

Biochemie und Stoffwechsel

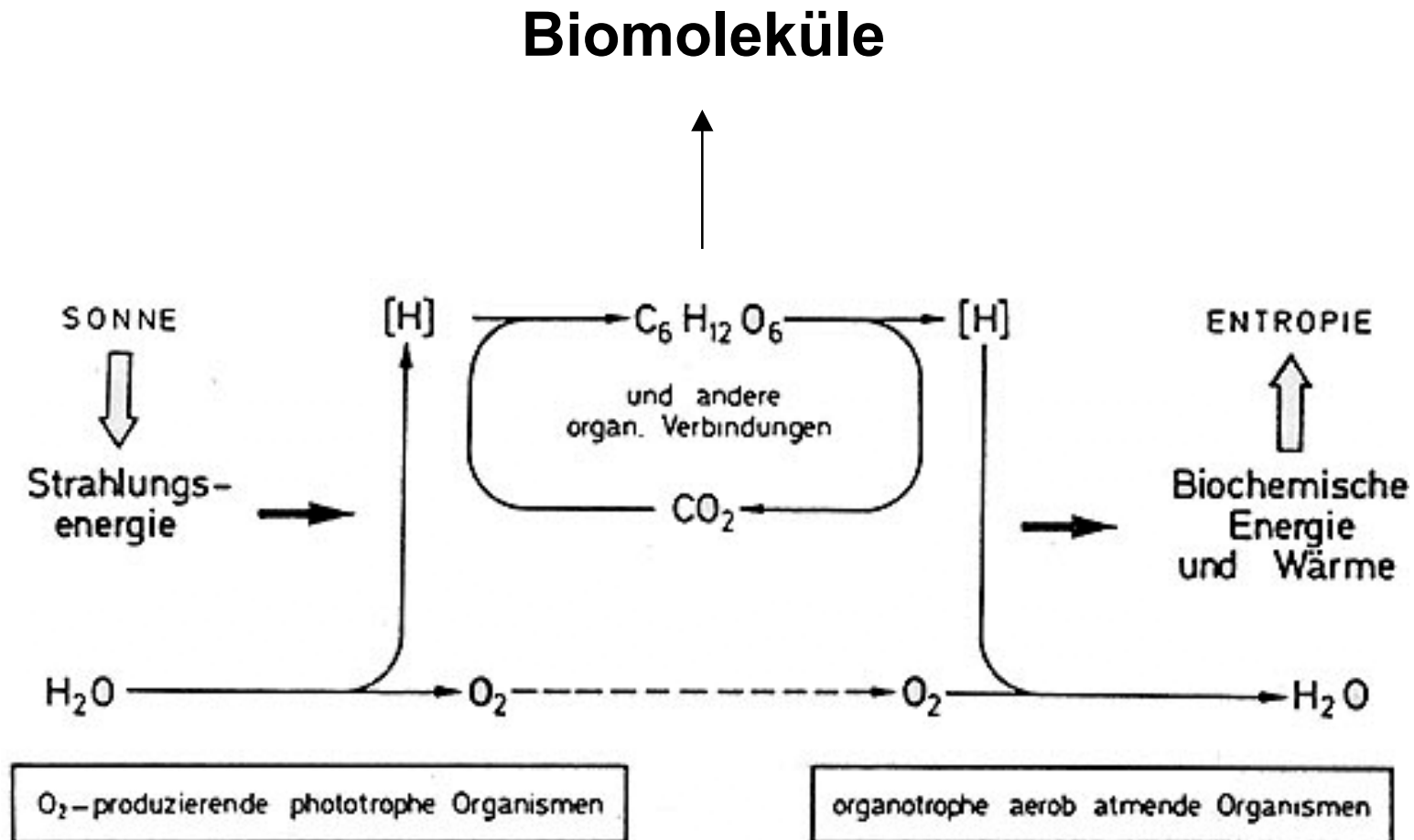
- **Biochemie**

- **Aufklärung der Stoffwechselwege und -teilschritte**
- **Identifikation der Ausgangs-, Zwischen- und Endprodukte (Stoffwechselprodukte)**
- **Enzyme sind Proteine mit Katalysatorwirkung. Jeder Stoffwechselschritte 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**

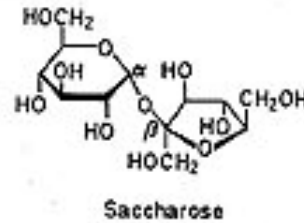
Energiebereitstellung und Aufbau von Biomolekülen



Die wichtigsten Biomoleküle

- **Kohlenhydrate**

- Monosaccharide
- Disaccharide
- Oligosaccharide
- Polysaccharide



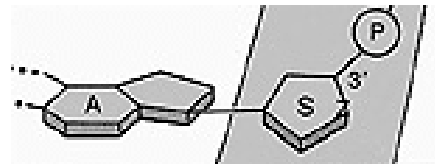
- **Proteine**

- Aminosäuren



- **Nukleotide**

- Basen
- Phosphat
- Pentosezucker



- **Lipide**

- Glycerin
- Fettsäuren
- Phosphat



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

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

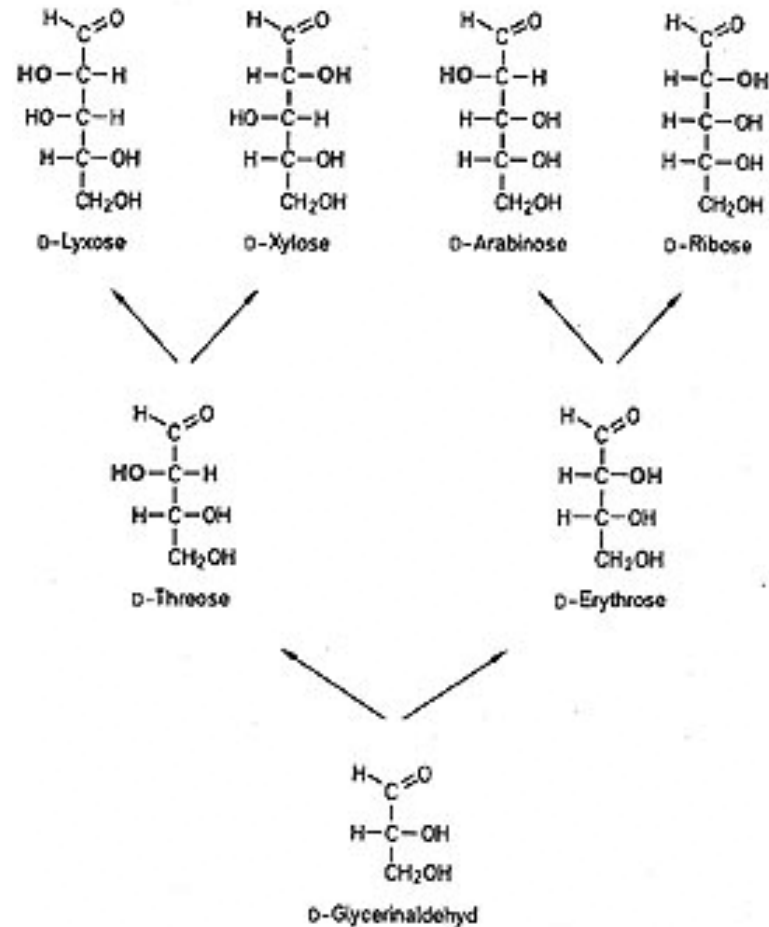
Meist im Verhältnis ($C_1H_2O_1$)

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

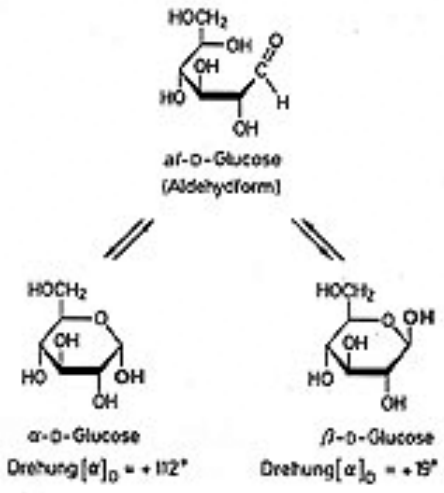
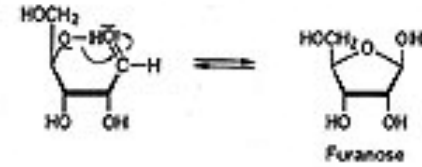
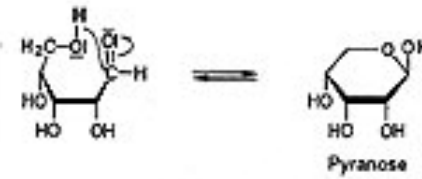
Zuckerketten

- **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

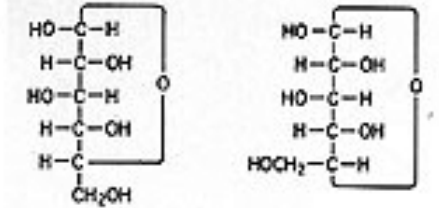
Aufbau der Zucker: Ausgangspunkt Glycerinaldehyd



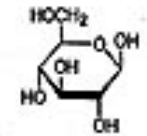
Räumliche Struktur der Zucker



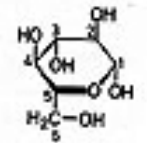
Löst man α-D-Glucose in Wasser, so beobachtet man zuerst die angegebene Drehung; diese ändert sich aber, und nach einigen Stunden stellt sich ein Endwert von $[\alpha] = +52^\circ$ ein, der dem Gleichgewichtsgemisch entspricht. (Es gibt auch ein Enzym, die *Mutarase*, das die Gleichgewichtseinstellung beschleunigt.) Dieselbe Enddrehung beobachtet man an einer Lösung von β-Glucose. Die als *Mutaration* bezeichnete Drehungsänderung und das Auftreten der anomeren Formen waren ein wichtiger Beweis für die Richtigkeit der Ringformeln.



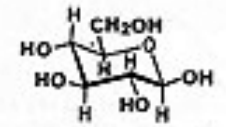
Fischer-Projektion der β-D-Glucose



übliche Haworth-Schreibweise der β-D-Glucose



andere Schreibweise der β-D-Glucose

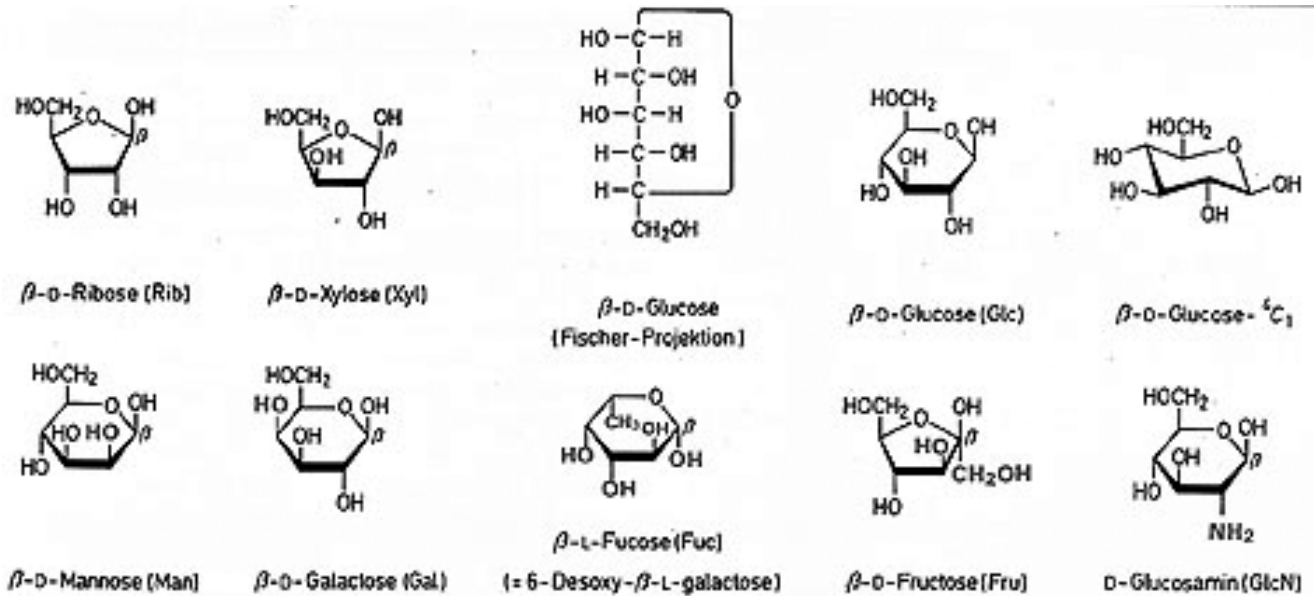


β-D-Glucose-⁴C₁

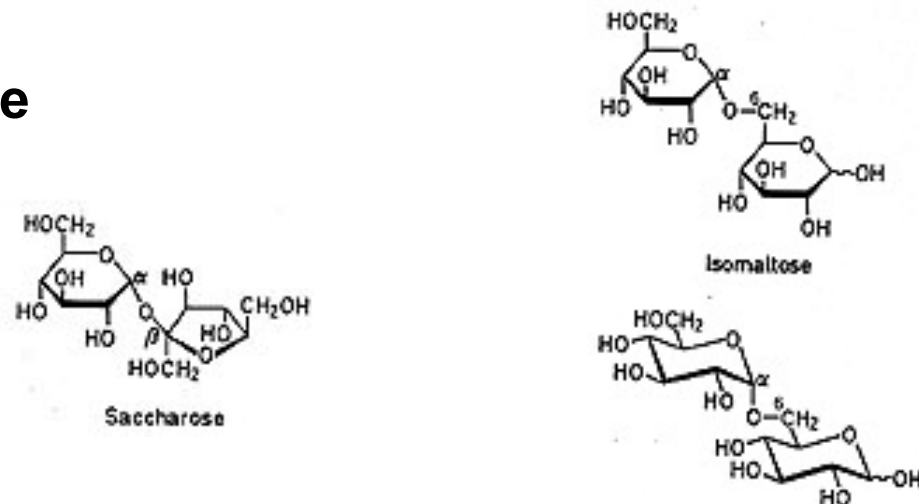
Man bezeichnet dieses Konformere als ⁴C₁. C steht hierbei für engl. chair (= Sessel), die Zahl links gibt an, welches C-Atom über der Ebene, die Zahl rechts, welches unterhalb der Ebene steht.

Die wichtigsten Zucker

Monosaccharide



Disaccharide

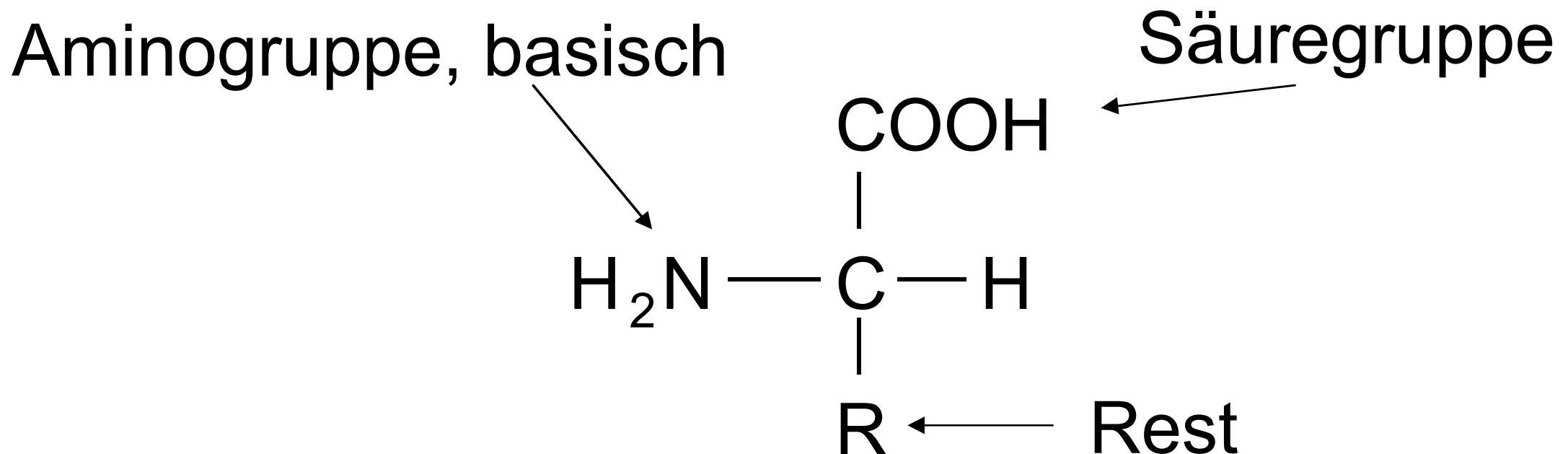


Proteine: Funktionen und Aufgaben

- **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**

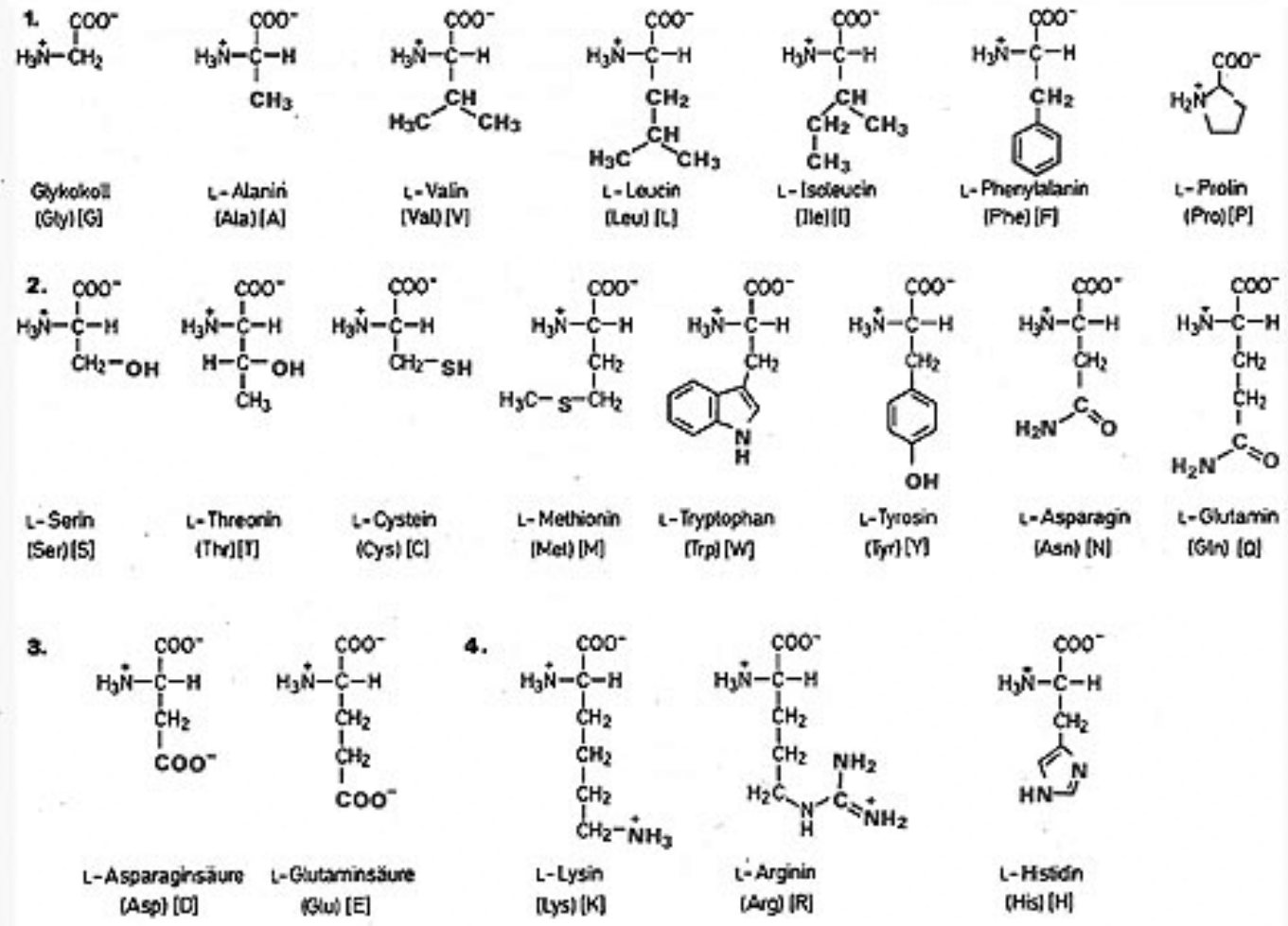
Proteine: Aufbau

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



Die 20 Aminosäuren

Tab.2.2 Die wichtigsten Aminosäuren. Unter dem Namen ist in runden Klammern die Abkürzung, in eckigen Klammern der Code-Buchstabe im Ein-Buchstaben-Code angegeben.



- 1 Reine Kohlenstoffseitenkette
- 2 polare AS (nichtionisch)
- 3 Saure AS
- 4 Basische AS

- Essentielle AS für den Menschen

Valin

Leucin

Isoleucin

Phenylalanin

Tryptophan

Methionin

Threonin

Lysin

Chemische Bindungen

Chemische Bindungen unterscheiden sich durch die Energie, die gebraucht wird, um sie zu lösen.

	Bindungsstärke [kJ/Mol]	Länge [nm]
Kovalente Bindung (C–C)	345	0.15

Schwache Bindungen

Ionische Bindung	12	0.25
Wasserstoffbrückebindung	4	0.3
Van-der-Waal-Bindung	0.4	0.35
Thermische Bewegung bei RT	2.5	

Bindungsarten in Proteinen (und anderen Makromolekülen)

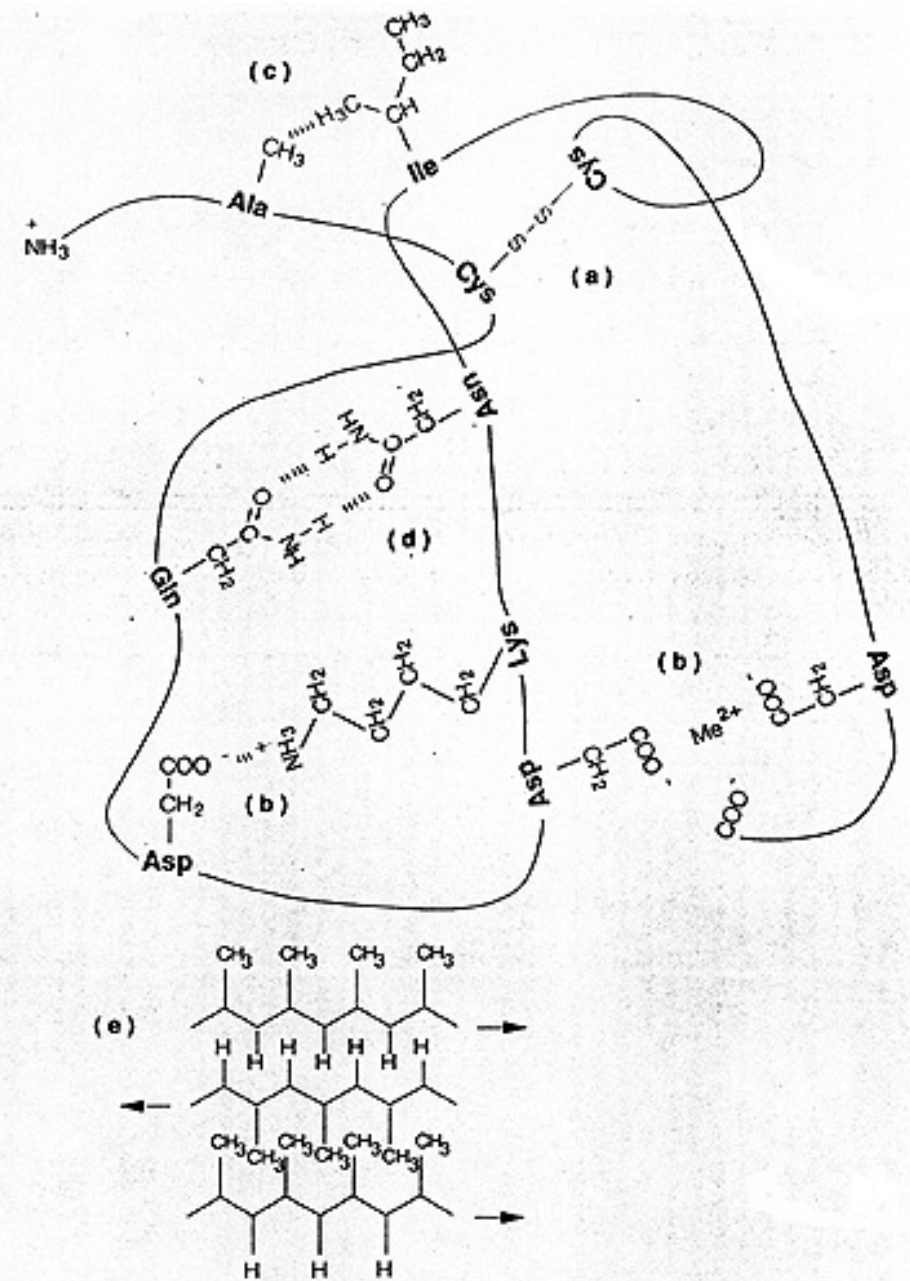
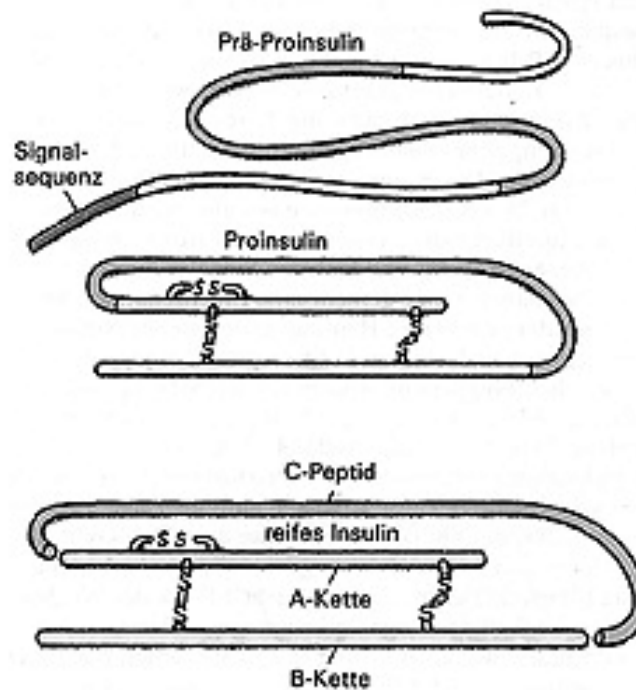


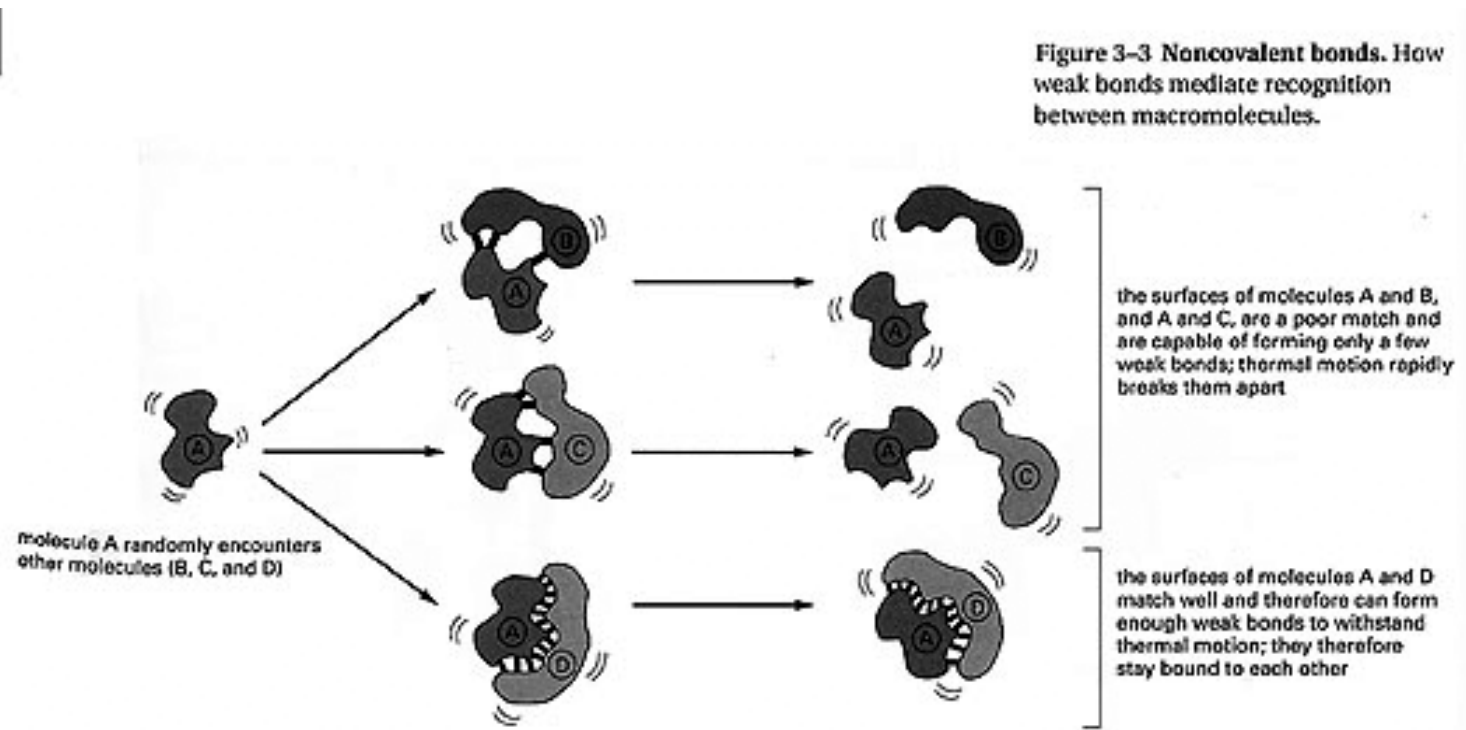
Abb. 2.4 Beispiele von Wechselwirkungskräften innerhalb einer Proteinkette; (a) Disulfidbrücken; (b) ionische Wechselwirkungen; (c) hydrophobe Wechselwirkung; (d) Wasserstoffbrücken; (e) Faltblattstruktur, antiparalleles Faltblatt von Seide.

Entstehung von Proteinen



Die Reifung des Insulins. Die gesamte Botschaft 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.

Wechselwirkungen zwischen Biomolekülen



Enzyme: Biologische Katalysatoren

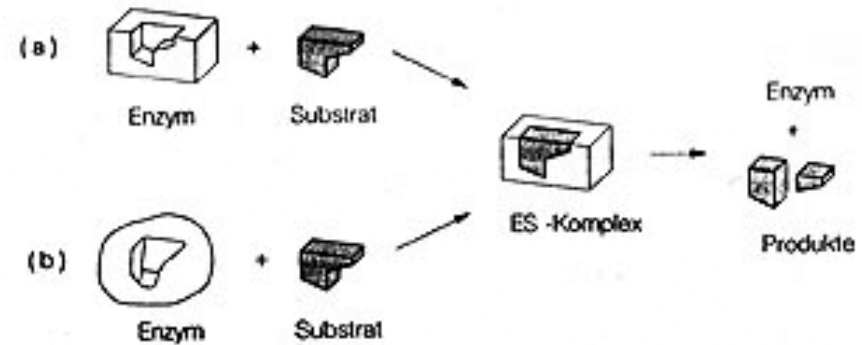


Abb. 2.5 Bildung des Enzym-Substrat-Komplexes. (a) Schloß-Schlüssel-Modell; (b) Induced fit; durch Bindung des Substrates wird die komplementäre Bindungsstelle am Enzym induziert.

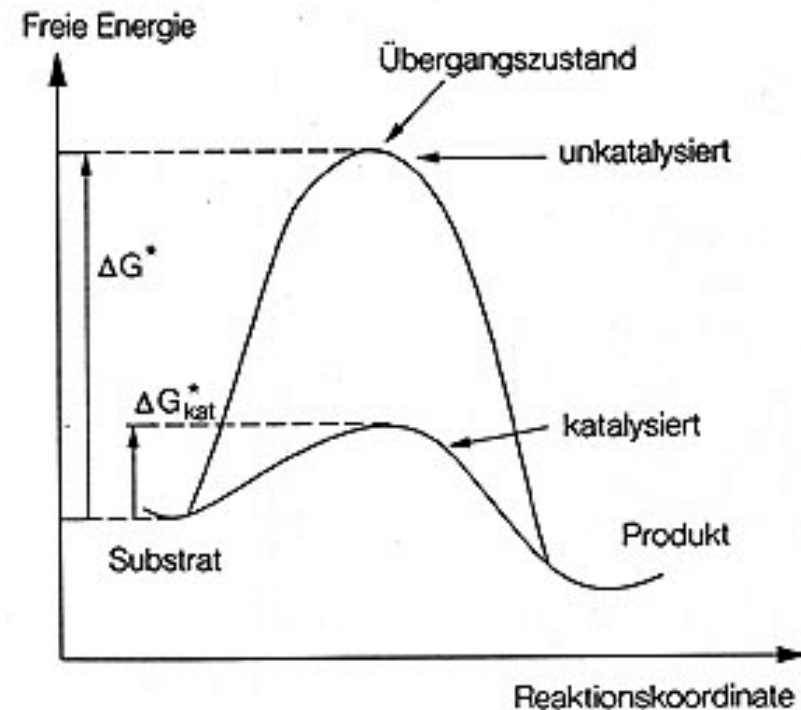
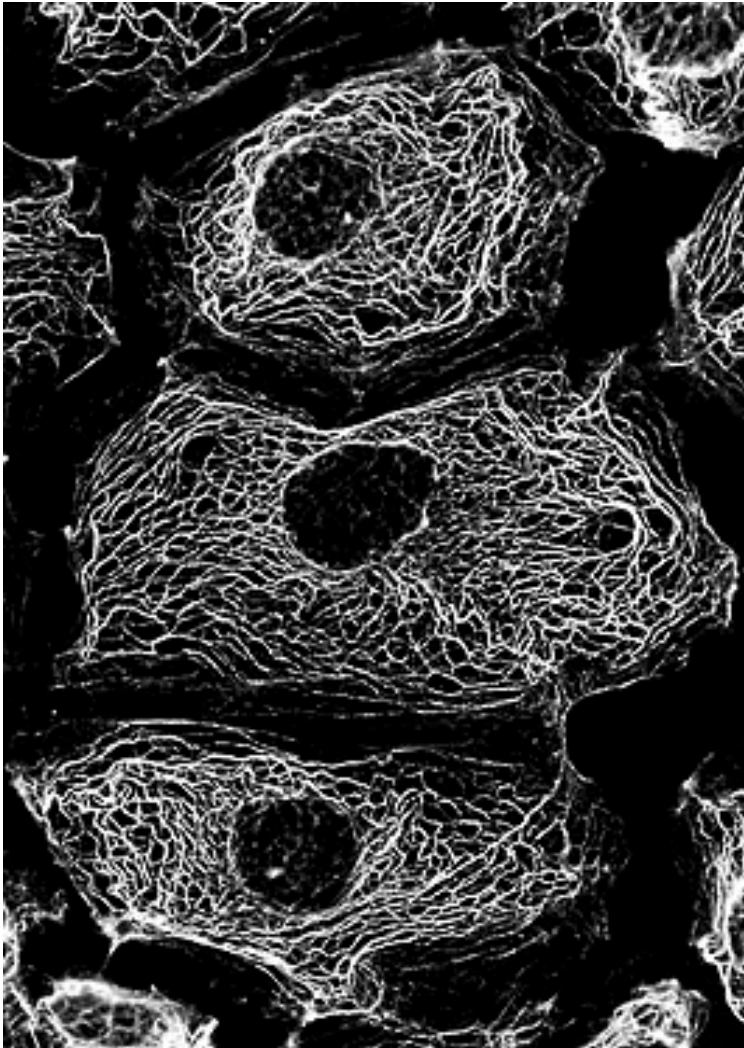


Abb. 2.6 Durch Bindung am aktiven Zentrum wird die Aktivierungsenergie ΔG^* für den Übergangszustand verringert auf ΔG_{kat}^* und dadurch die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht.

Zytoskelett: Knochen und Muskeln der tierischen Zellen



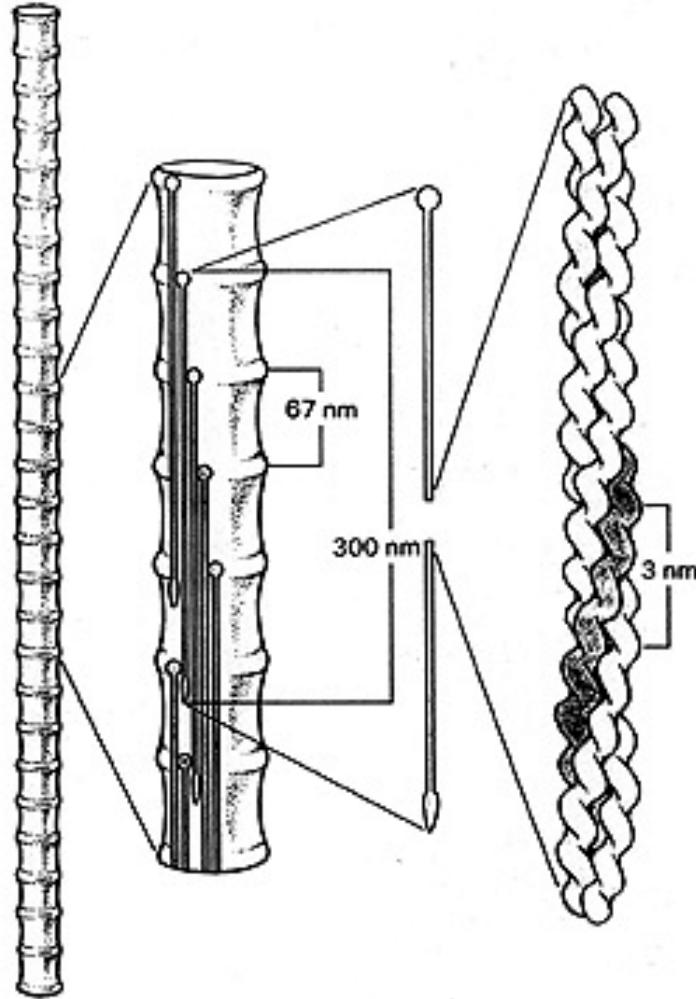
Keratinfasern in einer tierischen Zelle

Der Aufbau eines Keratinfilaments. Die Grundeinheit ist ein 60 bis 90 Nanometer langer Faden aus drei umeinander gewundenen, in sich verdrillten Strängen, die zusammen eine linkshändige 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 rechtshändigen Alpha-Helix aufgewickelt ist. Wenn sich solche Fäden sowohl hintereinander als auch seitlich zusammenlagern, entsteht ein typisches, acht Nanometer dickes intermediäres Filament.

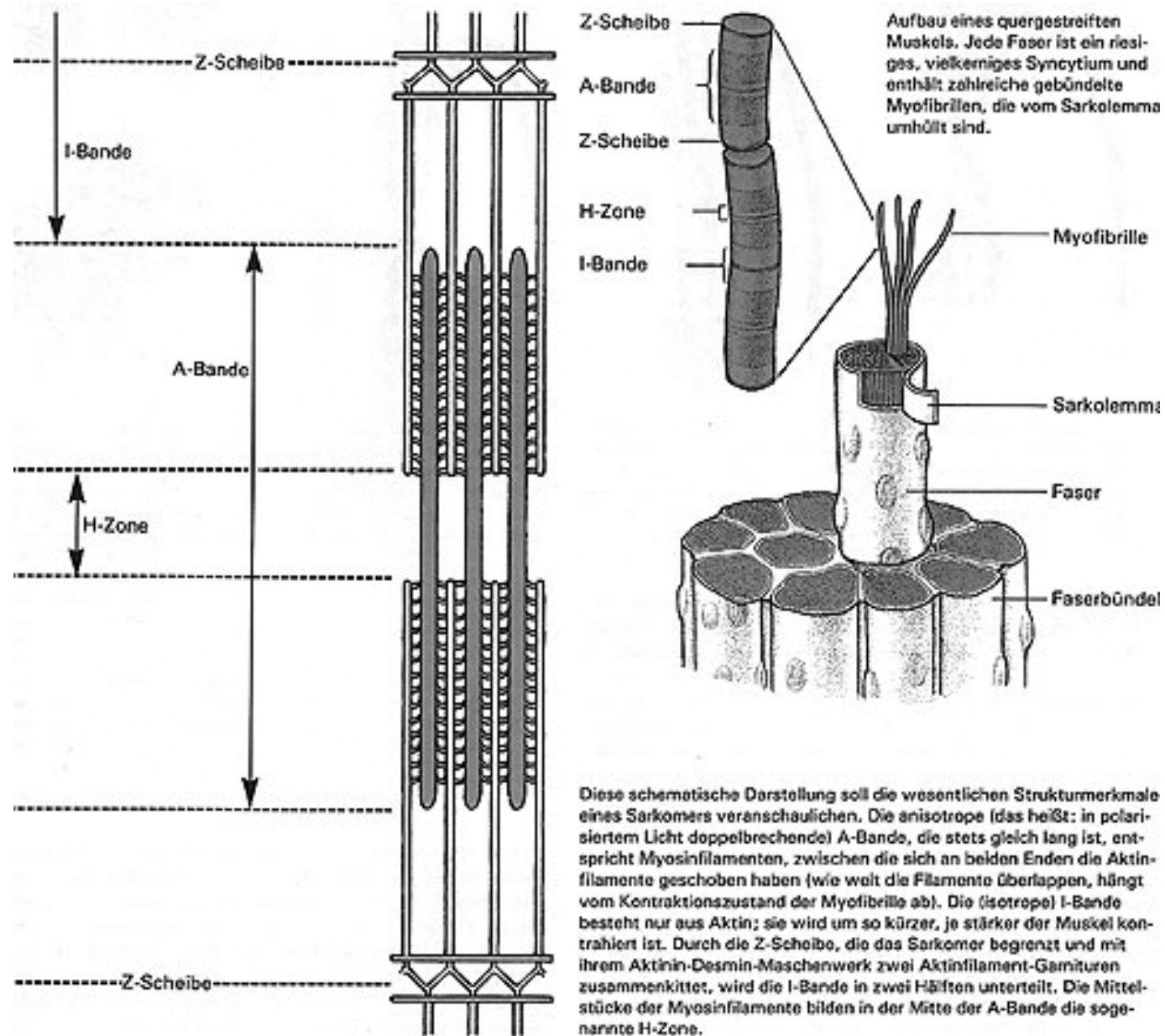


Kollagen

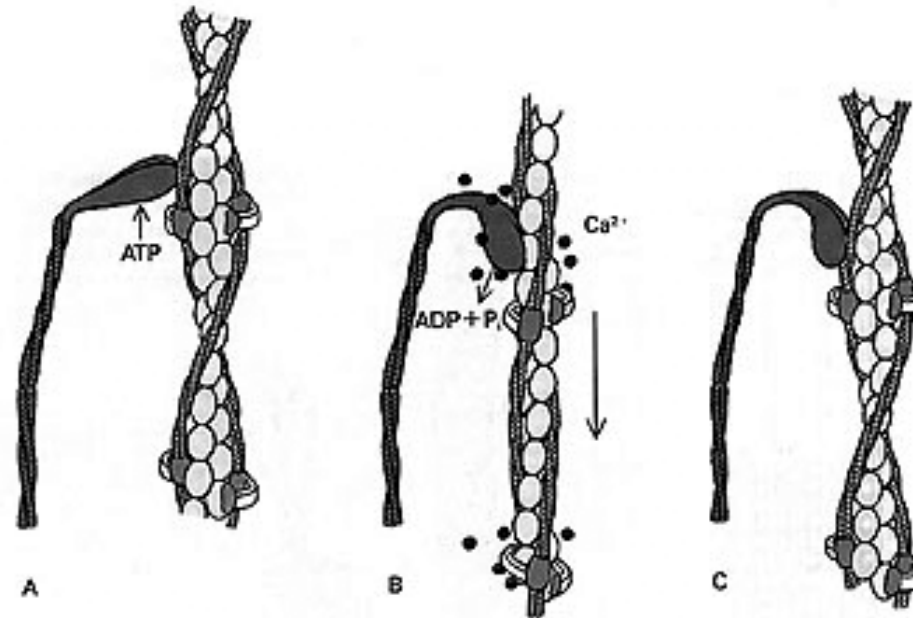
Kollagenfasern bestehen aus gegeneinander versetzten, dreisträngigen Tropokollagen-Molekülen.



Muskelfasern



Muskelkontraktion



Die drei Zustände des Aktin-Myosin-Systems.

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

B. Kontraktion: Sobald Calciumionen hinzutreten, bindet sich das Myosinköpfchen an das Aktinfilament (siehe die beiden nächsten Abbildungen). Das ATP wird hydrolysiert und das Aktin

dadurch nach unten gezogen.
C. Starre: Wenn Calcium und ATP entzogen werden, verharrt das System im Starrezustand. Neues ATP überführt es wieder in den entspannten Zustand A.

Lipide: Funktion und Aufgaben

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

Lipide: Aufbau

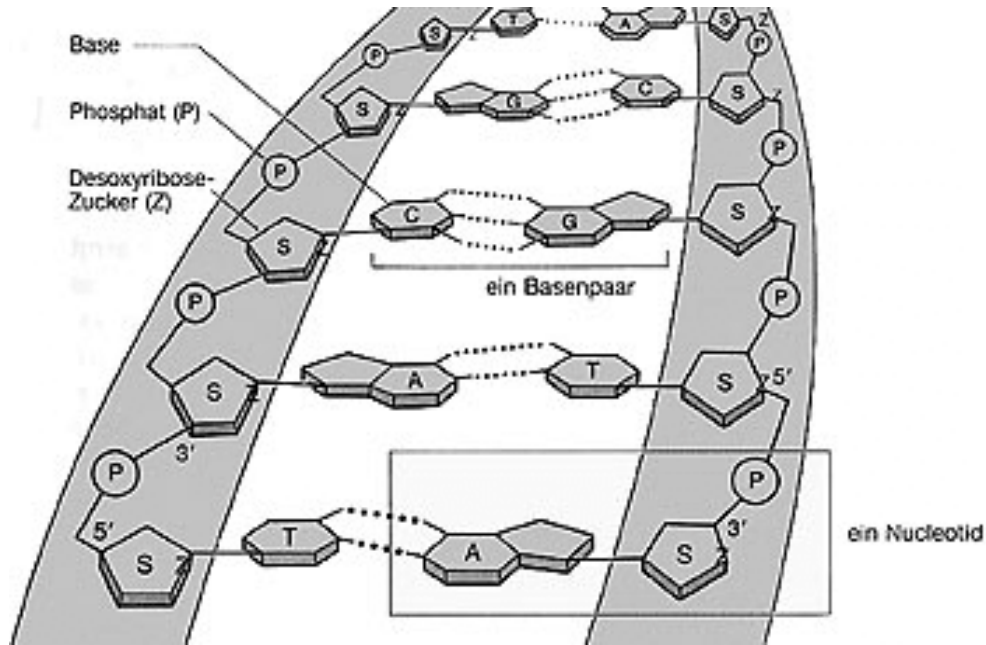
- **Lipide oder Fette bestehen aus den Grundbausteinen:**
 - **Fettsäuren**
 - **Glycerin**
 - **Phosphor mit Resten wie Cholin, Serin, etc.**

Nukleotide: Funktion und Aufgaben

- **In Nukleinsäuren:**
 - **Träger der Erbsubstanz (DNS, genetische Bibliothek, Bauanleitung für Biomoleküle)**
 - **Synthesevorlagen (RNS)**
 - **Proteinsynthesemaschinen (RNS)**
- **Andere Funktionen:**
 - **Träger von chemischer Energie (ATP)**
 - **Bestandteile von Enzymen (Coenzym A)**
 - **Signalmoleküle (cAMP)**

Nukleotide: Aufbau

Aufbau der DNS

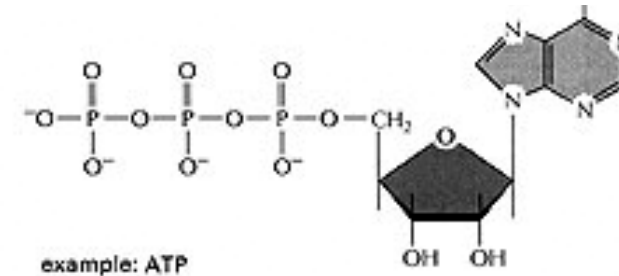


DNS- und RNS-Moleküle bestehen aus:

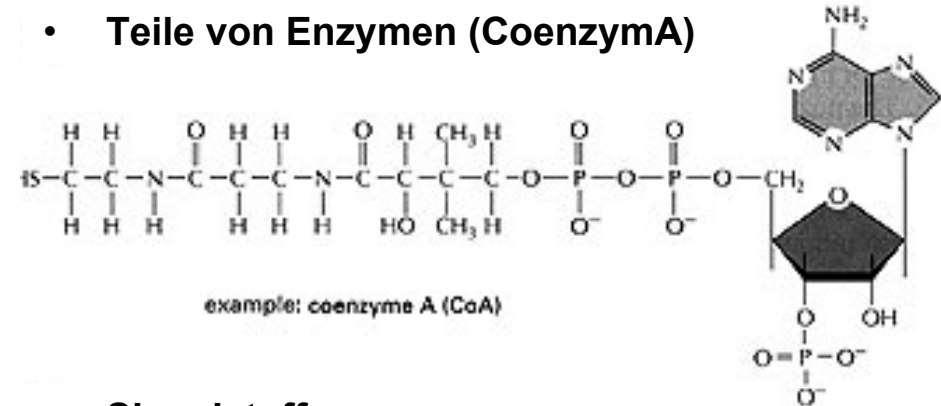
- Einem Pentosephosphatrückgrat entweder Ribose (RNS) oder Deoxyribose (DNS) [S-P-S-P-S-P]
- und den Basen Thymin (T, nur DNS), Cytosin (C) oder Uracil (U, nur RNS) Guanin (G) und Adenin (A)

Andere Funktionen der Nukleotide

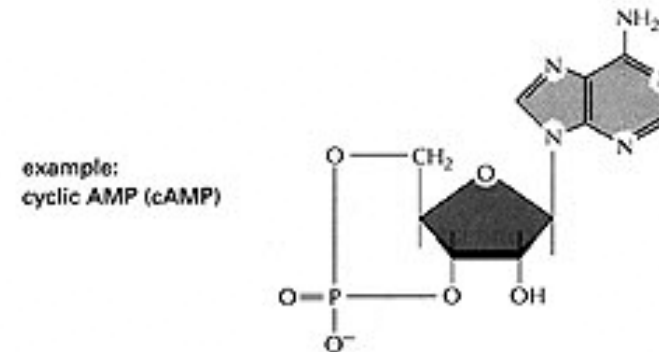
- Energieüberträger



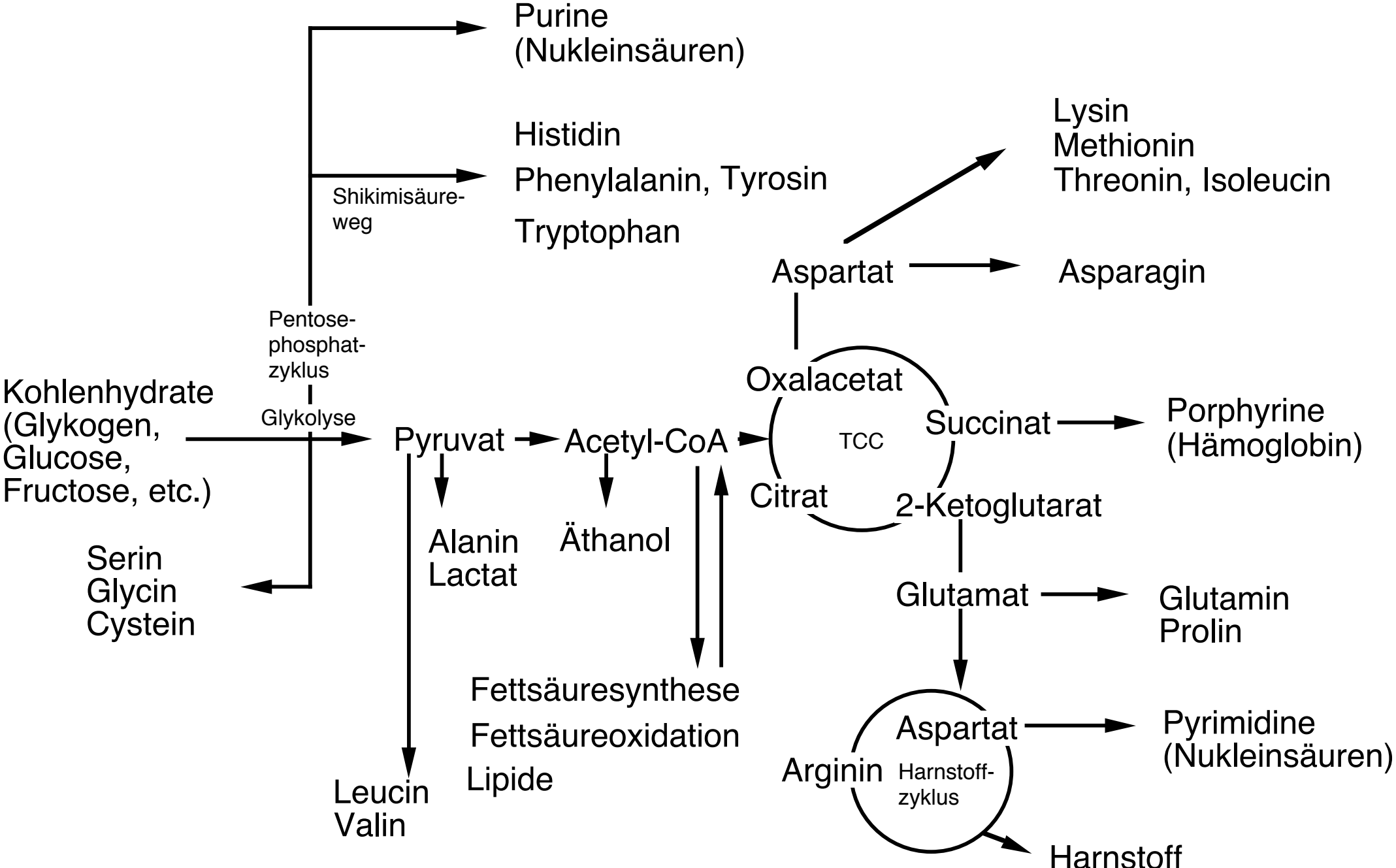
- Teile von Enzymen (CoenzymA)



- Signalstoffe



Stoffwechselschema



Energiestoffwechsel

**Mensch, Tiere,
Pflanzen**

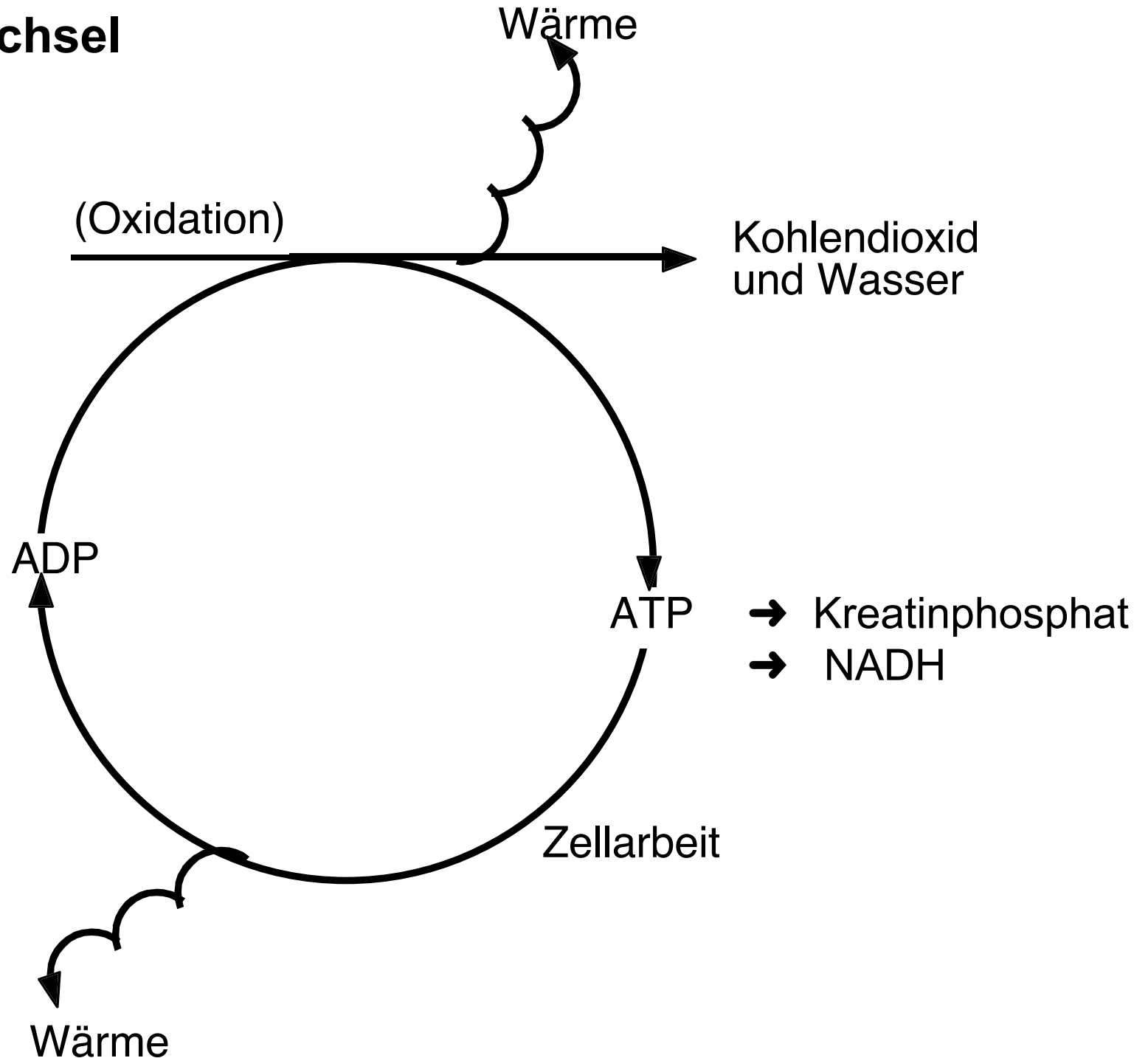
Viele

Mikroorganismen:

- Kohlenhydrate
- Fett
- Proteine
- Sauerstoff

Mikroorganismen

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

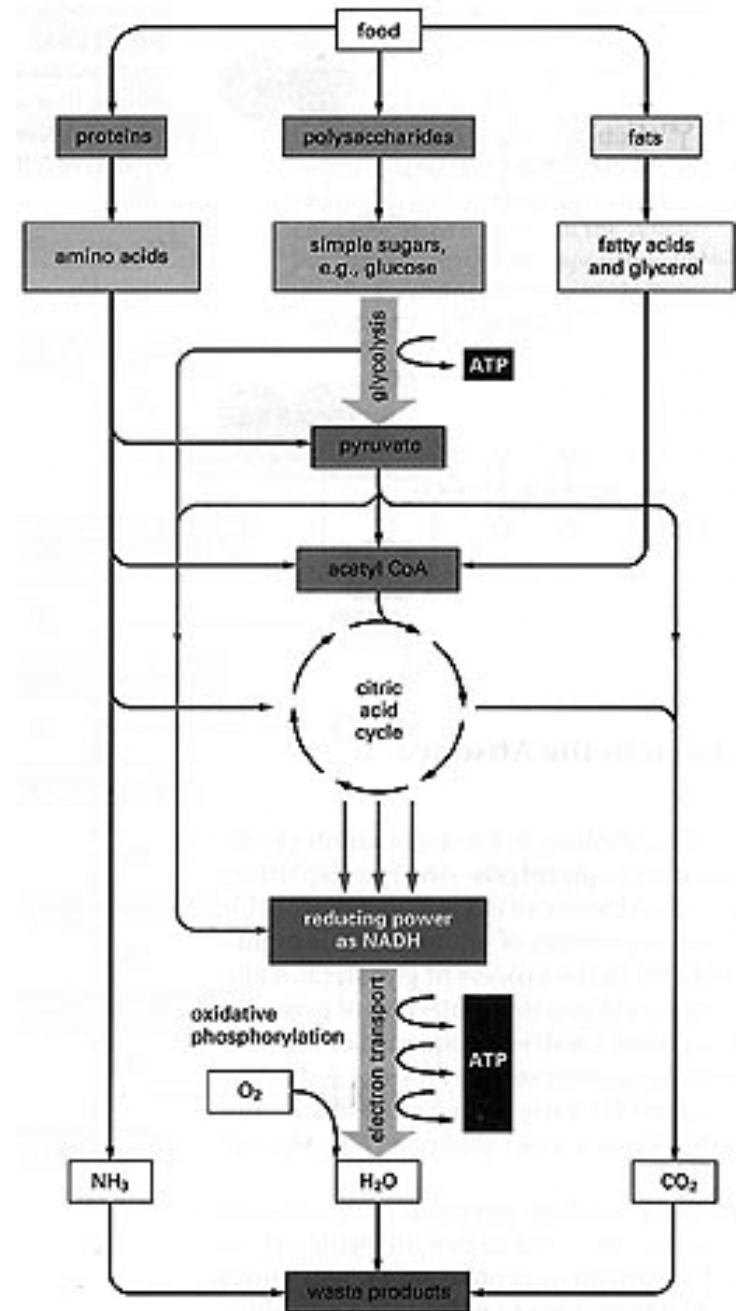


Katabolismus: Energiebereitstellung

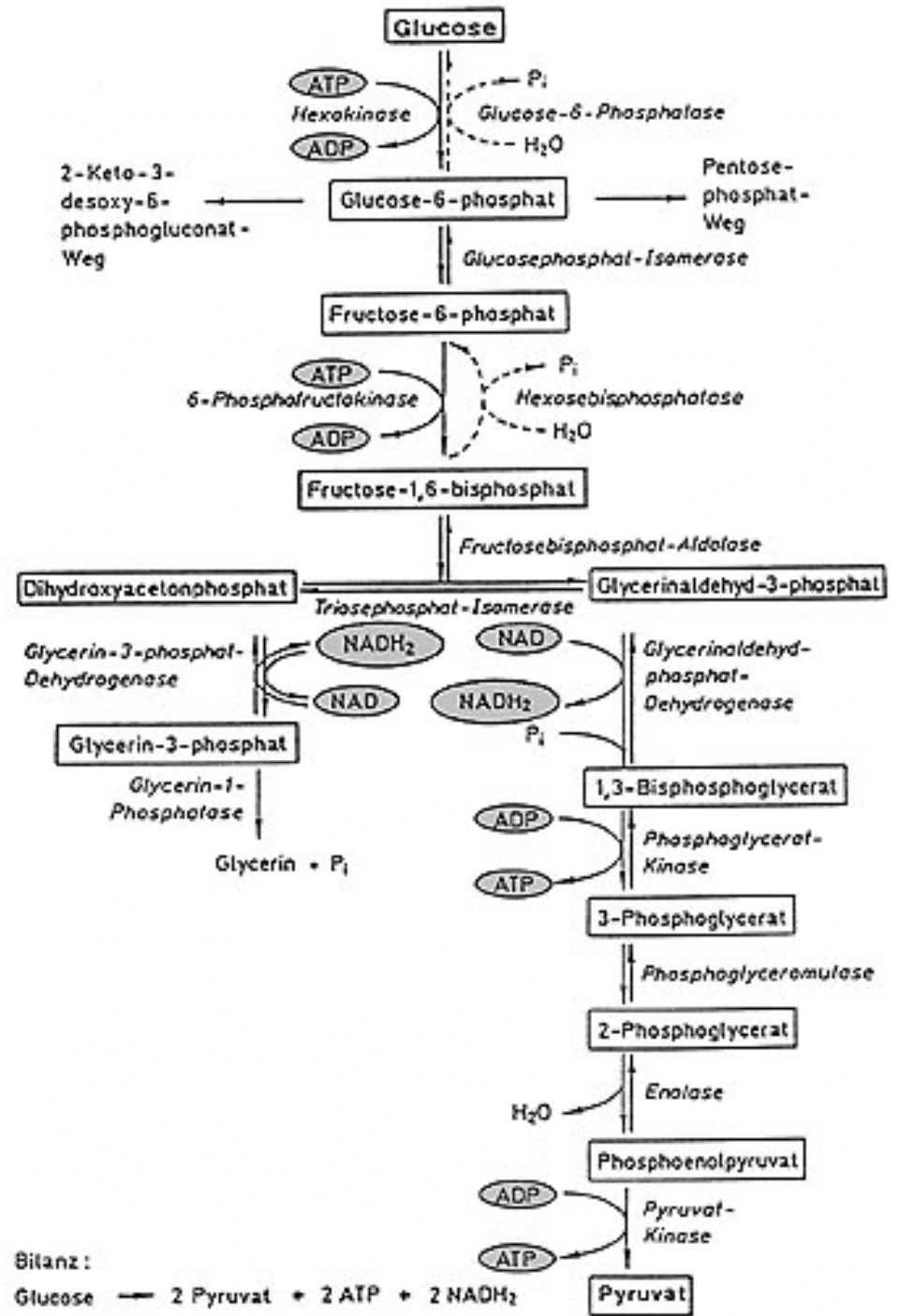
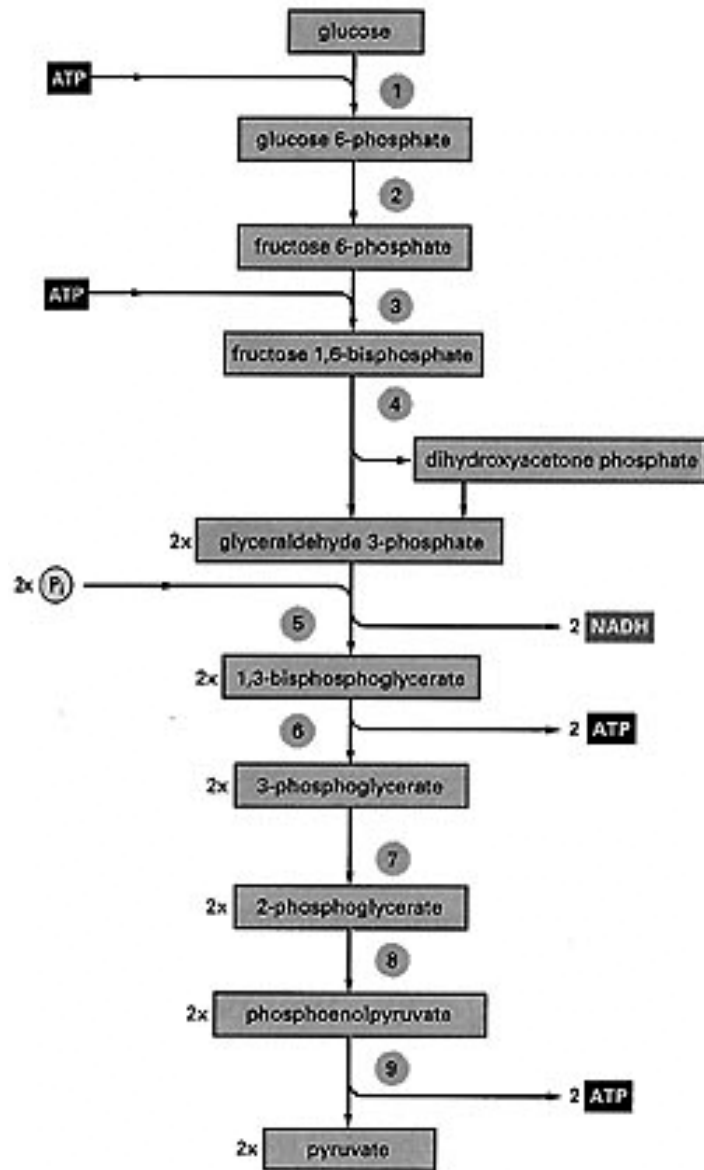
Stufe 1: Abbau grosser Makromoleküle zu einfachen Einheiten

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

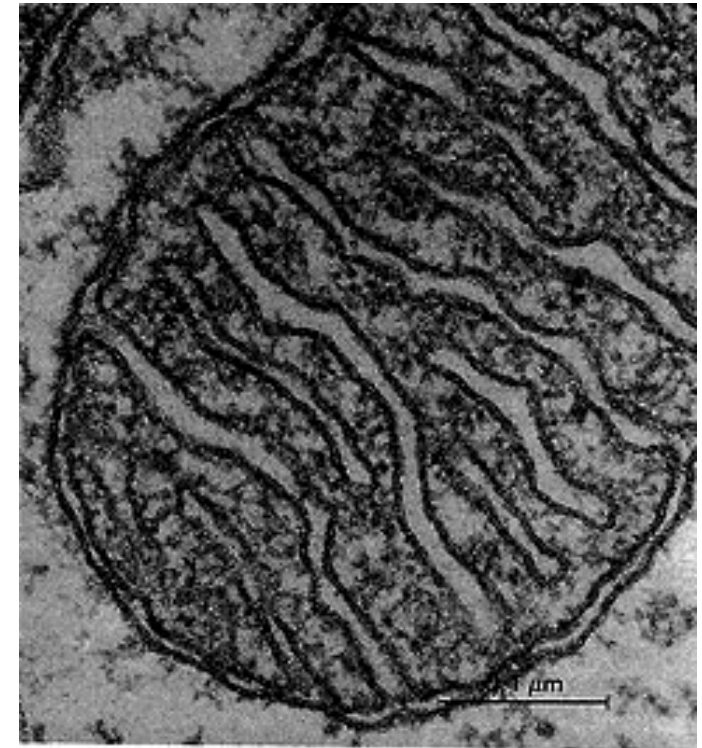
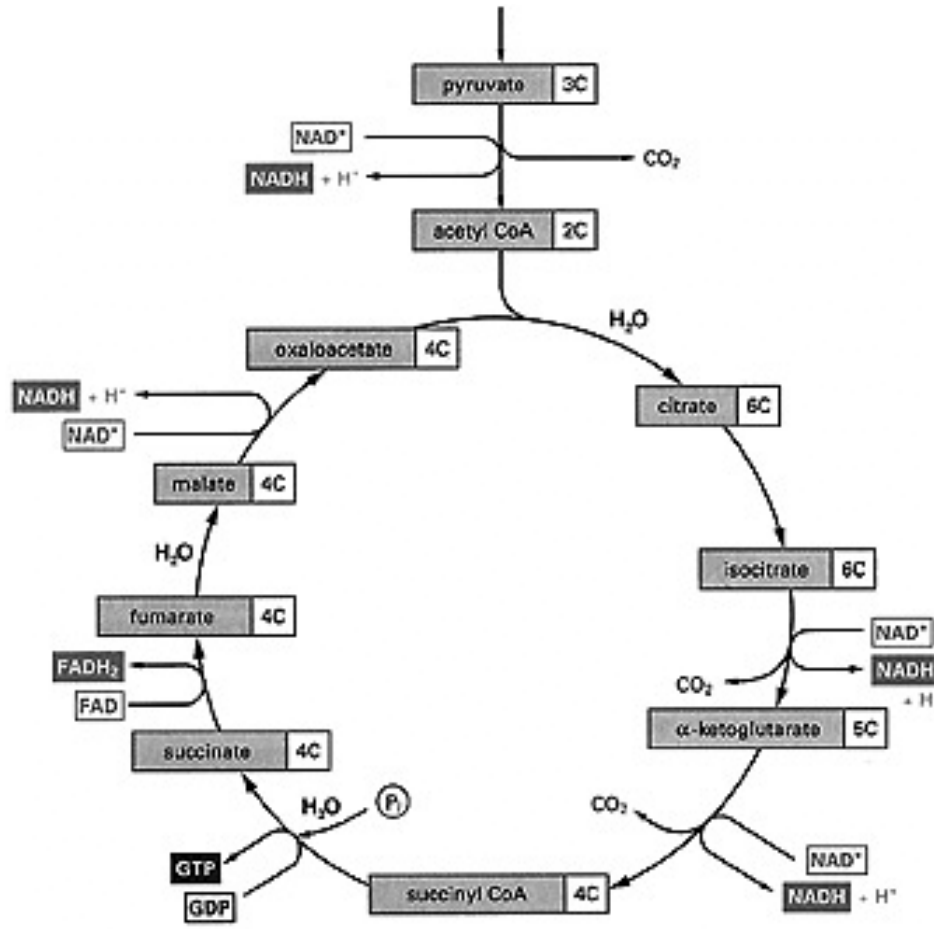
Stufe 3: Komplette Oxidation von AcetylCoA zu H₂O und CO₂ und grossen Mengen von ATP und NADH



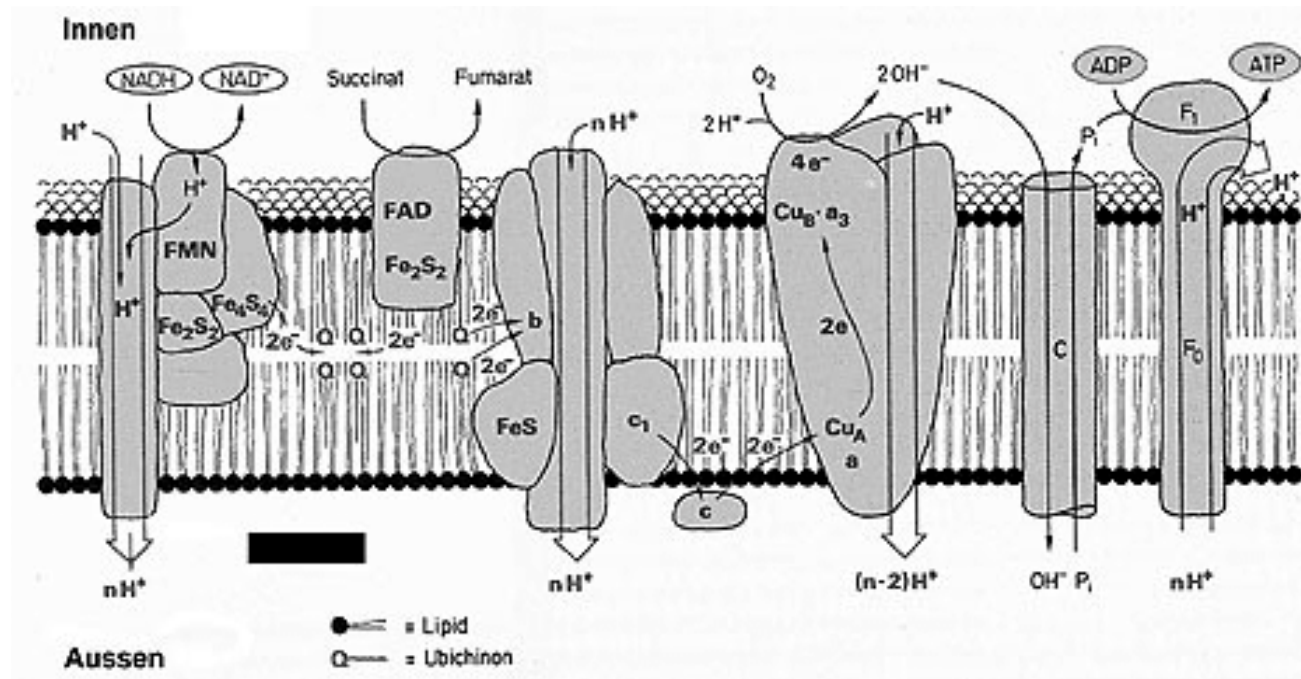
Glykolyse



Mitochondrien: Citronensäurezyklus (Citratzyklus, Tricarbonsäurezyklus)



Atmungskette



Bakterielle H⁺-Transportsysteme

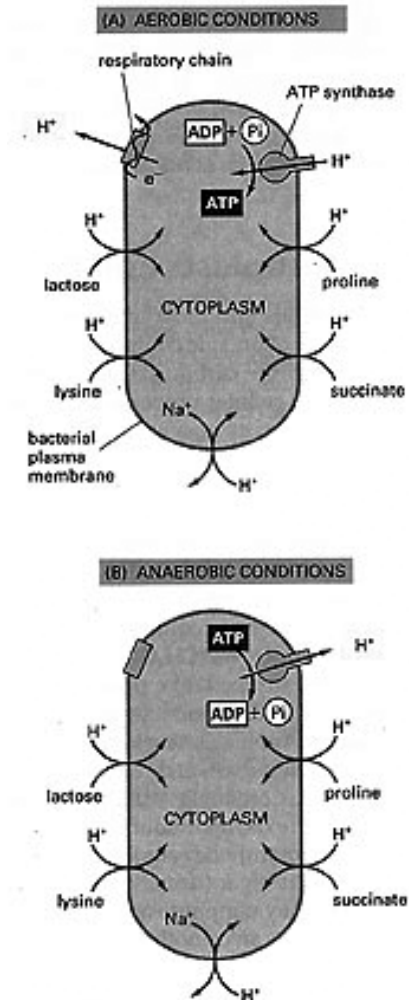
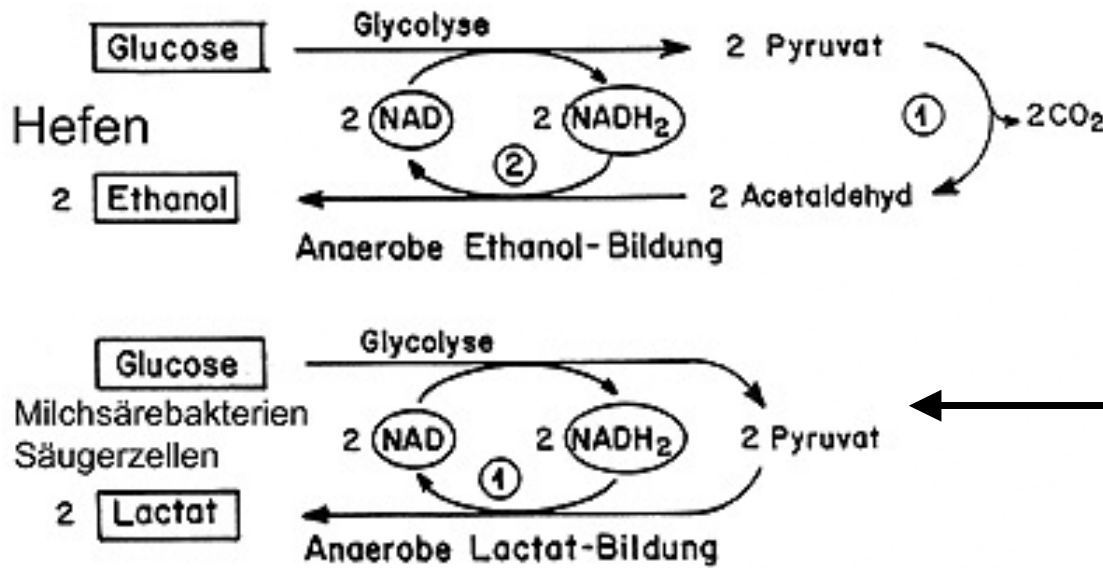
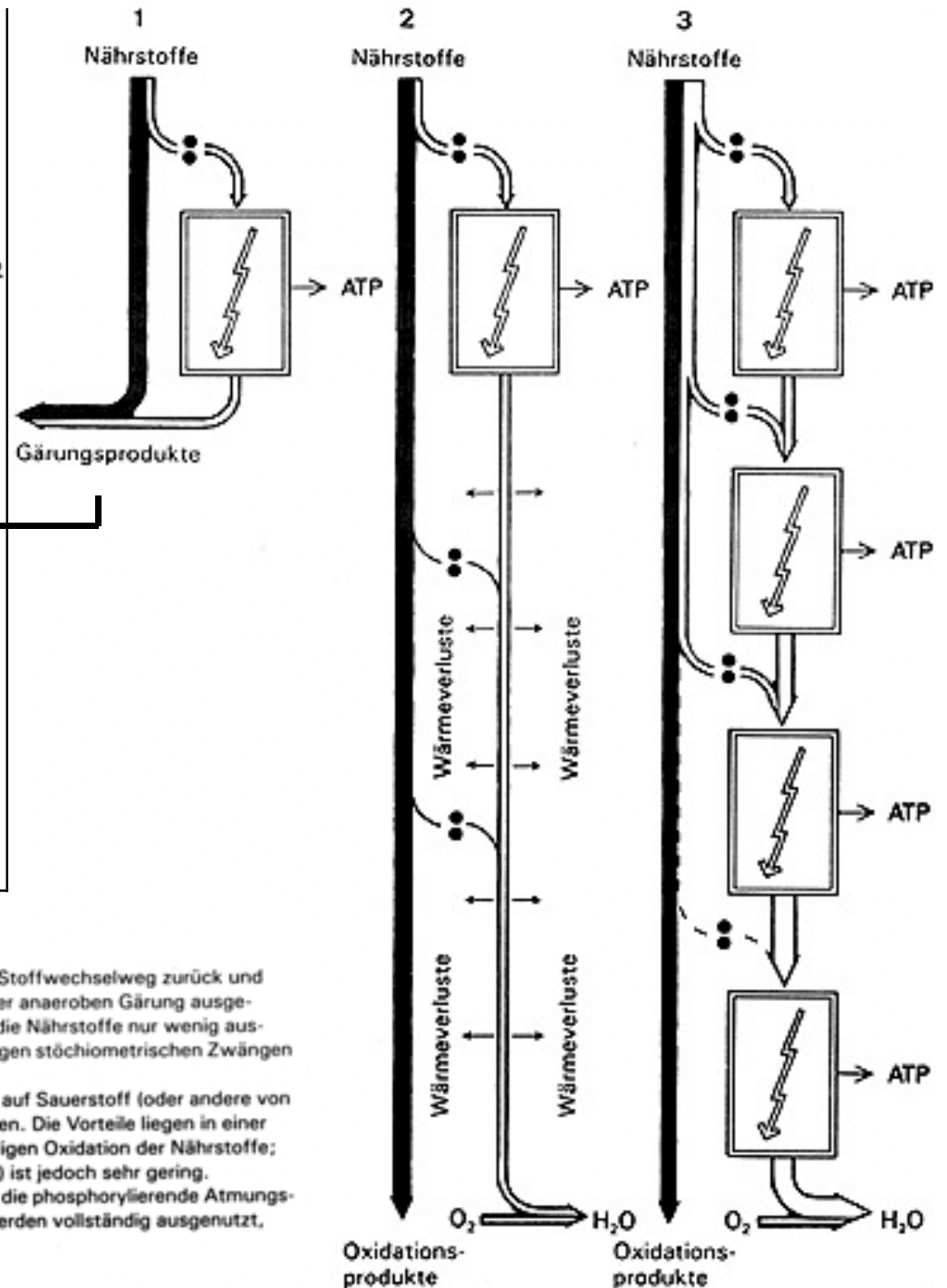


Figure 14-37 H⁺-driven transport in bacteria. A proton-motive force generated across the plasma membrane pumps nutrients into the cell and expels sodium. In (A) the electrochemical proton gradient is generated in an aerobic bacterium by a respiratory chain and is then used by ATP synthase to make ATP 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.

Elektronenableitung

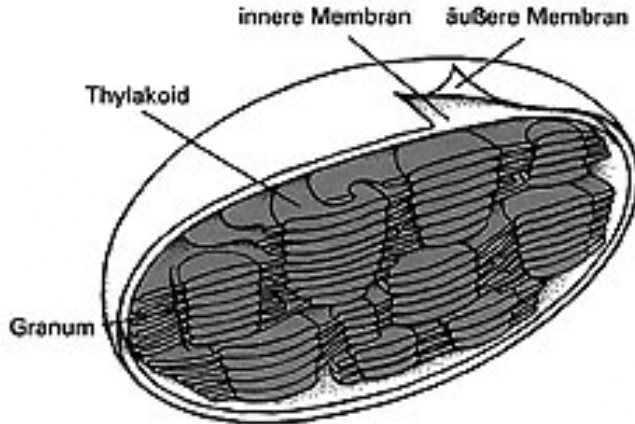


Die Elektronen aus der Glykolyse werden auf NADH₂ und von dort auf das Endprodukt der Glykolyse übertragen und von der Zelle ausgeschieden



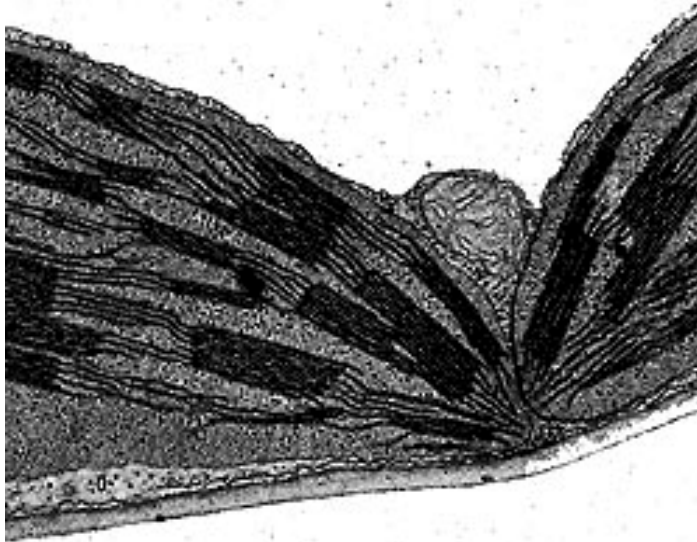
Das Problem der Elektronenableitung.
 Lösung 1: Die Elektronen fließen in den Stoffwechselweg zurück und werden zusammen mit den Produkten der anaeroben Gärung ausgeschieden. Nachteilig ist dabei, daß sich die Nährstoffe nur wenig ausnutzen lassen und daß das System strengen stöchiometrischen Zwängen unterliegt.
 Lösung 2: Die Elektronen werden direkt auf Sauerstoff (oder andere von außen kommende Akzeptoren) übertragen. Die Vorteile liegen in einer größeren Flexibilität und in der vollständigen Oxidation der Nährstoffe; die Ausbeute an nutzbarer Energie (ATP) ist jedoch sehr gering.
 Lösung 3: Die Elektronen gelangen über die phosphorylierende Atmungskette zum Sauerstoff. Die Nährstoffe werden vollständig ausgenutzt, und die Energieausbeute ist hoch.

Chloroplasten: Kohlenstofffixierung

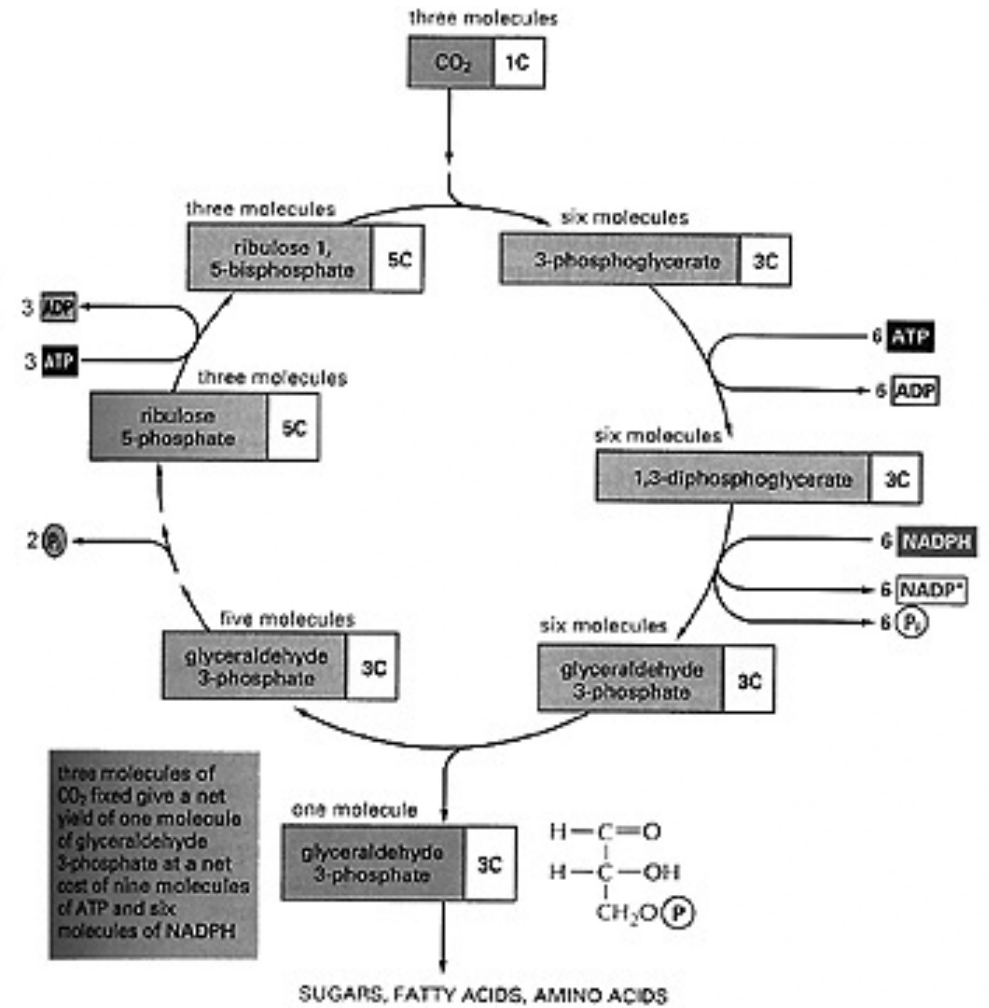
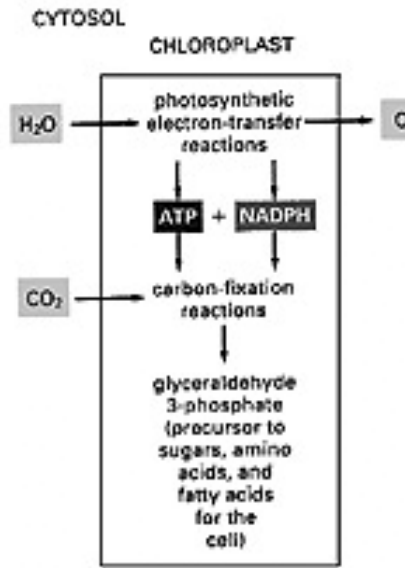


Der Aufbau eines Chloroplasten.

In dieser elektronenmikroskopischen Aufnahme eines Blattes des Wiesensischgrases *Phleum pratense* füllt ein Chloroplast nahezu das gesamte Zellplasma aus. Man beachte, wie die Thylakoide zu Grana übereinandergestapelt sind. Die Zelle schmiegt sich an ihre Zellwand an (vergleiche die elektronenmikroskopische Aufnahme auf Seite 24). Zwischen dem vollständig gezeigten mittleren und dem rechten Chloroplasten eingezwängt liegt ein Mitochondrion.



1 µm



Photophosphorylierung

