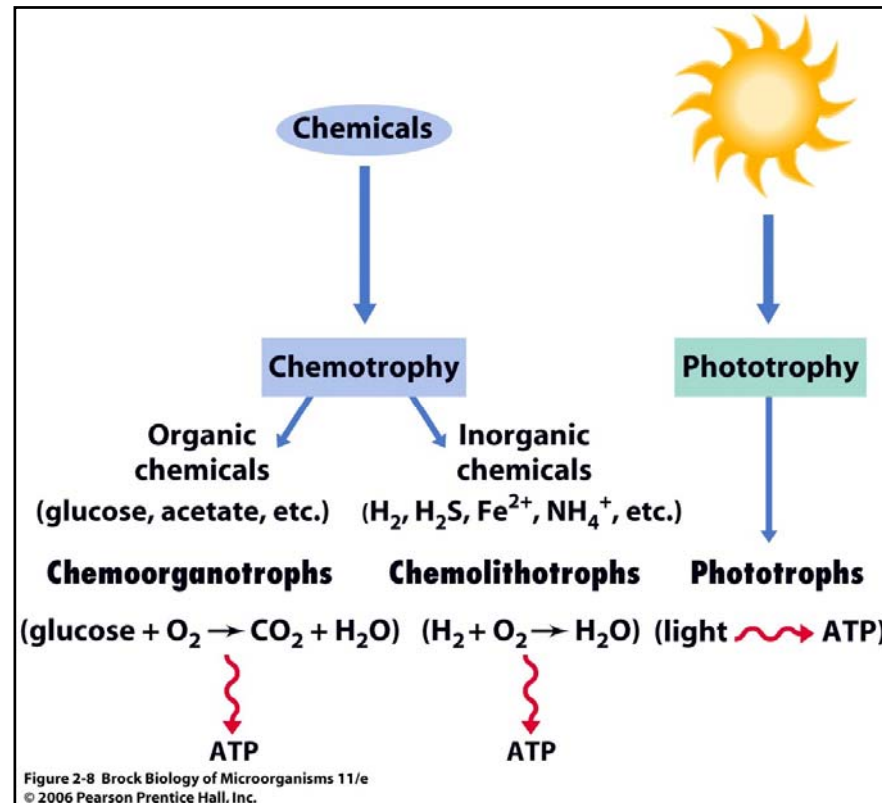
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage · 2006

1. Formate dehydrogenase
2. Formyl-THF synthetase
3. Formyl-THF cyclohydrolase
4. Methylene-THF dehydrogenase
5. Methylene-THF reductase
6. Carbon monoxide dehydrogenase/acetyl-CoA synthase

Life style

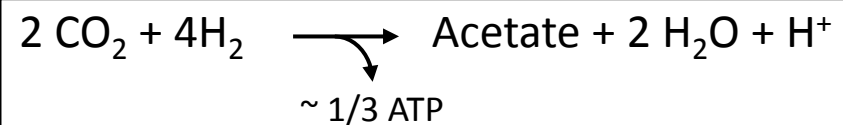
Energiequelle	Licht	Photo-		
	Redoxreaktion	Chemo-		
Elektronendon(at)or	anorganischer Stoff		Litho-	
	organischer Stoff		Organo-	
Kohlenstoffquelle	anorganischer Stoff			Auto-
	organischer Stoff			Hetero-
				-trophie

- Microorganisms show a high metabolic diversity
- Play important roles in the biogeochemical cycles of elements



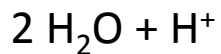
Acetogenesis

chemolithoautotrophic – *Acetobacterium woodii*

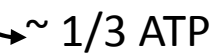
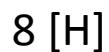


$$\Delta G^{0'} = -95 \text{ kJ/mol}$$

Oxidative part



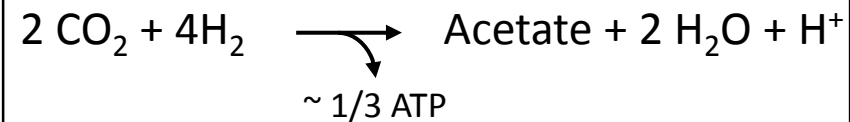
Reductive part



Via Electron transport phosphorylation (ETP)

Acetogenesis

chemolithoautotrophic – *A. woodii*



$$\Delta G^{0'} = -95 \text{ kJ/mol}$$

(pH₂ 1 atm)

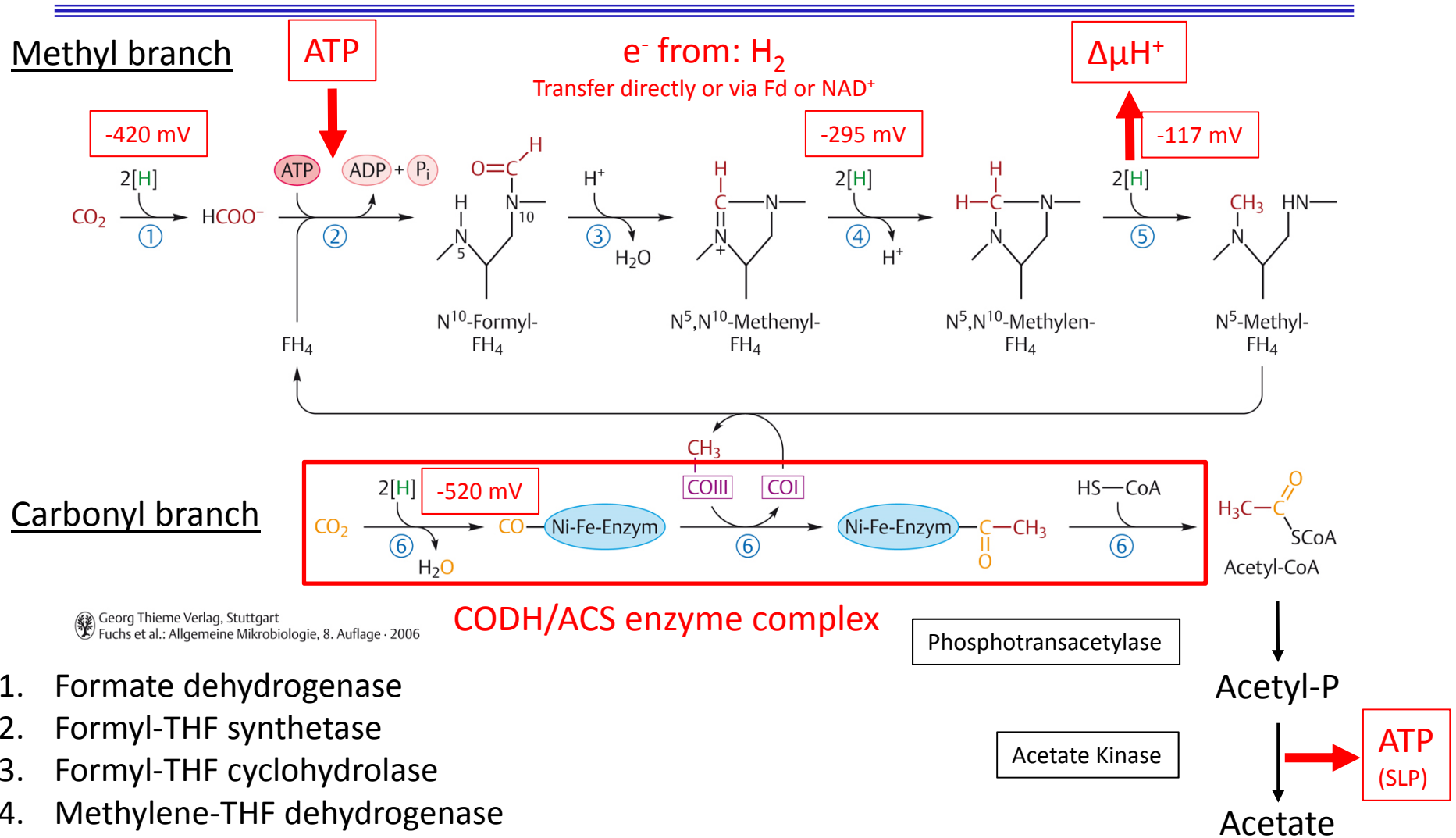
$$\Delta G' = \Delta G^{0'} + RT \times \ln \left(\frac{[\text{P1}]^a [\text{P2}]^b}{[\text{S1}]^c [\text{S2}]^d} \right)$$

$$\begin{aligned} \Delta G' &= -95 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times \lg \left(\frac{[\text{P1}]^a [\text{P2}]^b}{[\text{S1}]^c [\mathbf{10^{-3}}]^4} \right) \\ &= -95 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times 12 \\ &= \sim -25 \text{ kJ/mol} \text{ (pH}_2 \text{ } 10^{-3} \text{ atm)} \rightarrow \sim 1/3 \text{ ATP} \\ &= \sim -4 \text{ kJ/mol} \text{ (pH}_2 \text{ } 10^{-4} \text{ atm)} \rightarrow \text{kein Wachstum} \end{aligned}$$

→ H₂ concentrations are crucial for energy generation

CODH/ACS pathway = Reductive acetyl-CoA pathway

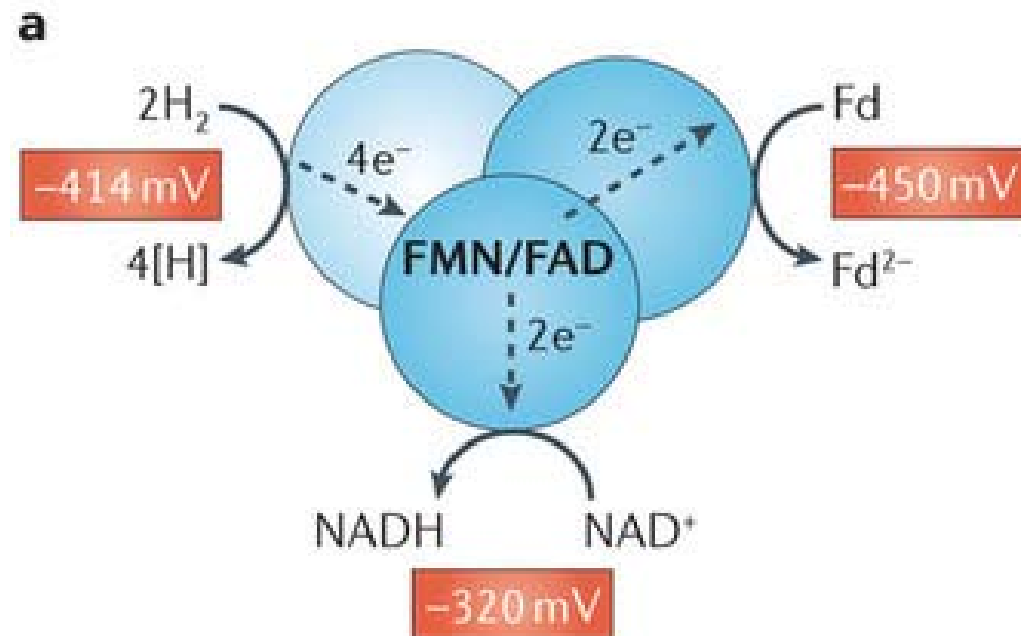
Wood-Ljungdahl pathway



Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage · 2006

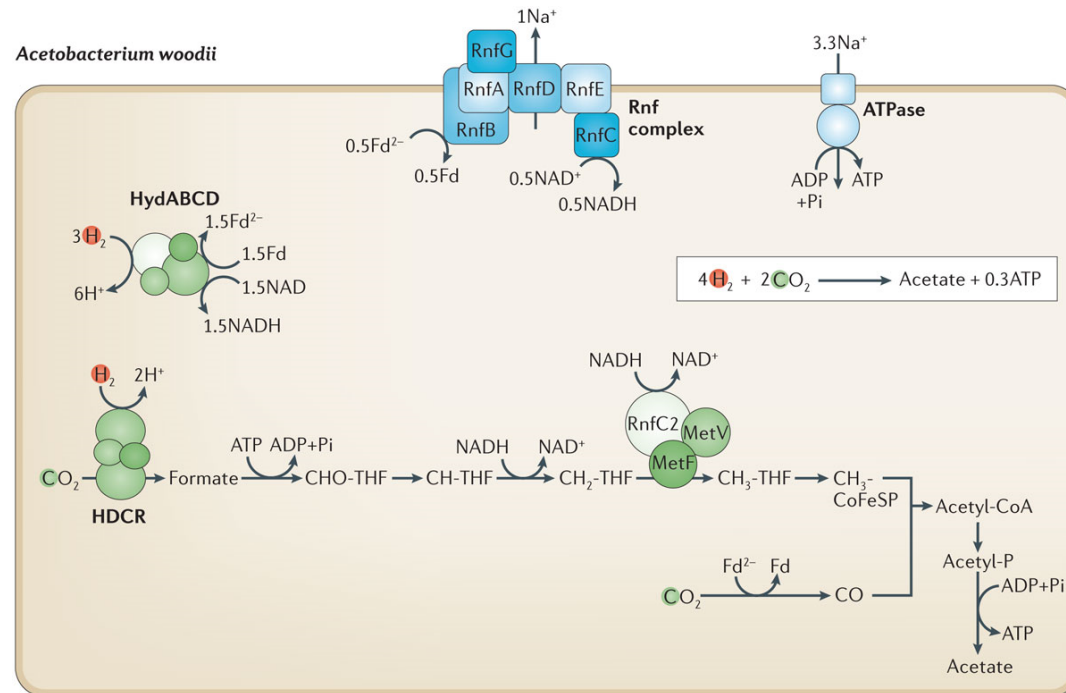
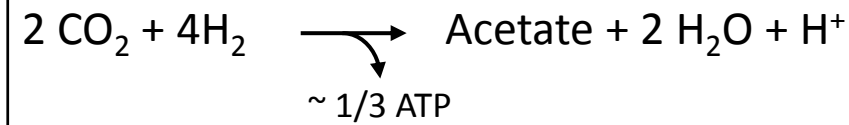
1. Formate dehydrogenase
2. Formyl-THF synthetase
3. Formyl-THF cyclohydrolase
4. Methylene-THF dehydrogenase
5. Methylene-THF reductase
6. Carbon monoxide dehydrogenase/acetyl-CoA synthase

Flavin-based Electron bifurcation



Energy conservation *A. woodii*

autotrophic conditions



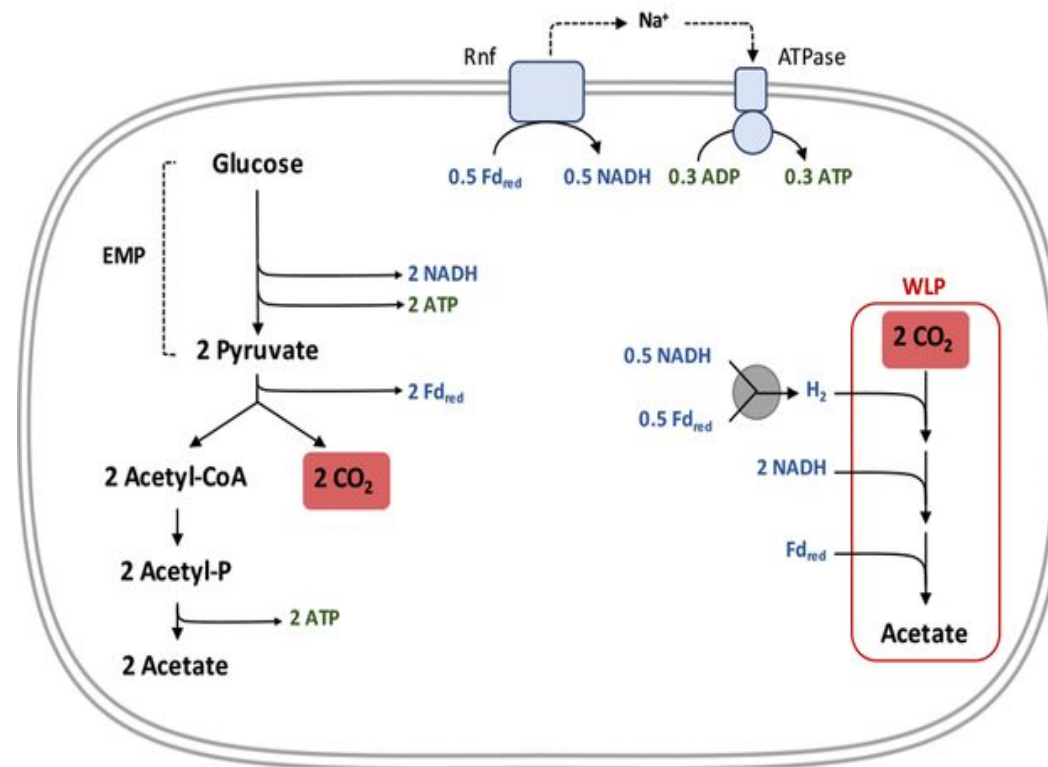
Nature Reviews | Microbiology

Rnf = multisubunit ferredoxin- NAD^+ oxidoreductase
 HDCCR = hydrogen-dependent CO_2 reductase
 HydABCD = electron-bifurcating hydrogenase

Schuchmann K, Müller V (2014),
 Nature Reviews Microbiology 12, 809–821

Energy conservation *A. woodii*

heterotrophic conditions



Rnf = multisubunit ferredoxin–NAD⁺ oxidoreductase

Anaerobic food chain

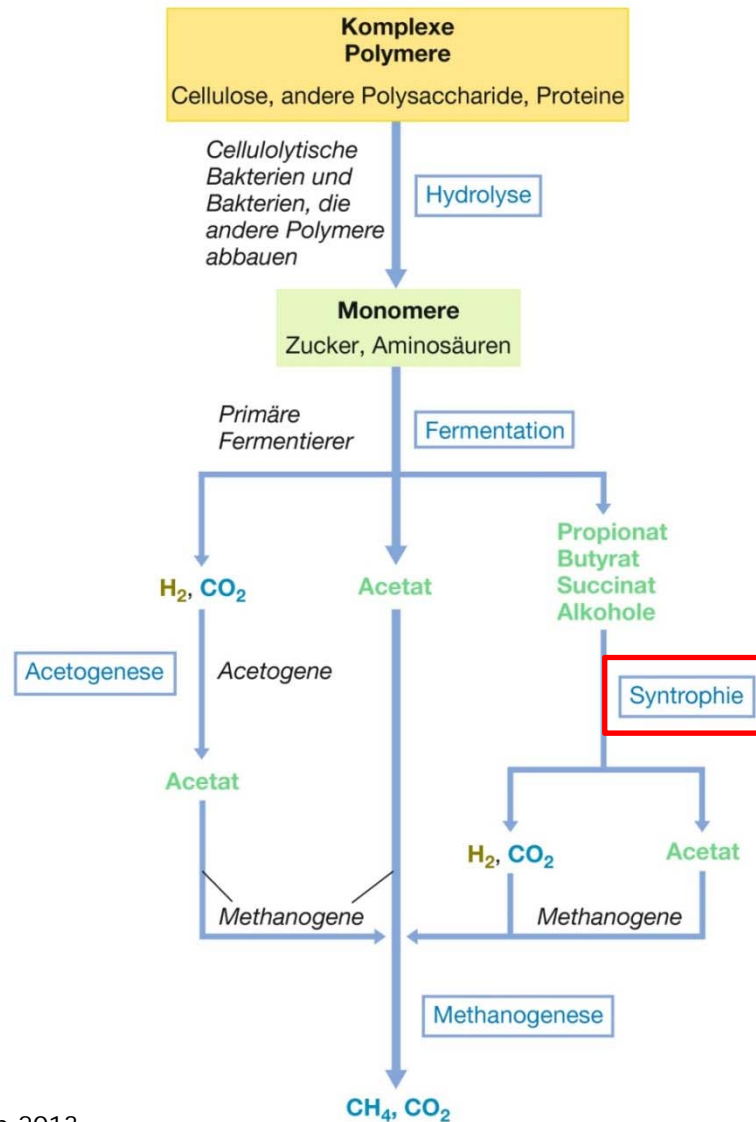


Abbildung 24.5: Anoxischer Abbau. Beim anoxischen Abbau kooperieren bei der Umwandlung komplexer organischer Substanzen von CH_4 zu CO_2 verschiedene Gruppen fermentativer Anaerobier. Diese Darstellung trifft auf Lebensräume zu, in denen sulfatreduzierende Bakterien eine untergeordnete Rolle spielen, zum Beispiel in den Sedimenten von Süßwasserseen, Klärschlammbioreaktoren oder dem Pansen.

Anaerobic food chain

Tabelle 24.1: Die wichtigsten Reaktionen bei der anoxischen Umwandlung organischer Verbindungen zu Methan^a

Reaktionstyp	Reaktion	ΔG^{0b}	ΔG^c
Fermentation von Glucose zu Acetat, H ₂ und CO ₂	Glucose + 4 H ₂ O → 2 Acetat ⁻ + 2 HCO ₃ ⁻ + 4H ⁺ + 4H ₂	-207	-319
Fermentation von Glucose zu Butyrat, CO ₂ und H ₂	Glucose + 2 H ₂ O → Butyrat ⁻ + 2 HCO ₃ ⁻ + 2 H ₂ + 3 H ⁺	-135	-284
Fermentation von Butyrat zu Acetat und H ₂	Butyrat ⁻ + 2 H ₂ O → 2 Acetat ⁻ + H ⁺ + 2 H ₂	+48,2	-17,6
Fermentation von Propionat zu Acetat, CO ₂ und H ₂	Propionat ⁻ + 3 H ₂ O → Acetat ⁻ + HCO ₃ ⁻ + H ⁺ + H ₂	+76,2	-5,5
Fermentation von Ethanol zu Acetat und H ₂	2 Ethanol + 2 H ₂ O → 2 Acetat ⁻ + 4 H ₂ + 2H ⁺	+19,4	-37
Fermentation von Benzoat zu Acetat, CO ₂ und H ₂	Benzoat ⁻ + 7 H ₂ O → 3 Acetat ⁻ + 3 H ⁺ + HCO ₃ ⁻ + 3 H ₂	+70,14	-18
Methanogenese aus H ₂ + CO ₂	4 H ₂ + HCO ₃ ⁻ + H ⁺ → CH ₄ + 3 H ₂ O	-136	-3,2
Methanogenese aus Acetat	Acetat ⁻ + H ₂ O → CH ₄ + HCO ₃ ⁻	-31	-24,7
Acetogenese aus H ₂ + CO ₂	4 H ₂ + 2 HCO ₃ ⁻ + H ⁺ → Acetat ⁻ + H ₂ O	-105	-7,1

^a Daten nach Zander, S. 1984. Microbiology of anaerobic conversion of organic wastes to methane: Recent developments. Am. Soc. Microbiol. 50:294–298.

^b Standardbedingungen; gelöste Substanzen, 1M; Gase, 1 atm, 25 °C.

^c Konzentrationen von Reaktionspartnern in typischen anoxischen Süßwasserökosystemen: Fettsäuren, 1 mM; HCO₃⁻, 20 mM; Glucose, 10 µM; CH₄, 0,6 atm; H₂, 10⁻⁴ atm. Zur Berechnung von ΔG aus $\Delta G^{0'}$ sehen Sie bitte im Anhang 1 nach.

Syntrophy

- Secondary fermentations = utilization of fermentation products (alcohols, fatty acids etc.) of other organisms to the finally yield acetate, CO₂ and H₂
- Under standard conditions endergonic processes
- Coupling of the endergonic H₂ producing secondary fermentations with H₂ consuming reactions like methanogenesis

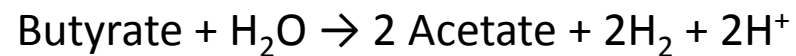
Reaction	ΔG° (kJ per mol)	
Hydrogen-releasing reactions		
Primary alcohols		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+9.6	
Fatty acids		
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+48.3	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$	+76.0	
→ $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2$	+94.9	
$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COO}^- + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2$	+25.2	
Glycolic acid		
$\text{CH}_2\text{OHCOO}^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2$	+19.3	
Aromatic compounds		
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}^+ + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$	+49.5	
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + 3\text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+10.2	
Amino acids		
$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+ + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$	+2.7	
Hydrogen-consuming reactions		
$4\text{H}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	-94.9	
$4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	-131.0	
$\text{H}_2 + \text{S}^{\circ} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$	-33.9	
$4\text{H}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HS}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	-151.0	
$\text{H}_2\text{C}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^- + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$	-78.0	
$\text{Fumarate} + \text{H}_2 \rightarrow \text{succinate}$	-86.0	

→ = Syntrophy

Syntrophy

- Secondary fermentations = utilization of fermentation products (alcohols, fatty acids etc.) of other organisms to the finally yield acetate, CO₂ and H₂
- Under standard conditions endergonic processes
- Coupling of the endergonic H₂ producing secondary fermentations with H₂ consuming reactions like methanogenesis

→ = Syntrophy, association of secondary fermenting organisms with H₂ consuming organisms



$$\Delta G^{0'} = +48 \text{ kJ/mol}$$

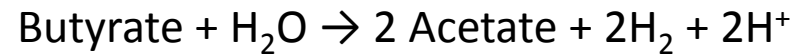
(pH₂ 1 atm)

Acetate and H₂ formation from butyrate at **pH₂ 10⁻⁴ atm, 1 mM**

butyrate and 0.1 mM acetate:

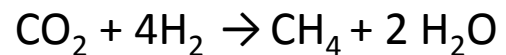
$$\begin{aligned}\Delta G' &= +48 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times \lg \left(\frac{[10^{-4}]^2 [10^{-4}]^2}{[10^{-3}]} \right) \\ &= +48 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times -13 \\ &= \sim -26 \text{ kJ/mol (pH}_2 \text{ 10}^{-4} \text{ atm)} \rightarrow \sim 1/3 \text{ ATP}\end{aligned}$$

Syntrophy



Acetate and H₂ formation from butyrate at **pH₂ 10⁻⁴ atm, 1 mM butyrate and 0.1 mM acetate:**

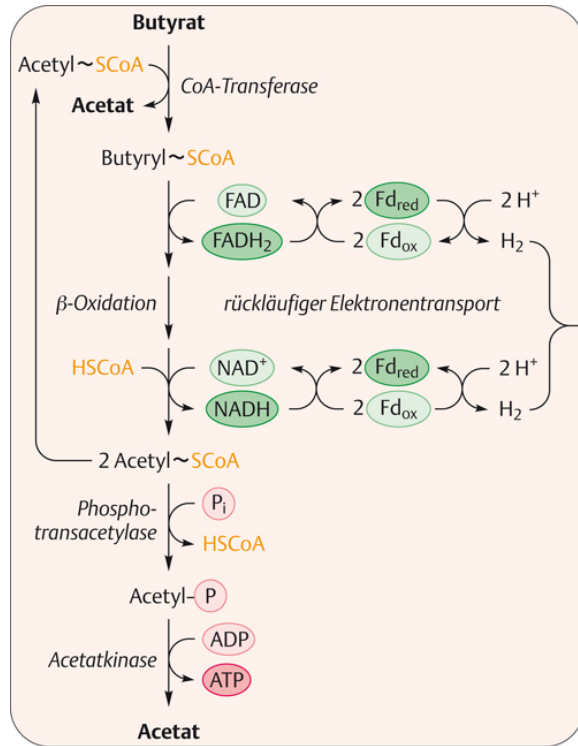
$$\begin{aligned}\Delta G' &= +48 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times \lg \left(\frac{[\mathbf{10^{-4}}]^2 [\mathbf{10^{-4}}]^2}{[\mathbf{10^{-3}}]} \right) \\ &= +48 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times -13 \\ &= \mathbf{\sim -26 \text{ kJ/mol (pH}_2 \mathbf{10^{-4} \text{ atm)} \rightarrow \sim 1/3 \text{ ATP}}}\end{aligned}$$



Methanogenesis from CO₂ and H₂ at **pH₂ 10⁻⁴ atm:**

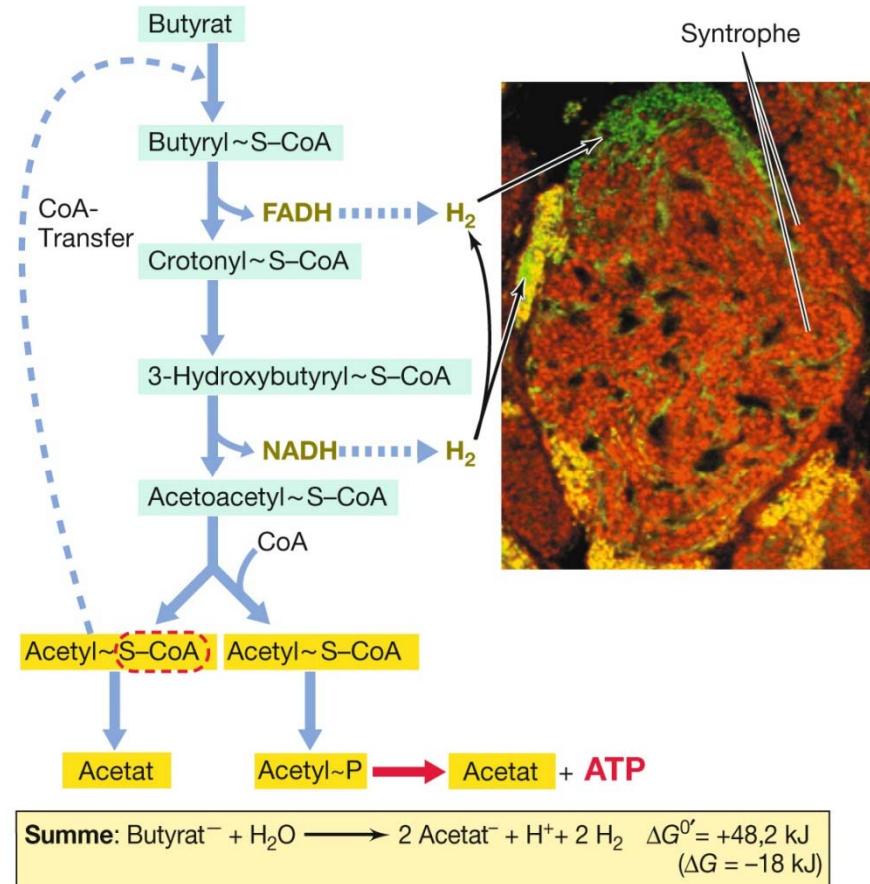
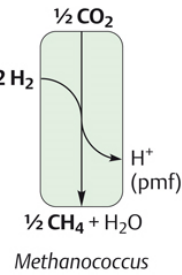
$$\begin{aligned}\Delta G' &= -131 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times \lg \left(\frac{[\text{P1}]^a [\text{P2}]^b}{[\text{S1}]^c [\mathbf{10^{-4}}]^4} \right) \\ &= -131 \text{ kJ/mol} + 5.7 \text{ kJ/mol} \times 16 \\ &= \mathbf{\sim -39 \text{ kJ/mol (pH}_2 \mathbf{10^{-4} \text{ atm)} \rightarrow \sim 1/3 - 1/2 \text{ ATP}}}\end{aligned}$$

Syntrophy



Syntrophomonas

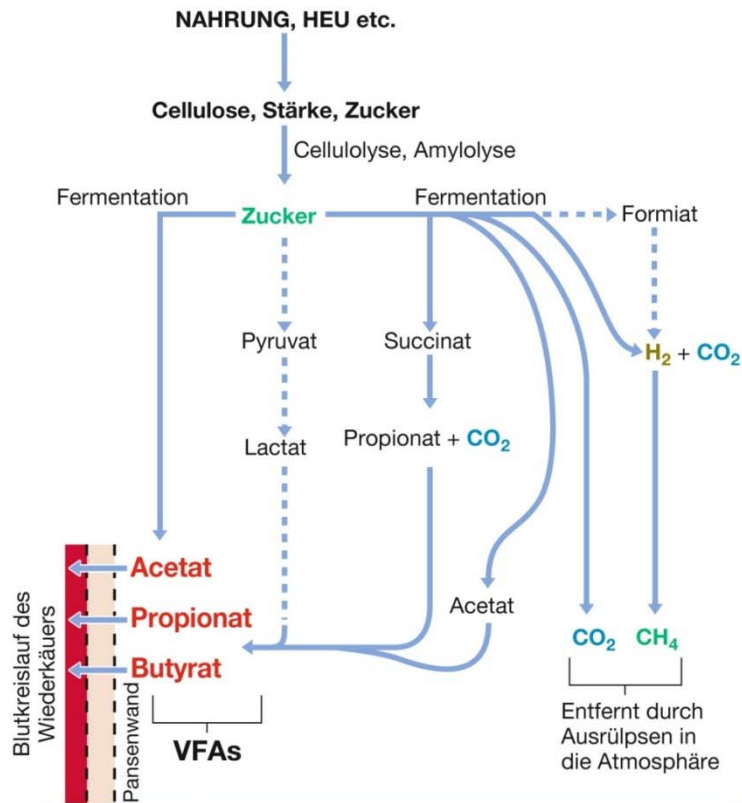
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage - 2006



(a) Syntrophe Kultur

Interspecies hydrogen transfer

The rumen ecosystem



Gesamtstöchiometrie der Pansenfermentation

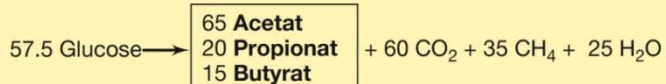
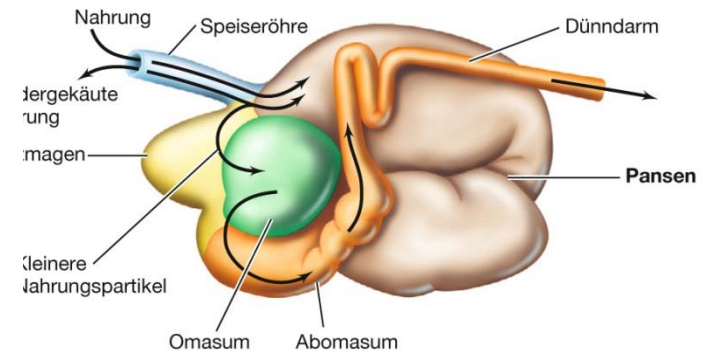


Abbildung 25.27: Biochemische Reaktionen im Pansen. Die wichtigsten Wege sind als nicht unterbrochene Linien dargestellt; die unterbrochenen Linien weisen auf die weniger wichtigen Wege hin. Flüchtige Fettsäuren (VFAs), die fast immer in konstanten Konzentrationen vorliegen, sind Acetat, 60 mM; Propionat, 20 mM; Buttersäure, 10 mM.



(b)

Anaerobic food chain

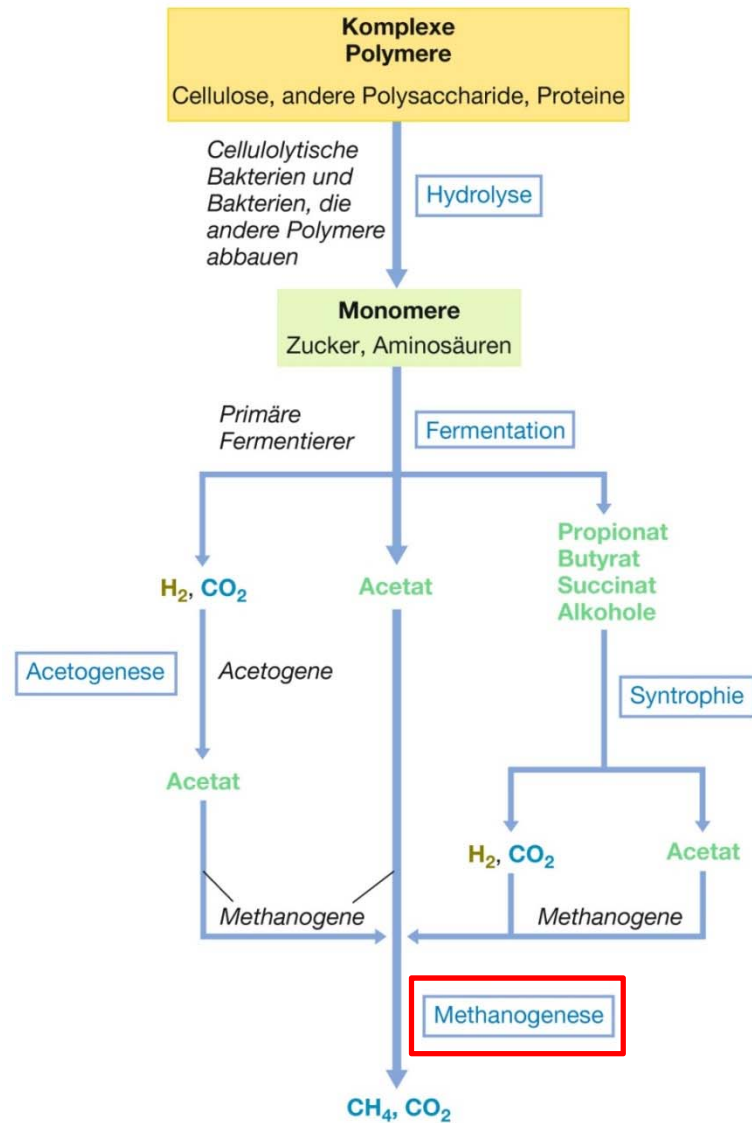


Abbildung 24.5: Anoxischer Abbau. Beim anoxischen Abbau kooperieren bei der Umwandlung komplexer organischer Substanzen von CH_4 zu CO_2 verschiedene Gruppen fermentativer Anaerobier. Diese Darstellung trifft auf Lebensräume zu, in denen sulfatreduzierende Bakterien eine untergeordnete Rolle spielen, zum Beispiel in den Sedimenten von Süßwasserseen, Klärschlammbioreaktoren oder dem Pansen.

Questions 4

- What is Acetogenesis, what are the substrates, what the products?
- Name the underlying pathway for CO₂ reduction and the two branches involved?
- What is the key coenzyme?
- What is the key enzyme and which reaction does it catalyze?
- How is energy gained? Which condition is crucial for autotrophic Acetogenesis?
- Outline the steps of the anerobic food chain! (remember also the different modes of primary fermentations, substrates, products etc.)
- What are the substrates and products of secondary fermentations? What is the key problem and how are these reactions driven?
- What is Syntrophy?

Fragen 4

- Was ist Acetogenese, was sind die Substrate, was die Produkte?
- Benenne den zugrunde liegenden Stoffwechselweg zur CO₂ Reduktion und dessen beiden „Zweige“, die daran beteiligt sind?
- Wie heißt das Schlüsselcoenzym dieses Weges?
- Wie heißt das Schlüsselenzym und welche Reaktion katalysiert es?
- Wie hoch ist die Energieausbeute? Welche Bedingung ist für die autotrophe Acetogenese essentiell wichtig?
- Skizzieren Sie die Schritte der anaeroben Nahrungskette! (remember also the different modes of primary fermentations, substrates, products etc.)
- Was sind die Substrate und Produkte sekundärer Fermentationen? Was ist bei diesen Reaktionen das Grundproblem und wie werden sie angetrieben?
- Was ist Syntrophie?

Übung: Mikrobielles Wachstum I

Aufgabe:

1.) *E. coli* wurde auf eine OD_{600} von 0,1 aus einer exponentiell wachsenden Kultur auf das gleiche Medium (Minimalmedium mit 20 mM als C- & E-Quelle) überimpft und wächst exponentiell mit einer Verdopplungszeit von 40 min. Wie lange dauert es, bis die Kultur eine OD_{600} von 5,0 erreicht hat?

2.) Ihre Kurve soll in etwa alle 0.5 OD Einheiten einen Meßpunkt zeigen; zu welchen Zeitpunkten müssen Sie Probe nehmen?