

# Biochemie und Stoffwechsel

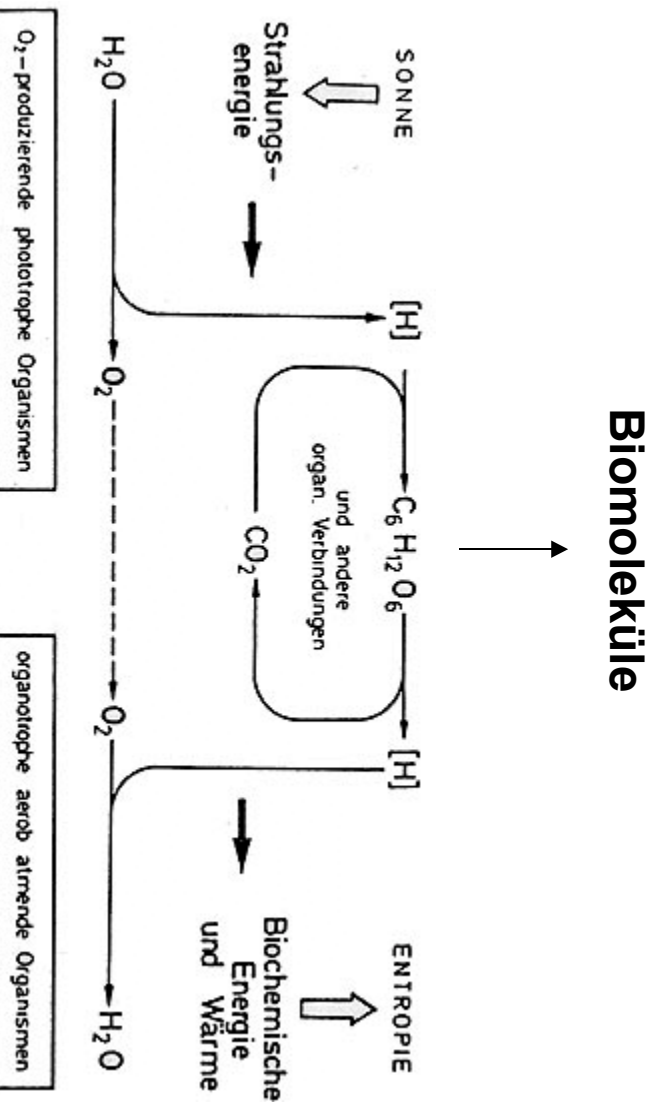
- **Biochemie**
  - Aufklärung der Stoffwechselwege und -teilschritte
  - Identifikation der Ausgangs-, Zwischen- und Endprodukte (Stoffwechselprodukte)
  - Enzyme sind Proteine mit Katalysatorwirkung. Jeder Stoffwechselschritt wird von einem Enzym katalysiert. Ungefähr die Hälfte der Trockensubstanz einer Zelle sind Proteine, davon 80-90% Enzyme.
- **Stoffwechsel - Energiebereitstellung - Biomoleküle**
  - Endprodukte des Energiestoffwechsels: Milchsäure, Ethanol, Methan, Aceton, Butanol
  - Primärmetabolite: Wichtige Funktion im Stoffwechsel; werden während dem Wachstum gebildet. Z.B. Zucker, Fettsäuren, Aminosäuren, Vitamine
  - Sekundärmetabolite: Keine grundlegende Funktion im Stoffwechsel; Bildung meistens erst nach Abschluss des Wachstums. Z.B. Antibiotika, Toxine, Farbstoffe

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

1

## Energiebereitstellung und Aufbau von Biomolekülen



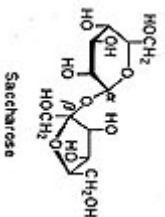
10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

2

# Die wichtigsten Biomoleküle

- **Kohlenhydrate**
  - Monosaccharide
  - Disaccharide
  - Oligosaccharide
  - Polysaccharide



- **Proteine**
  - Aminosäuren

- **Nukleotide**
  - Basen
  - Phosphat
  - Pentosezucker



Aus diesen Substanzen können von jeder Zelle die meisten Biomoleküle synthetisiert werden.

- **Lipide**
  - Glycerin
  - Fettsäuren
  - Phosphat



# Kohlenhydrate: Funktionen und Aufgaben

- **Energielieferanten, Ausgangssubstanzen für die Herstellung anderer Stoffe (Monosaccharide, Disaccharide)**
- **Markierung von Proteinen (Oligosaccharide in Glykoproteinen)**
- **Energievorräte, Baustoffe (Polysaccharide)**

## Kohlenhydrate: Aufbau

Kohlenhydrate bestehen aus

- Kohlenstoff
- Wasserstoff
- Sauerstoff

Meist im Verhältnis ( $C_1H_2O_1$ )

z.B. Glucose:  $C_6H_{12}O_6$

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

5

## Zuckerketten

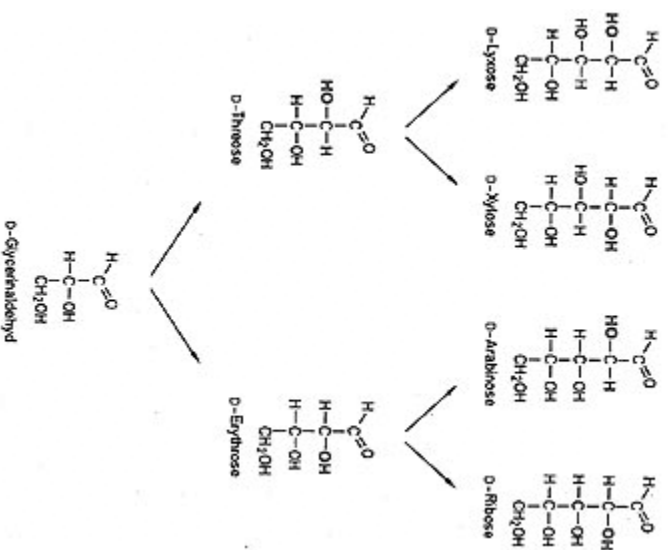
- **Monosaccharide: 1 Zuckermolekül**  
Glucose [Traubenzucker, Dextrose], Fructose [Fruchtzucker], Galactose
- **Disaccharide: 2 Zuckermoleküle**  
Saccharose [Rohrzucker], Lactose [Milchzucker]
- **Oligosaccharide: 3-ca. 15 Zuckermoleküle**  
Streptomycin [ein Antibiotikum] -> Glykoproteine
- **Polysaccharide: lange Ketten von Zuckern**  
Stärken [Pektin, Amylose, Glykogen], Cellulose, Chitin

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

6

# Aufbau der Zucker: Ausgangspunkt Glycerinaldehyd

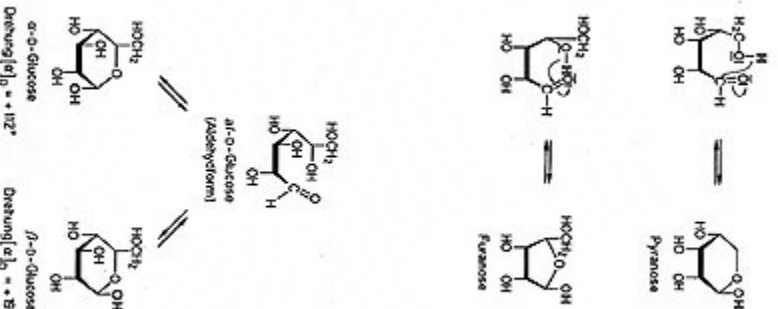


10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

7

# Räumliche Struktur der Zucker

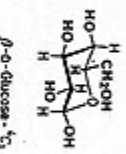
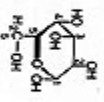
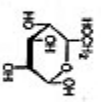
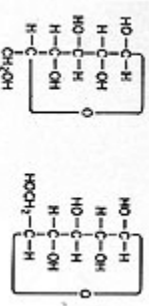


ETH Zürich / D-MAVT / Einführung

Man bezeichnet dieses Konformere als  ${}^4C_1$ . C sieht hierbei für enpl.  ${}^4C_1$  (Sessel, die Zahl links gibt an, welches C-Atom über der Ebene, die Zahl rechts, welches unterhalb der Ebene steht.

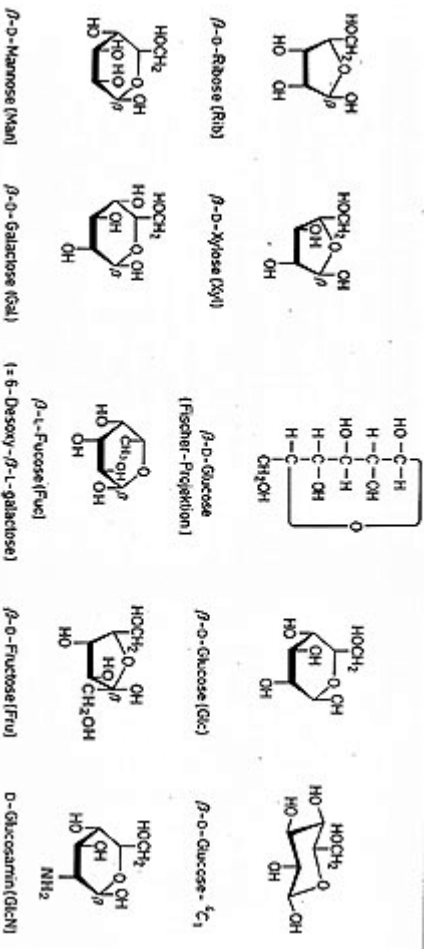
8

Lebt man  $\alpha$ -D-Glucose in Wasser, so beobachtet man zuerst die angegebene Drehung; diese ändert sich aber, und nach einigen Stunden stellt sich ein Endwert von  $[\alpha] = +52^\circ$  ein, der dem Gleichgewichtswertgemisch entspricht. Es gibt auch ein Enzym, die Maltase, das die Gleichgewichtseinstellung beschleunigt. Derselbe Effektung beobachtet man an einer Lösung von  $\beta$ -Glucose. Die als Malturonat bezeichnete Dehydratierungs- und das Austreten der anomeren Formen waren ein wichtiger Beweis für die Richtigkeit der Ringformeln.

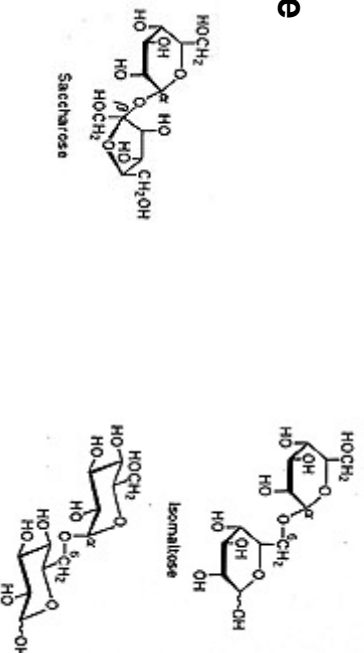


# Die wichtigsten Zucker

## Monosaccharide



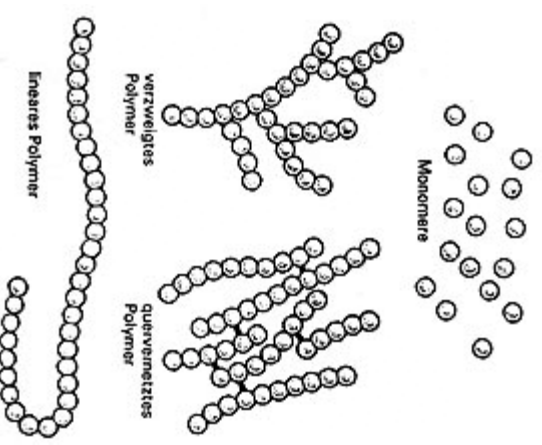
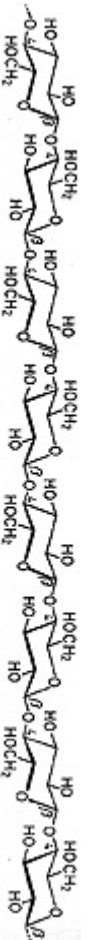
## Disaccharide



## Polysaccharide

In der Natur - besonders im Pflanzenreich - besonders zahlreiche, verschiedene Polymere:

- Stärken: Glykogen, Amylose, Pektin
- Cellulose
- Chitin ist ein Polymer aus N-Acetylglucosamin



## Proteine: Funktionen und Aufgaben

- Baustoffe (z.B. Kollagen, Matrixproteine, Cytoskelett)
- Katalysatoren (z.B. Enzyme)
- Transporteure (z.B. Hämoglobin)
- Motoren (z.B. Muskelproteine)
- Botenstoffe (z.B. gewisse Hormone)
- Energiereserve für Notzeiten

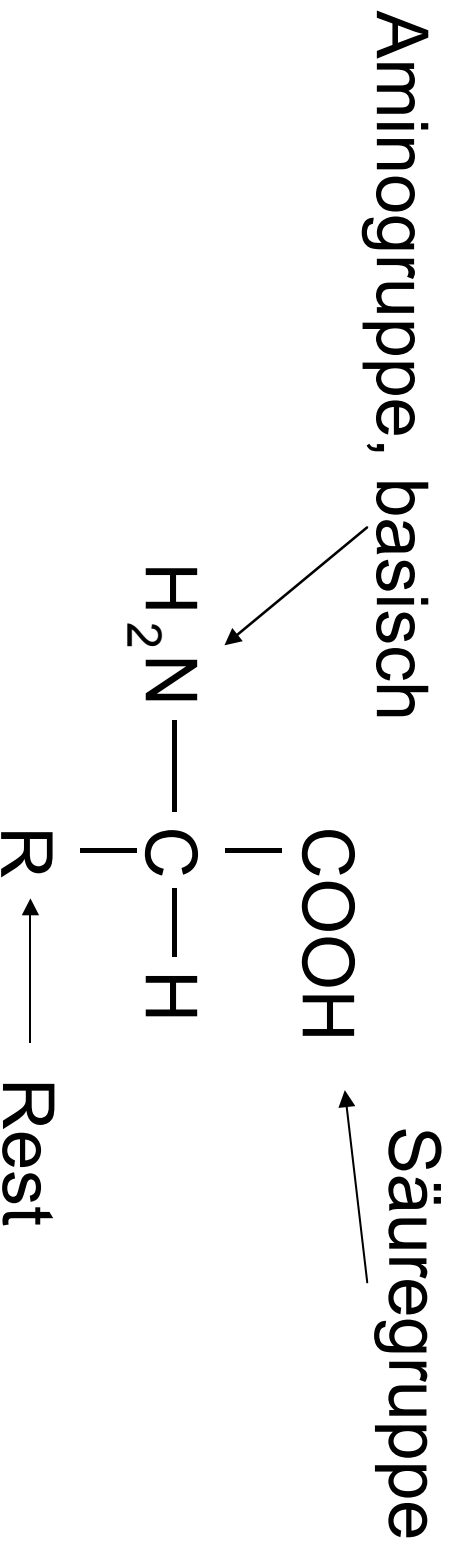
10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

11

## Proteine: Aufbau

Proteine bestehen aus Aminosäuren, welche alle folgende gemeinsame Grundstruktur haben:



10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

12



# Bindungsarten in Proteinen (und anderen Makromolekülen)

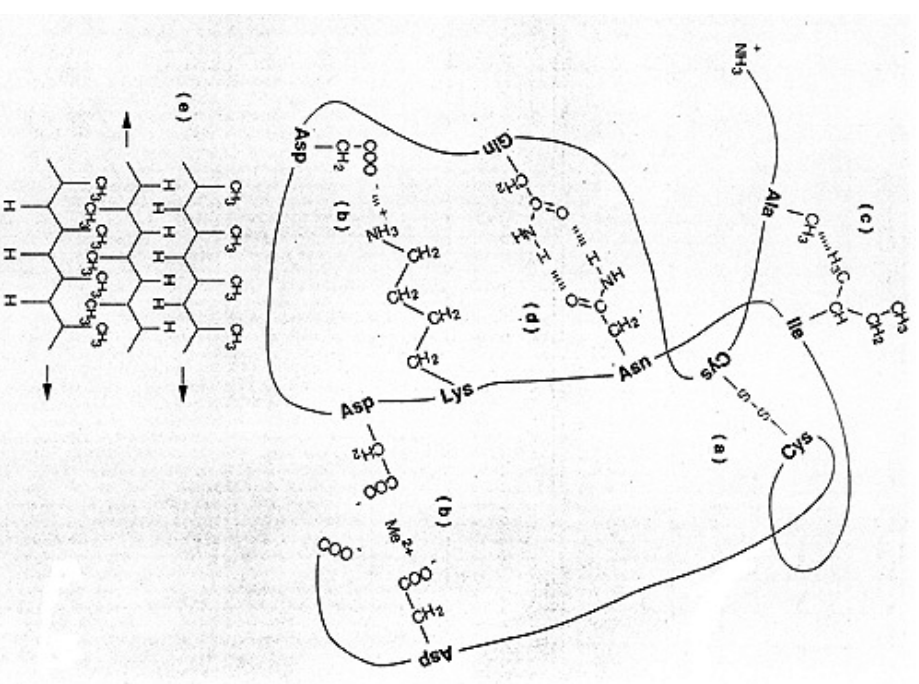


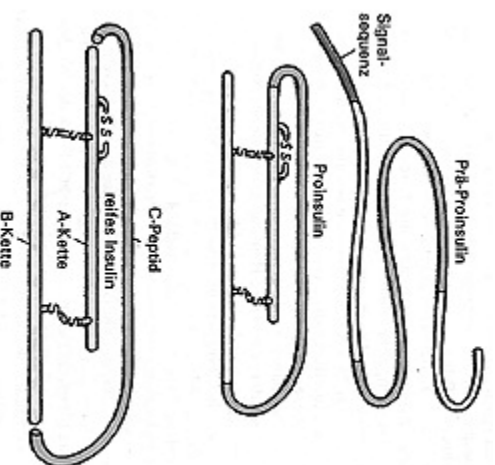
Abb. 2.4 Beispiele von Wechselwirkungskräften innerhalb einer Proteinkette: (a) Disulfidbrücken; (b) ionische Wechselwirkungen; (c) hydrophobe Wechselwirkung; (d) Wasserstoffbrücken; (e) Faltblattstruktur, antiparalleles Falblatt von Seide.

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

15

# Entstehung von Proteinen



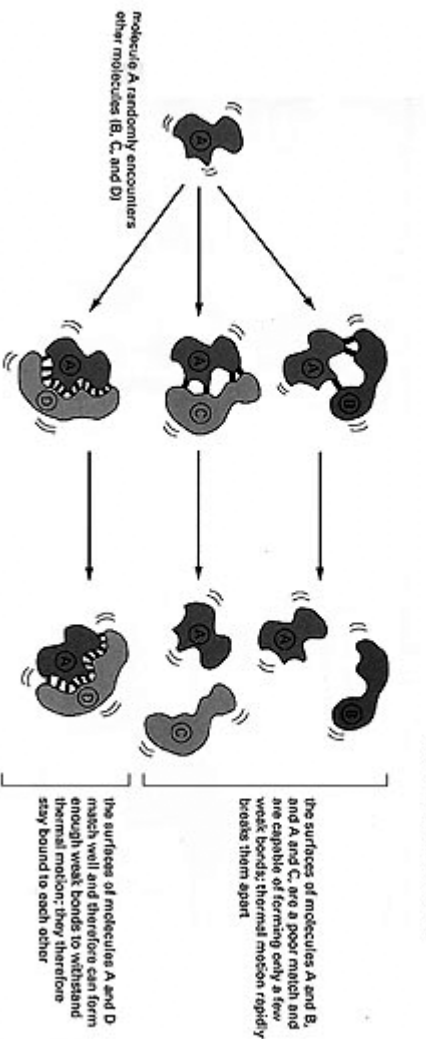
Die Reifung des Insulins. Die gesamte Botenchaft entspricht dem Prä-Proinsulin. Wenn das N-terminale Signalpeptid abgespalten wird, entsteht Proinsulin. Während dieses Protein durch das ER zum Golgi-Apparat wandert, faltet es sich auf und wird durch Disulfidbrücken in dieser Konformation fixiert. Auf dem weiteren Weg durch den sekretorischen Apparat spaltet schließlich eine spezifische Endopeptidase das C-Peptid ab. übrig bleibt das reife Insulin, die sekretorische und aktive Form des Hormons, die durch Exocytose in den Blutstrom abgegeben wird.

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

16

# Wechselwirkungen zwischen Biomolekülen



10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

17

# Enzyme: Biologische Katalysatoren

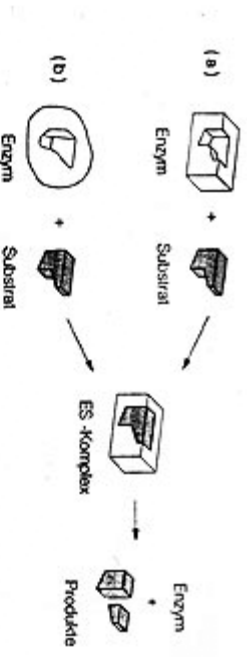


Abb. 2.5 Bildung des Enzym-Substrat-Komplexes. (a) Schloß-Schlüssel-Modell; (b) Induced fit; durch Bindung des Substrates wird die komplemen-täre Bindungsstelle am Enzym induziert.

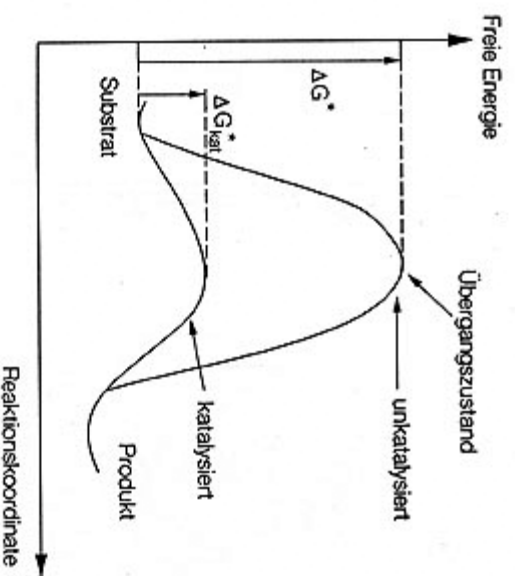


Abb. 2.6 Durch Bindung am aktiven Zentrum wird die Aktivierungsenergie  $\Delta G^\circ$  für den Übergangszustand verringert auf  $\Delta G_{\text{katal}}^\ddagger$  und dadurch die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht.

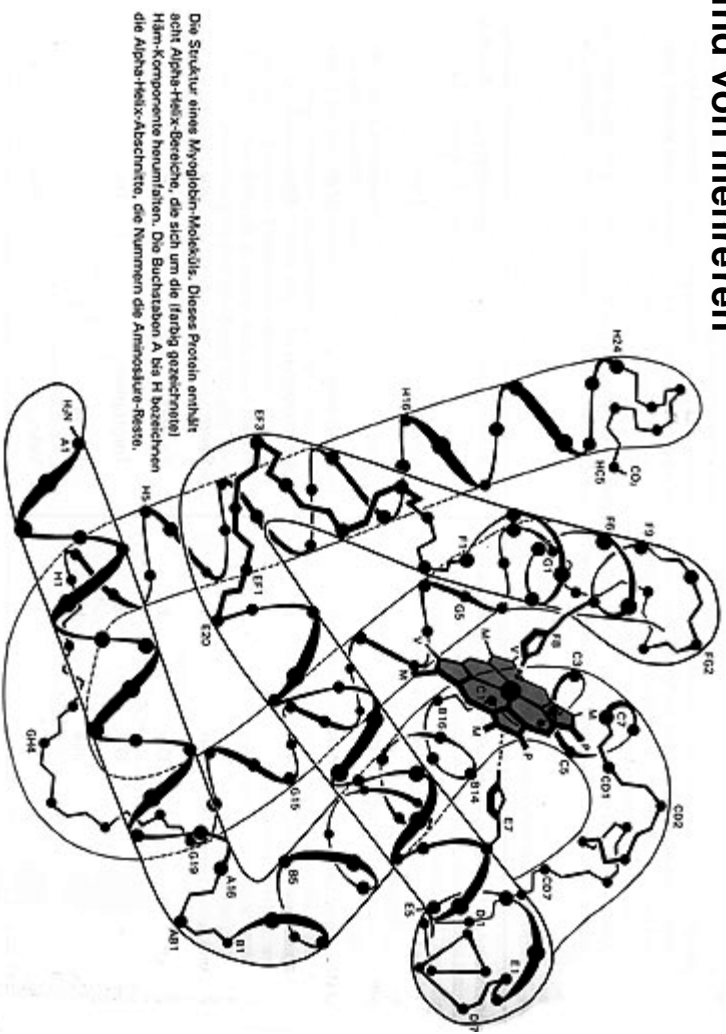
10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

18

# Proteine

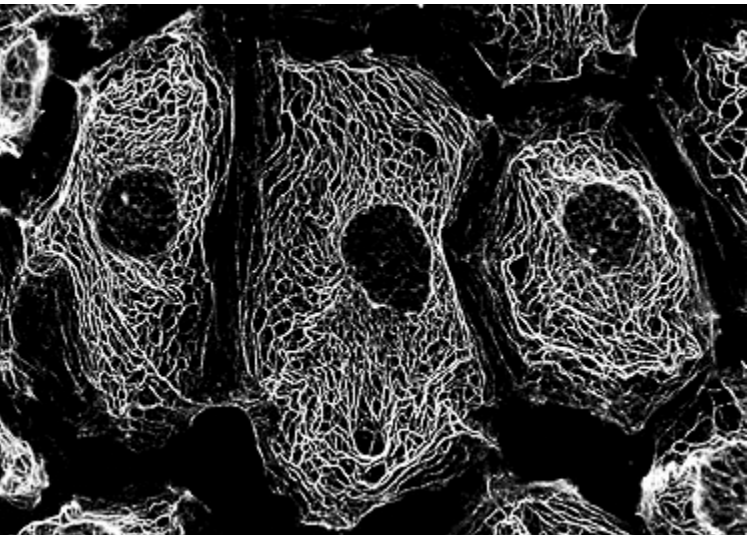
- Primärstruktur: Aminosäuresequenz („Backbone“)
- Sekundärstruktur: Helixstruktur / Faltblatt
- Tertiärstruktur: Faltung zu einem globulären Protein
- Quartärstruktur: Verbund von mehreren globulären Proteinen (z.B. Hämoglobin)



10.04.2001

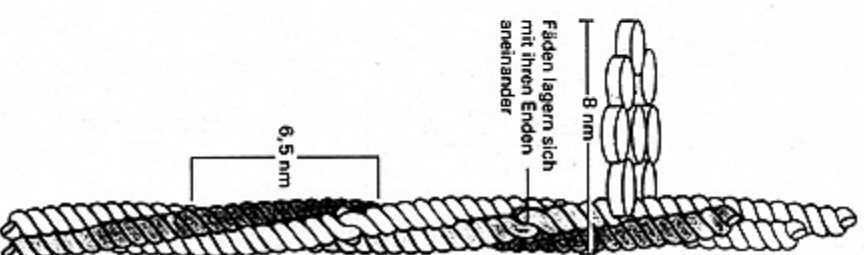
ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

# Zytoskelett: Knochen und Muskeln der tierischen Zellen

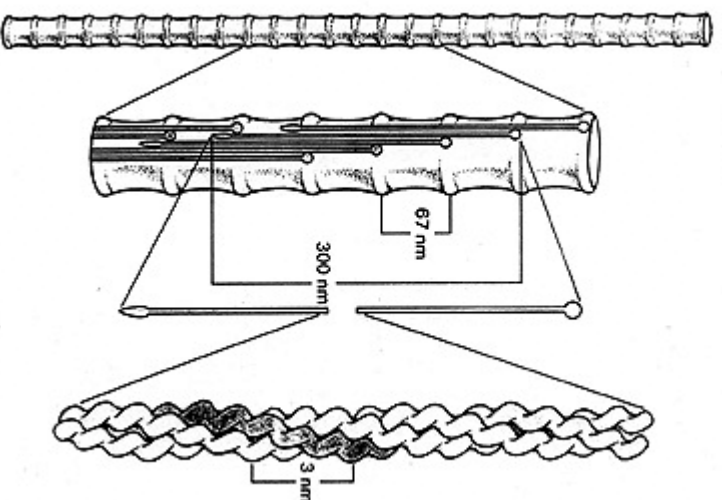


Keratinfasern in einer tierischen Zelle

Der Aufbau eines Keratinfilaments: Die Grundeinheit ist ein 60 bis 90 Nanometer langer Faden aus drei umeinander gewundenen, in sich verdrehten Strängen, die zusammen eine linkschändige Schraube mit einer Windungs- oder Ganghöhe von 6,5 Nanometern bilden. Die drei Stränge bestehen jeweils aus einer anderen Polypeptidkette, die größtenteils zu einer regelmäßigen rechteckigen Alpha-Helix aufgewickelt ist. Wenn sich solche Fäden sowohl hintereinander als auch seitlich zusammenlagern, entsteht ein typisches, acht Nanometer dickes intermediäres Filament.



Kollagenfasern bestehen aus gegeneinander versetzten, dreisträngigen Tropokollagen-Molekülen.

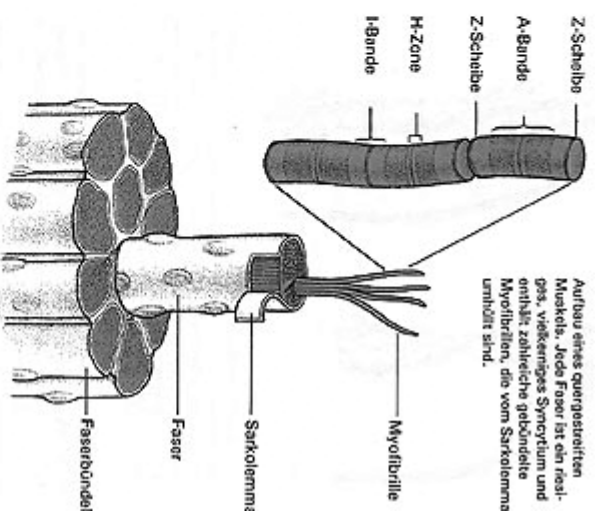
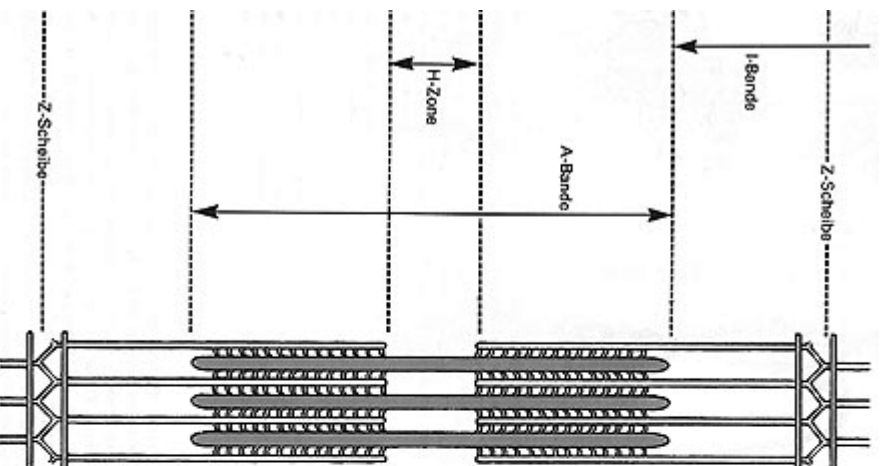


10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

21

# Muskelfasern



Aufbau eines quergestreiften Muskels. Jede Faser ist ein riesiges, vielkerniges Synchronium und enthält zahlreiche gebündelte Myofibrillen, die vom Sarkomerminnium umhüllt sind.

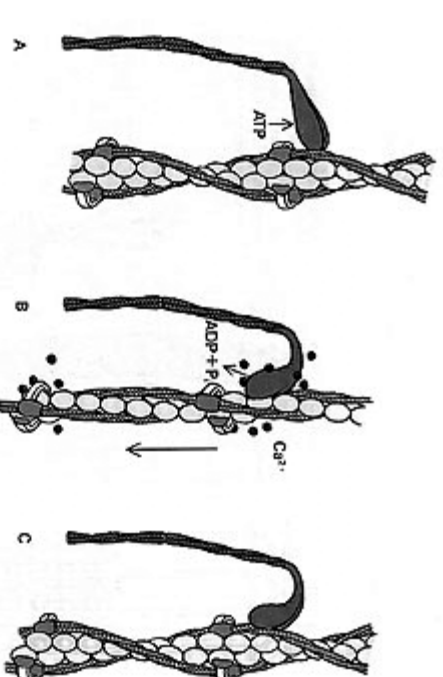
Diese schematische Darstellung soll die wesentlichen Strukturmerkmale eines Sarkomers veranschaulichen. Die anisotrope (das heißt: in polaren Richtern) Licht doppeltbrechende) A-Bande, die stets gleich lang ist, entspricht Myosinfilamenten, zwischen die sich an beiden Enden die Aktinfilamente geschoben haben (wie weit die Filamente überlappen, hängt vom Kontraktionszustand der Myofibrille ab). Die (isotrope) I-Bande besteht nur aus Aktin; sie wird um so kürzer, je stärker der Muskel kontrahiert ist. Durch die Z-Scheibe, die das Sarkomer begrenzt und mit ihrem Aktin-Desmin-Maschenwerk zwei Aktinfilament-Gebirgen zusammenkittet, wird die I-Bande in zwei Hälften unterteilt. Die Mittelstücke der Myosinfilamente bilden in der Mitte der A-Bande die sogenannte H-Zone.

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

22

# Muskelkontraktion



Die drei Zustände des Aktin-Myosin-Systems.

A. Erschließung: In Gegenwart von ATP und ohne Calciumionen können die Filamente locker aneinander vorbeigleiten.

B. Kontraktion: Sobald Calcium-Ionen freigesetzt sind, bindet sich das Myosinköpfchen an das Aktinfilament (siehe die beiden nächsten Abbildungen). Das ATP wird hydrolysiert und das Aktin

dadurch nach unten gezogen. C. Spanne: Wenn Calcium und ATP entzogen werden, verliert das System im Spannezustand. Neues ATP überdrückt es wieder in den entspannten Zustand A.

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

23

## Lipide: Funktion und Aufgaben

- Energielieferanten
- Baustoffe (Zellmembranen [s. vorne], Körperfett)

## Lipide: Aufbau

- Lipide oder Fette bestehen aus den Grundbausteinen:
  - Fettsäuren
  - Glycerin
- Phosphor mit Resten wie Cholin, Serin, etc.

10.04.2001

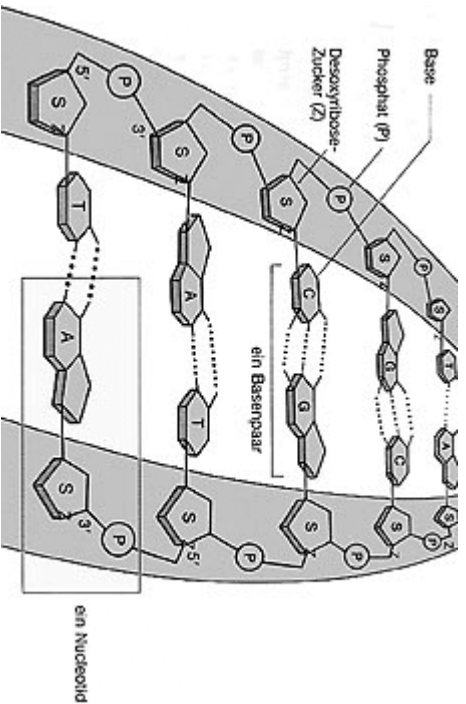
ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

24



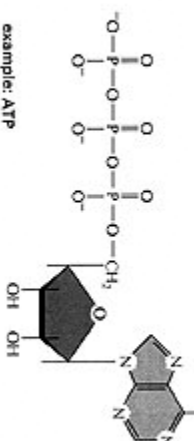
# Nukleotide: Aufbau

## Aufbau der DNS

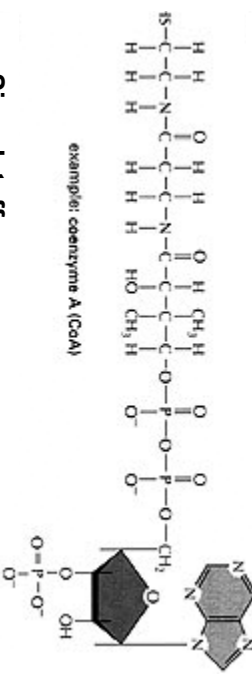


## Andere Funktionen der Nukleotide

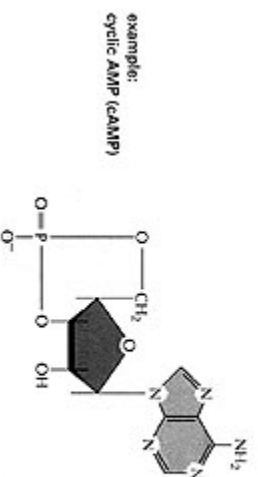
- Energieüberträger



- Teile von Enzymen (Coenzym A)



- Signalstoffe



- Einem Pentosephosphatrückgrat entweder Ribose (RNS) oder Deoxyribose (DNS) [S-P-S-P-S-P]
- und den Basen Thymin (T, nur DNS), Cytosin (C) oder Uracil (U, nur RNS), Guanin (G) und Adenin (A)

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

27

# Stoffwechselschema

Purine  
(Nukleinsäuren)

Histidin  
Phenylalanin, Tyrosin  
Tryptophan

Lysin  
Methionin  
Threonin, Isoleucin  
Asparagin

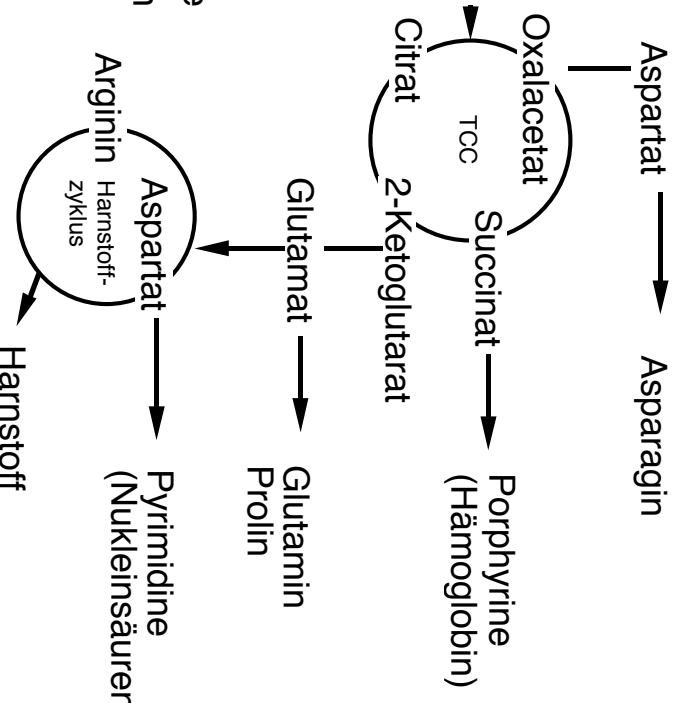
Kohlenhydrate  
(Glykogen,  
Glucose,  
Fructose, etc.)

Serin  
Glycin  
Cystein

Leucin  
Valin

Fettsäuresynthese  
Fettsäureoxidation  
Lipide

Aspartat → Pyrimidine  
(Nukleinsäuren)  
Harnstoff



10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

28

# Energiestoffwechsel

Mensch, Tiere,  
Pflanzen

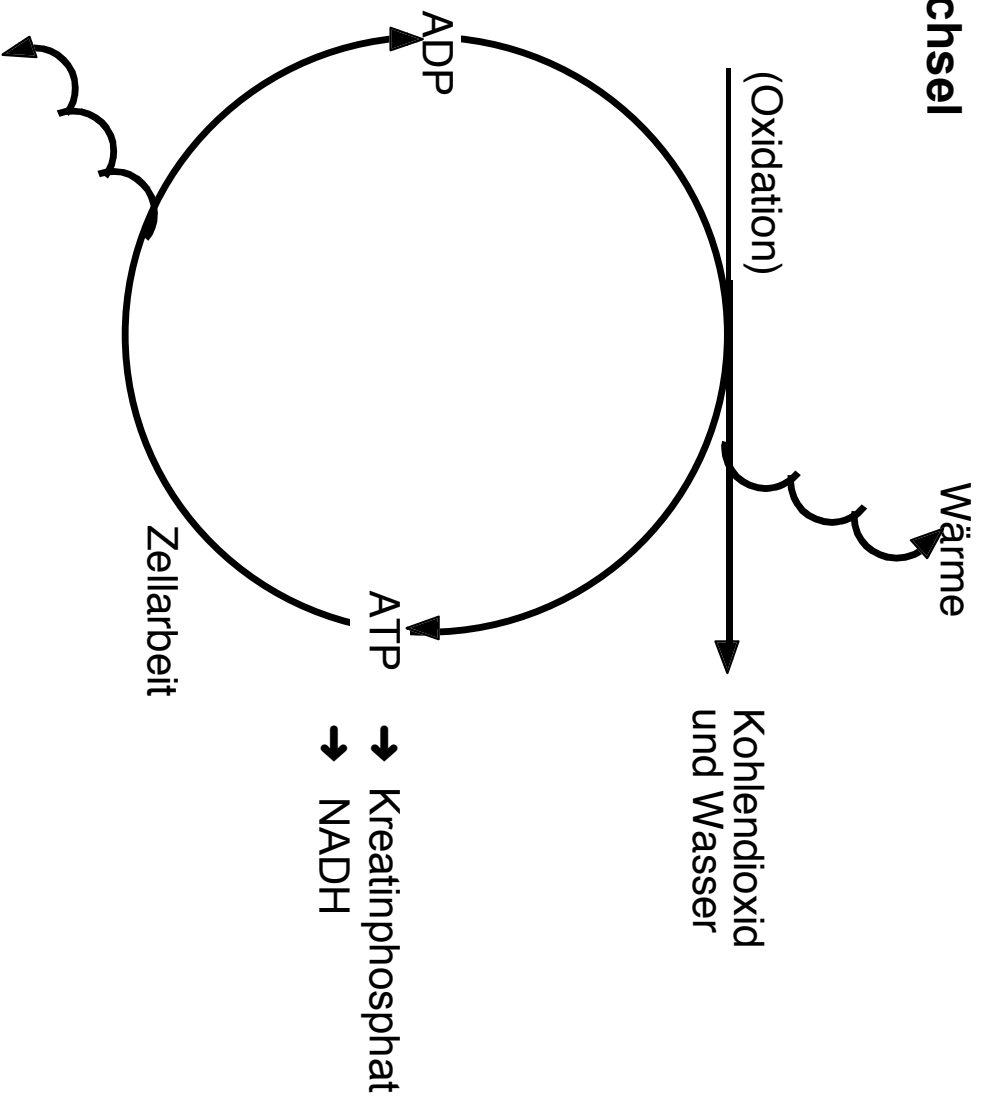
Viele

Mikroorganismen:

- Kohlenhydrate
- Fett
- Proteine
- Sauerstoff

**Mikroorganismen**

können auch aus  
anderen Quellen, z.B.  
anorganischen  
Substanzen, Energie  
beziehen.

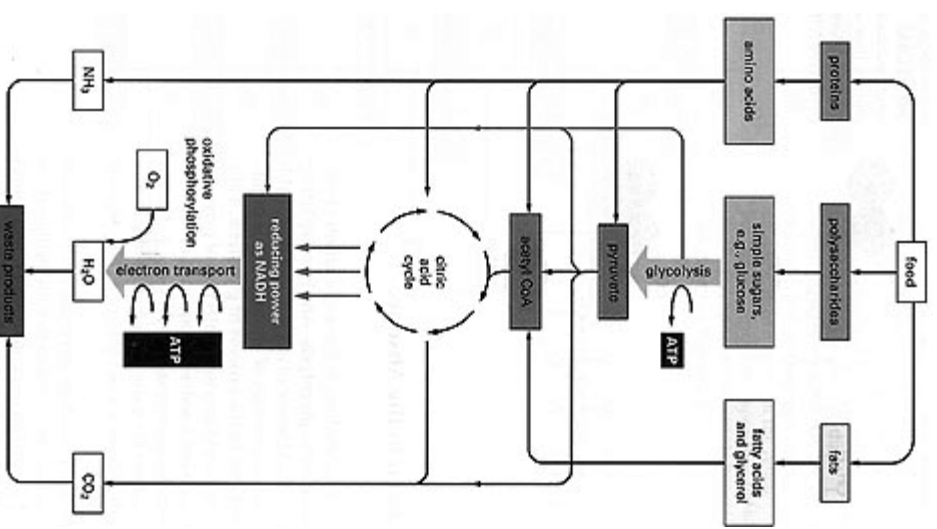


# Katabolismus: Energiebereitstellung

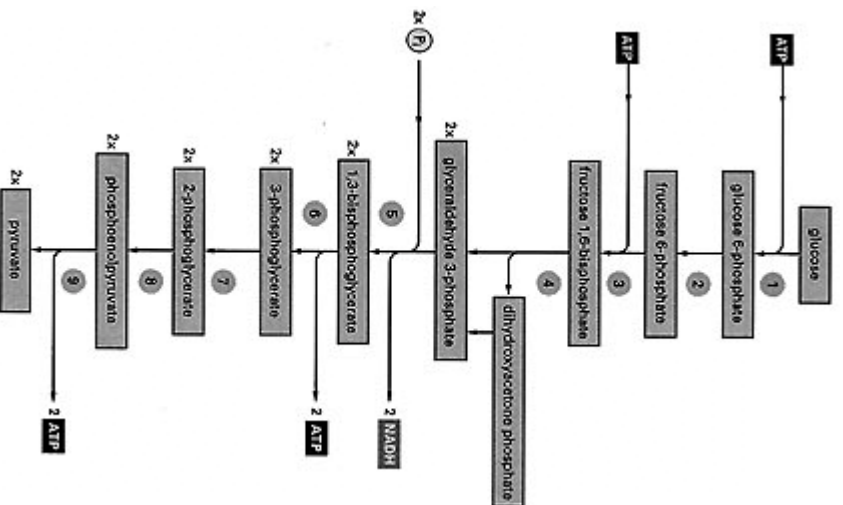
**Stufe 1: Abbau grosser Makromoleküle zu einfachen Einheiten**

**Stufe 2: Abbau der einfachen Einheiten zu AcetylCoA und begrenzter Mengen von ATP und NADH**

**Stufe 3: Komplette Oxidation von AcetylCoA zu H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> und grossen Mengen von ATP und NADH**



# Glykolyse

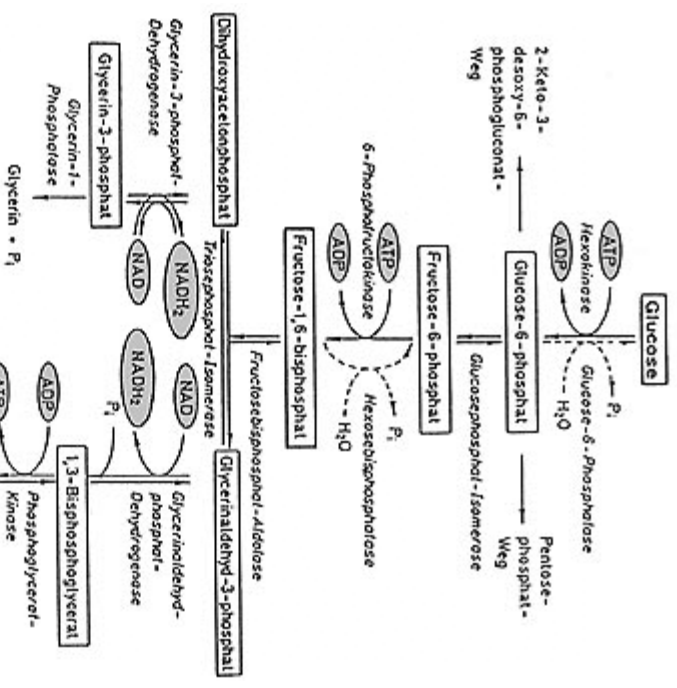
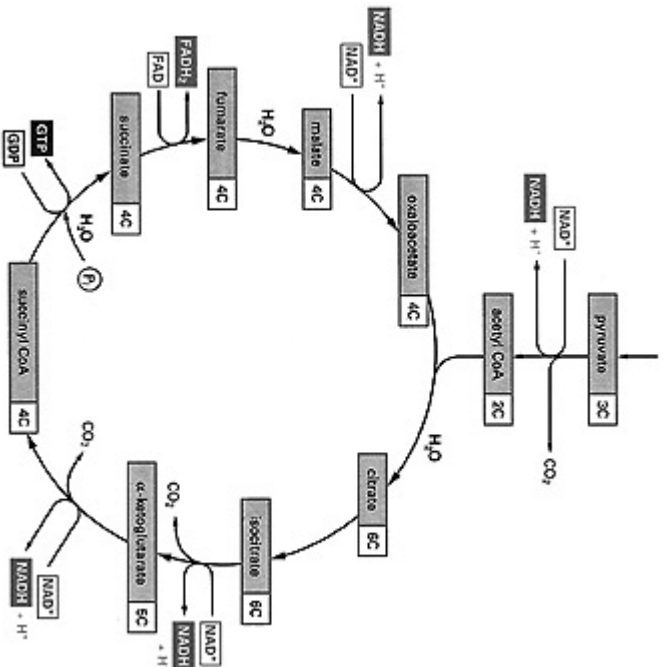


10.04.2001

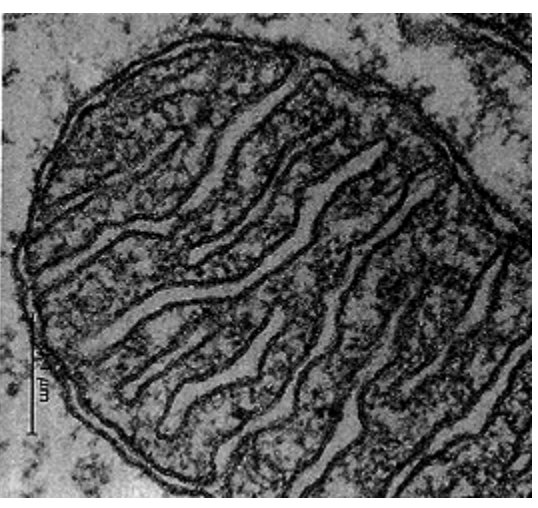
ETH ZÜRICH / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

31

# Mitochondrien: Citronensäurezyklus (Citratzyklus, Tricarbonsäurezyklus)



Bilanz: — 2 Pyruvat + 2 ATP + 2 NADH<sub>2</sub>

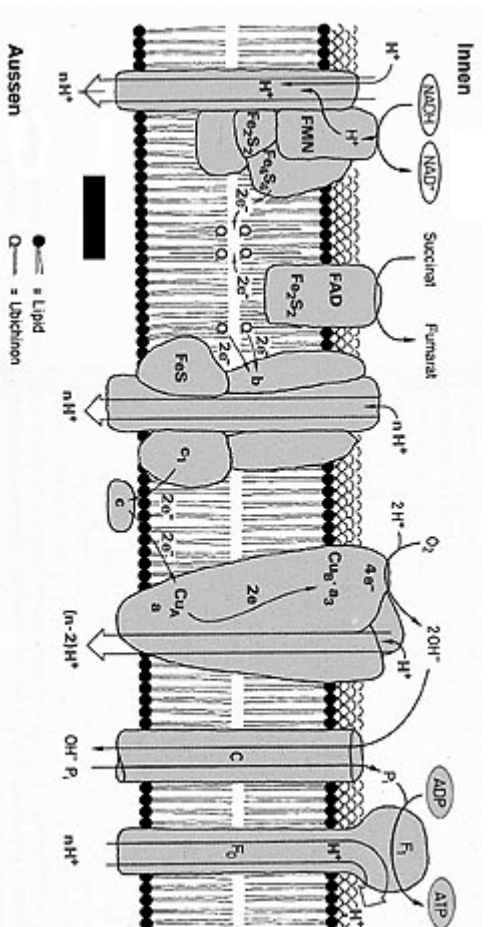


10.04.2001

ETH ZÜRICH / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

32

# Atmungskette

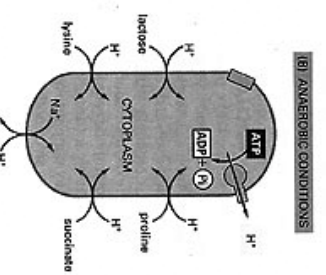
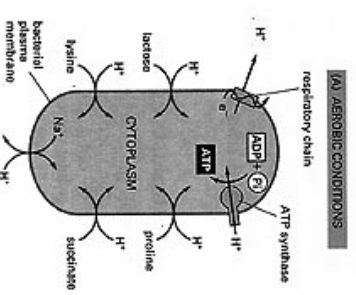


10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

33

# Bakterielle H<sup>+</sup>-Transportsysteme



**Figure 14-37 H<sup>+</sup>-driven transport in bacteria.** A proton-motive force generated across the plasma membrane pumps nutrients into the cell and expels sodium. In (A) the electrochemical proton gradient is generated in an aerobic bacterium by a respiratory chain and is then used by ATP synthase to make ATP and to transport some nutrients into the cell. In (B) the same bacterium growing under anaerobic conditions can derive its ATP from glycolysis. Part of this ATP is hydrolyzed by ATP synthase to establish the transmembrane proton-motive force that drives transport processes.

10.04.2001

ETH Zürich / D-MAVT / Einführung in die Biotechnologie / Felix Gmünder

34



# Photophosphorylierung

