

# Einführung in die Medizinphysik

---

**Was:**

- Physik des Lebens
- Physikalische Techniken für die Diagnostik
- Physikalische Methoden für die Therapie

**Wann:**

Mo 8<sup>15</sup> - 9<sup>00</sup>  
Mi 8<sup>30</sup> - 10<sup>00</sup>

**Wo:** P1 - O2 - 323

**Wer:** Dieter Suter  
Raum P1-O1-216    Tel. 3512  
Dieter.Suter@uni-dortmund.de  
<http://e3.physik.uni-dortmund.de>

# Übungen

---

**Wann: Fr 08<sup>30</sup> - 10<sup>00</sup>**

**Wo: P1 - 02 - 323**

**Übungsleiter: Hans Georg Krojanski**  
**Raum P1-E0-209, Tel. 3560**  
**[hansg@e3.physik.uni-dortmund.de](mailto:hansg@e3.physik.uni-dortmund.de)**

**Ablauf: Übungsblätter werden Fr in der Übung verteilt**  
**Abgabe bis Mi 10:15 in Briefkasten 217.**  
**Rückgabe und Besprechung Fr in der Übungsstunde**

Medizinische Physik, Band 1-3  
J. Bille, W. Schlegel (Hrsg.)  
Springer-Verlag 1999 - 2005

Biophysics  
R. Glaser  
Springer-Verlag 2001

Biophysik  
W. Hoppe, W. Lohmann, H. Markl, H. Ziegler (Hrsg.)  
Springer-Verlag 1982

Bildgebende Verfahren in der Medizin  
O. Dössel  
Springer-Verlag 2000

# **1) Medizin und Physik**

---

**1.1 Organisatorisches**

**1.2 Medizin**

**1.3 Ausbildungsangebot**

**1.4 Physik und Leben**

**1.5 Die Zelle als Grundbaustein**

**1.6 Biomoleküle**

**Bedeutung: v. lat. ars medicina : Heilkunst, Heilkunde**

**Medizin ist die Wissenschaft vom gesunden und kranken Lebewesen:**

- **Humanmedizin** 
- **Zahnmedizin**
- **Veterinärmedizin**
- **Phytomedizin (Pflanzenkrankheiten und Schädlinge)**

# Humanmedizin

---

**Gesundheit und Krankheit des Menschen**

**körperlich : physisch**

**geistig : psychisch**

**Vorbeugung : Prophylaxe**

**Erkennung : Diagnostik**

**Behandlung : Therapie**

**Zeugung, Schwangerschaft, Geburt, Tod**

# Medizinische Fachgebiete

---

- 1. Anästhesiologie**
- 2. Anatomie**
- 3. Arbeitsmedizin**
- 4. Augenheilkunde**
- 5. Biochemie**
- 6. Chirurgie**
- 7. Frauenheilkunde und Geburtshilfe**
- 8. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde**
- 9. Haut- und Geschlechtskrankheiten**
- 10. Humangenetik**
- 11. Hygiene und Umweltmedizin**
- 12. Innere Medizin und**
- 13. Kinder- und Jugendmedizin**
- 14. Kinder- und Jugendpsychiatrie**
- 15. Laboratoriumsmedizin**
- 16. Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie**

# Medizinische Fachgebiete

---

17. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie
18. Neurochirurgie
19. Neurologie
20. Nuklearmedizin
21. Öffentliches Gesundheitswesen
22. Pathologie
23. Pharmakologie
24. Physikalische und Rehabilitative Medizin
25. Physiologie
26. Psychiatrie und Psychotherapie
27. Psychosomatische Medizin und Psychotherapie
28. Radiologie
29. Rechtsmedizin
30. Strahlentherapie
31. Transfusionsmedizin
32. Urologie

genauerer:

(Muster-) Weiterbildungsordnung, Stand Mai 2005

<http://www.baek.de/30/Weiterbildung/index.html>



# Medizin und Kultur

---

**Die Medizin ist ein Teilbereich der menschlichen Kultur, daher ist ihr Erscheinungsbild variabel.**

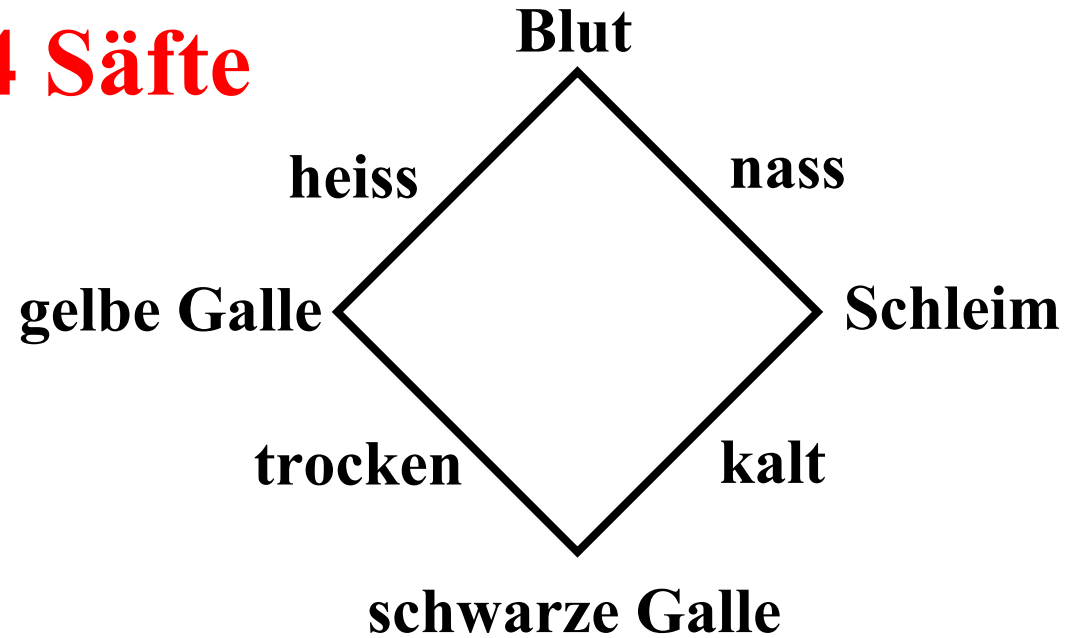


**Howard Terpning:  
Blessing From the  
Medicine Man**

# Anfänge der wissensch. Medizin

Kernpunkt der Lehre:

**4 Säfte**



Hippokrates von Kos  
ca. 460-375 v. Chr.

z. Vgl.:  
Aristoteles  
4 Elemente

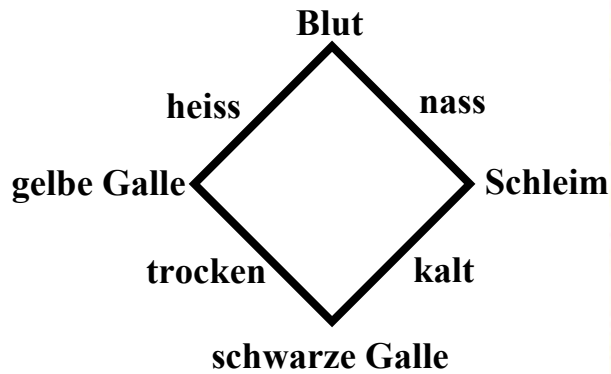




# Temperamentenlehre

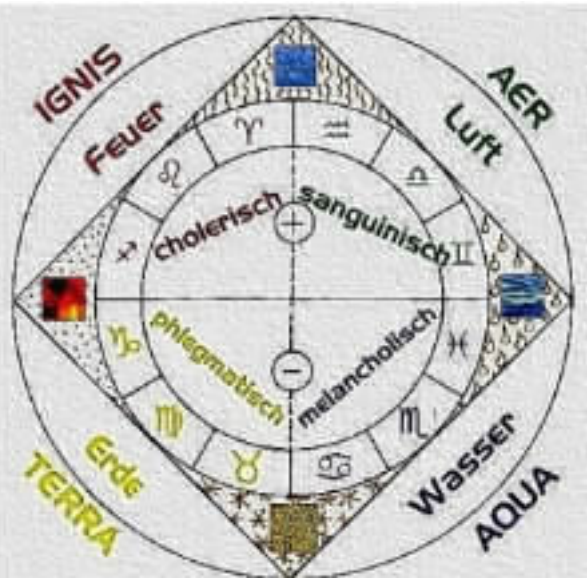
Melancholiker: schw. Galle

Phlegmatiker: Schleim



Choleriker: gelbe Galle

Sanguiniker: Blut



# Hippokratische Techniken

---

## Aderlass



**Krankheit =  
Ungleichgewicht zwischen den  
Säften**

**Schröpfköpfe**



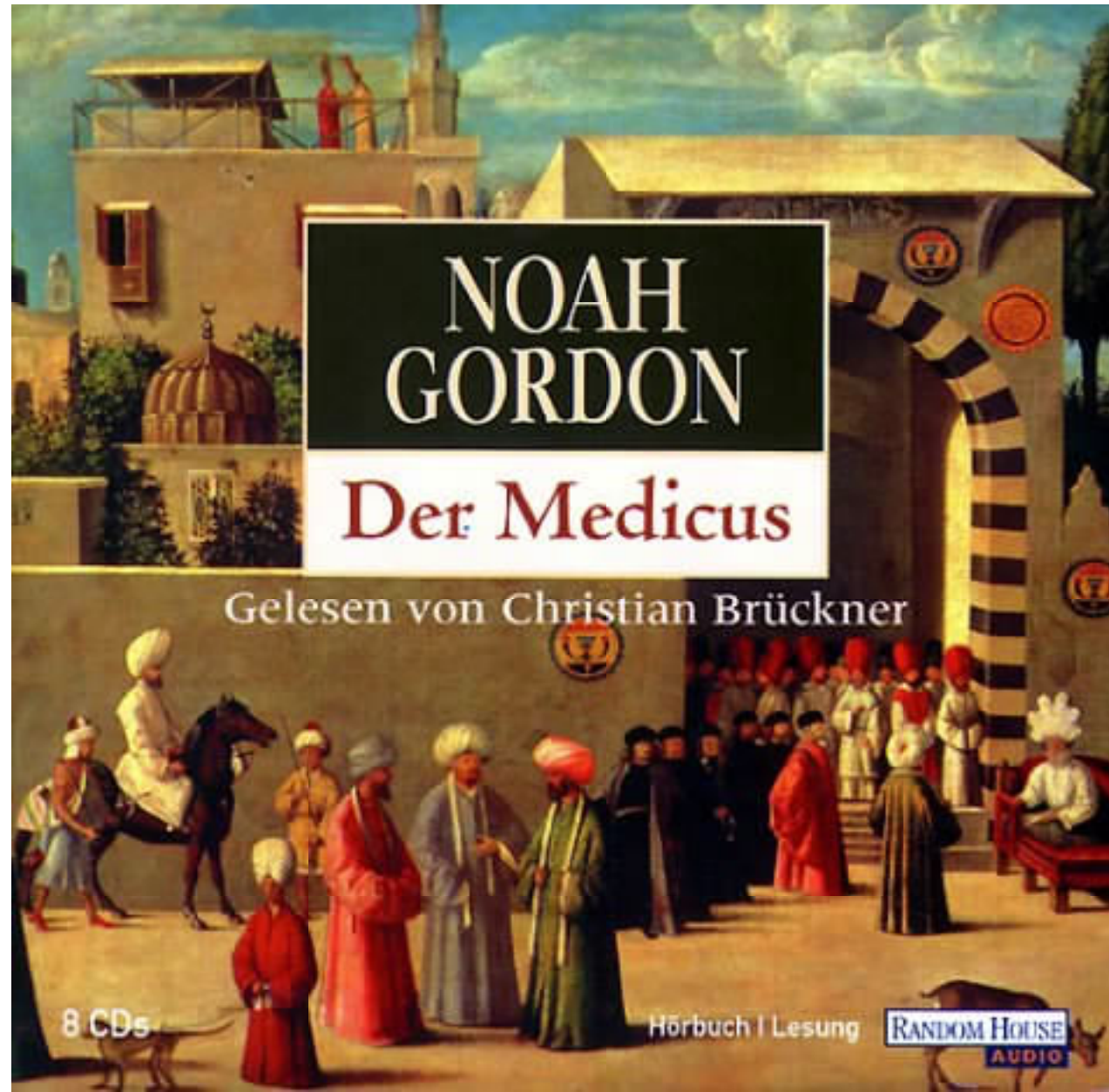


# Medizin im Mittelalter

## Mittelalter: Tradition, Religion, Glaube

*“Medicus, Chirurg oder Bader - sie alle leugnen die unbestreitbare Wahrheit, dass die Dreifaltigkeit und die Heiligen allein die Kraft haben, zu heilen.”*

Priester in “Der Medicus”  
von Noah Gordon



# Medizin im Mittelalter



## Kranke suchen Heilung und Almosen bei der Hl. Gertrud

Derick Baegert, Museum für Kunst und  
Kulturgeschichte, Dortmund



# Medizin im Mittelalter



**Untersuchung von Leprakranken  
aus  
Hans von Gersdorffs  
Feldtbuch der Wundartzney**

# Medizin und Naturwissenschaft

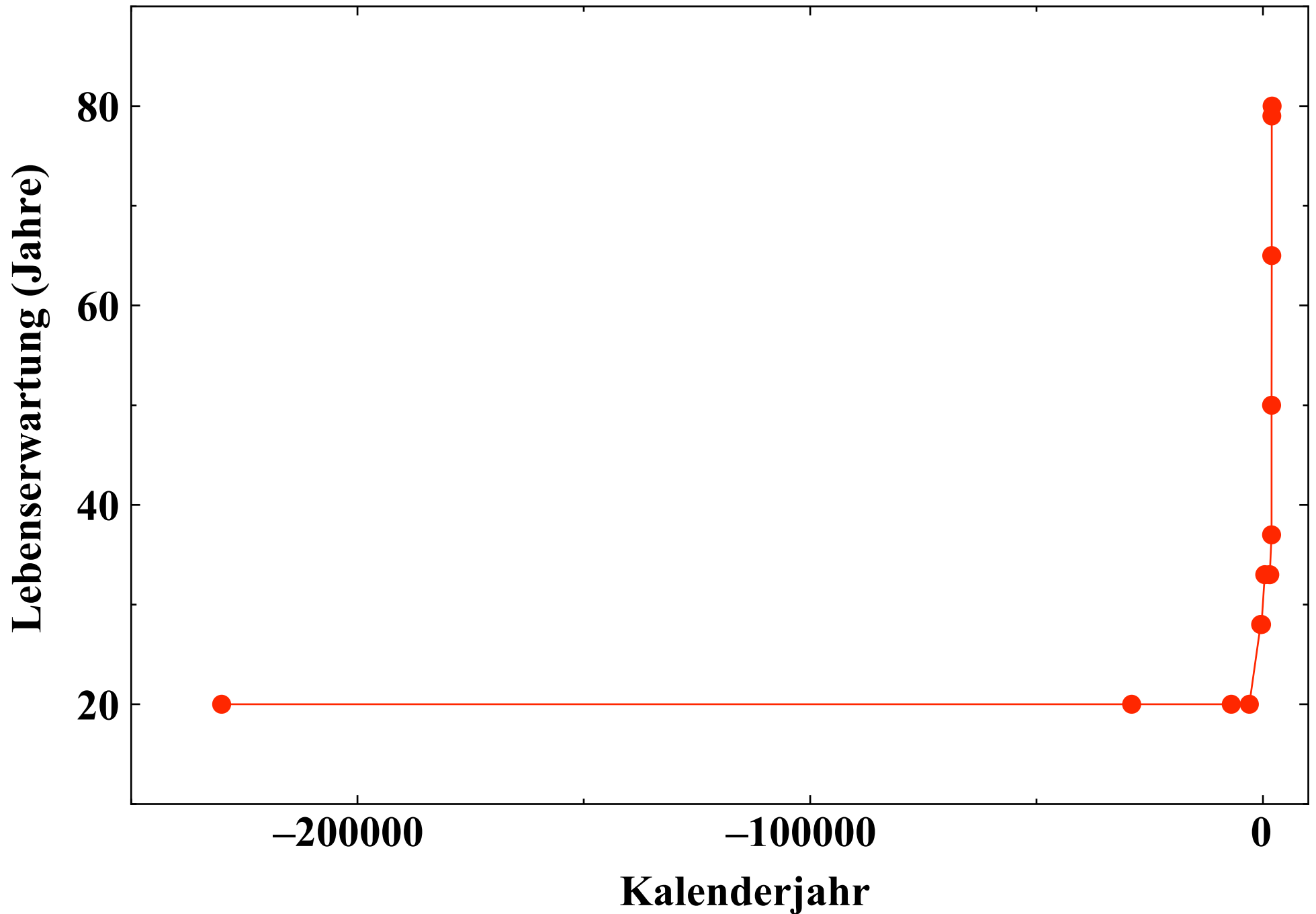
## Renaissance, Neuzeit: Biologische Grundlagen



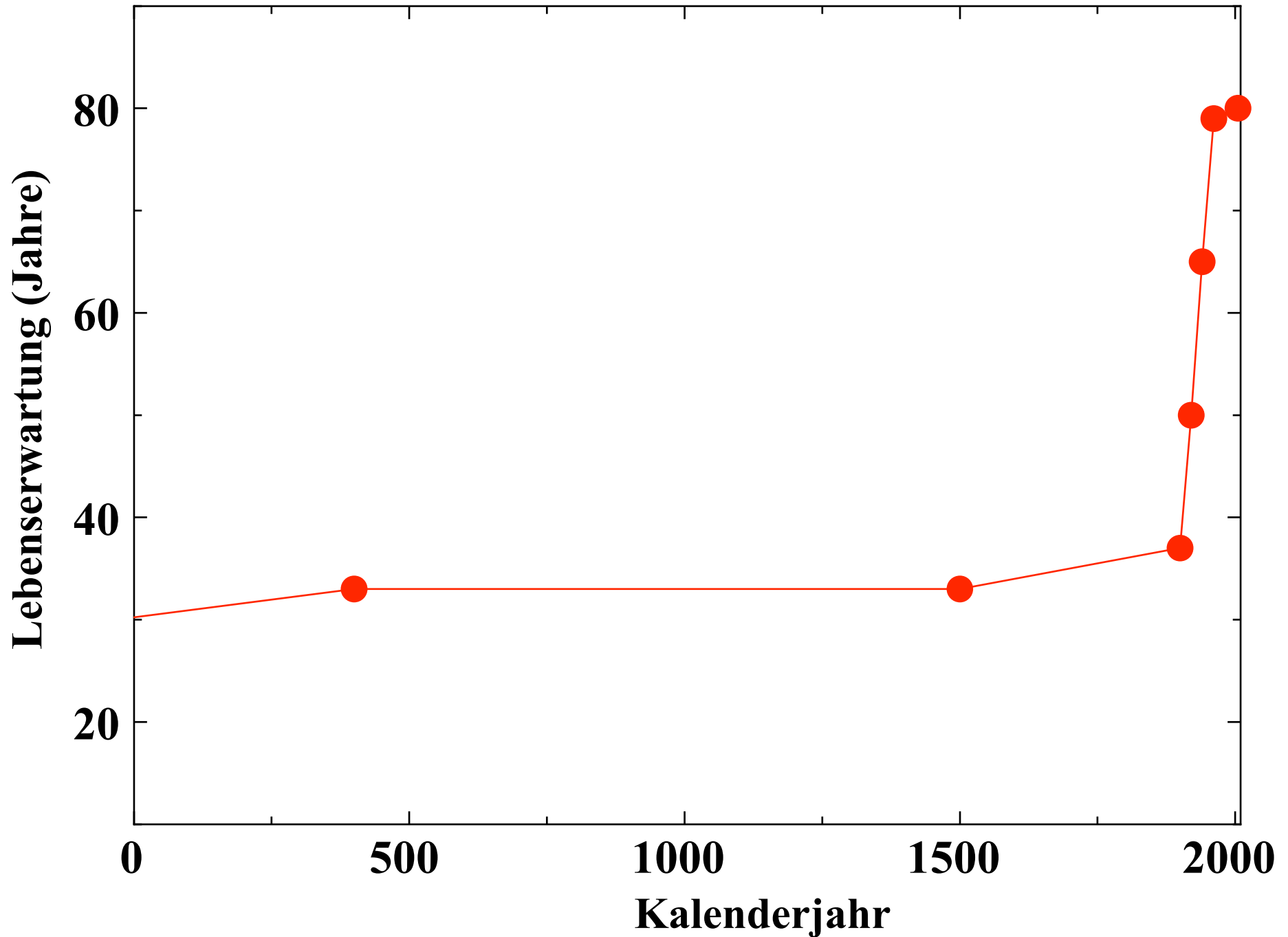
**Rembrandt (1632): Der Arzt Nicolaes Tulp bei der Demonstration der Anatomie des Armes**



# Lebenserwartung

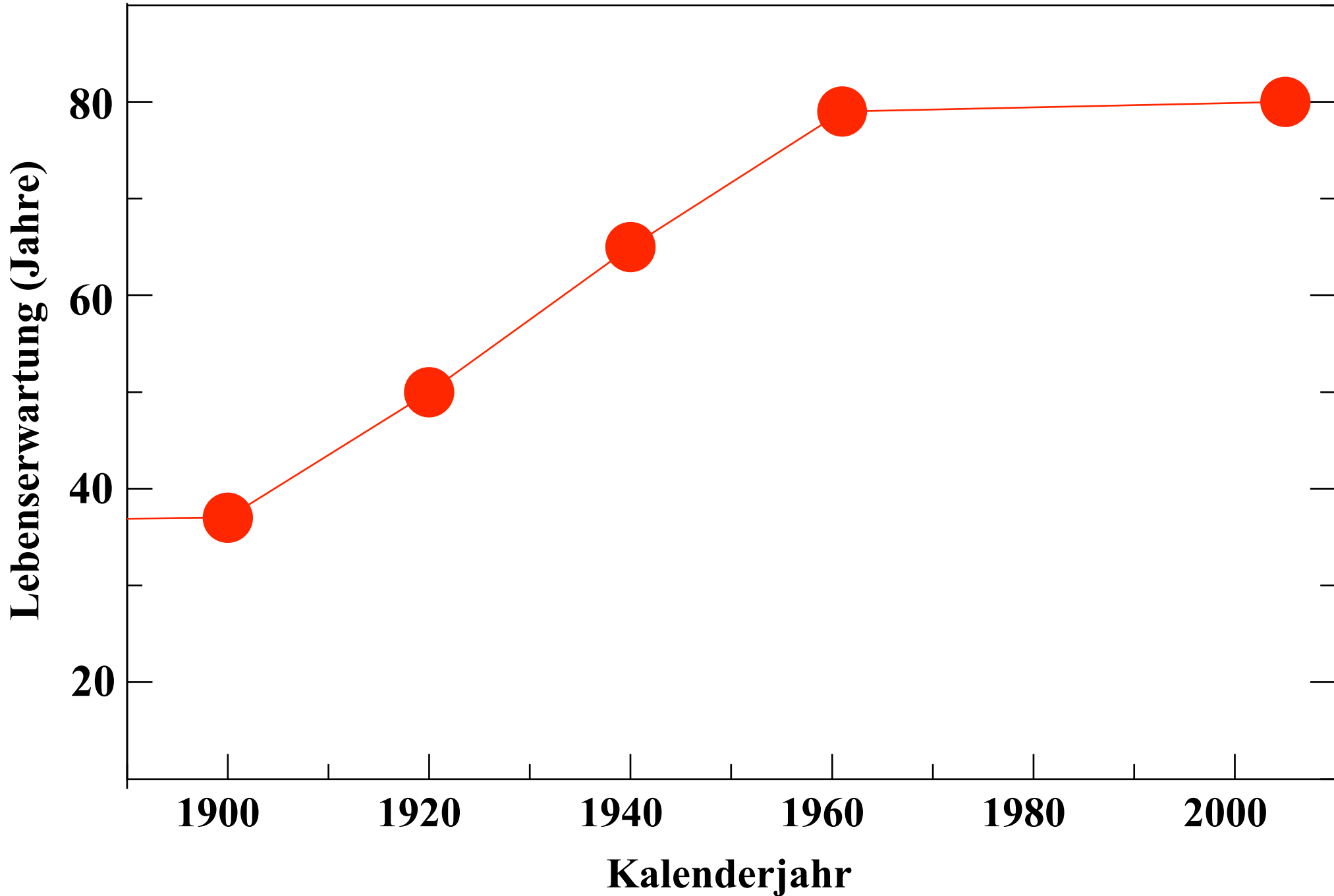


# Lebenserwartung



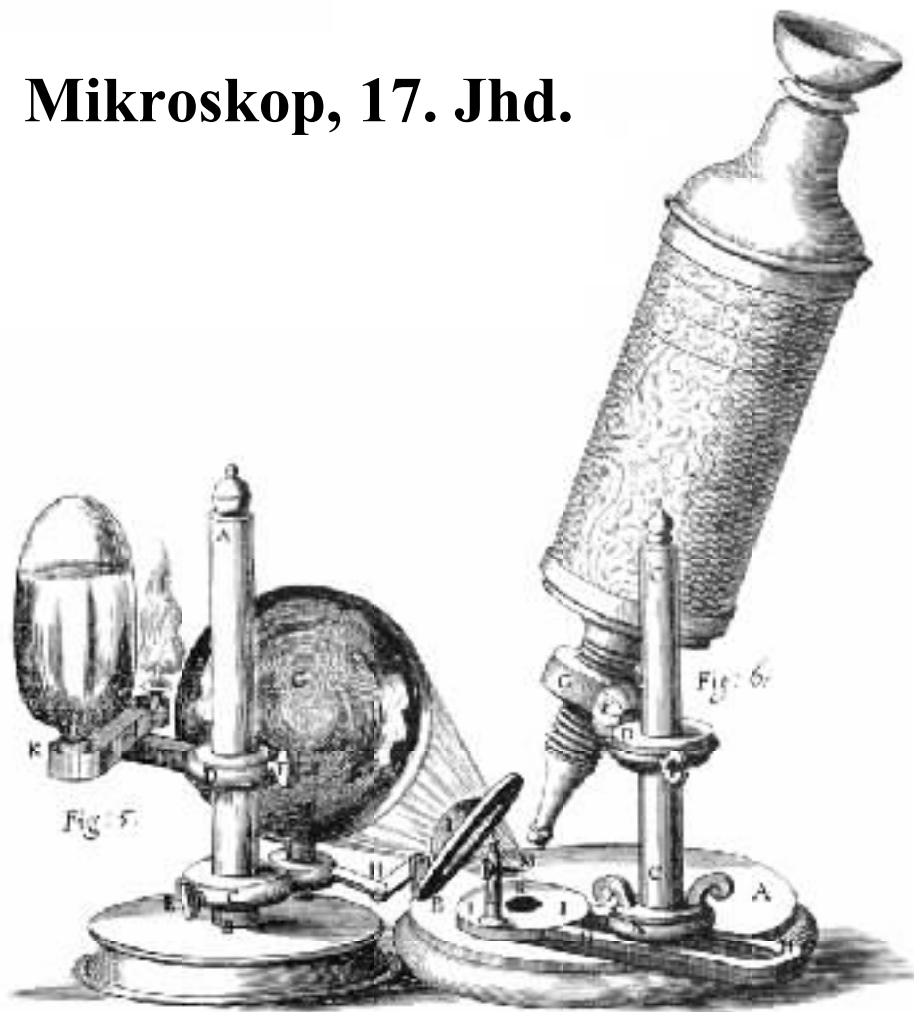
# Lebenserwartung

---

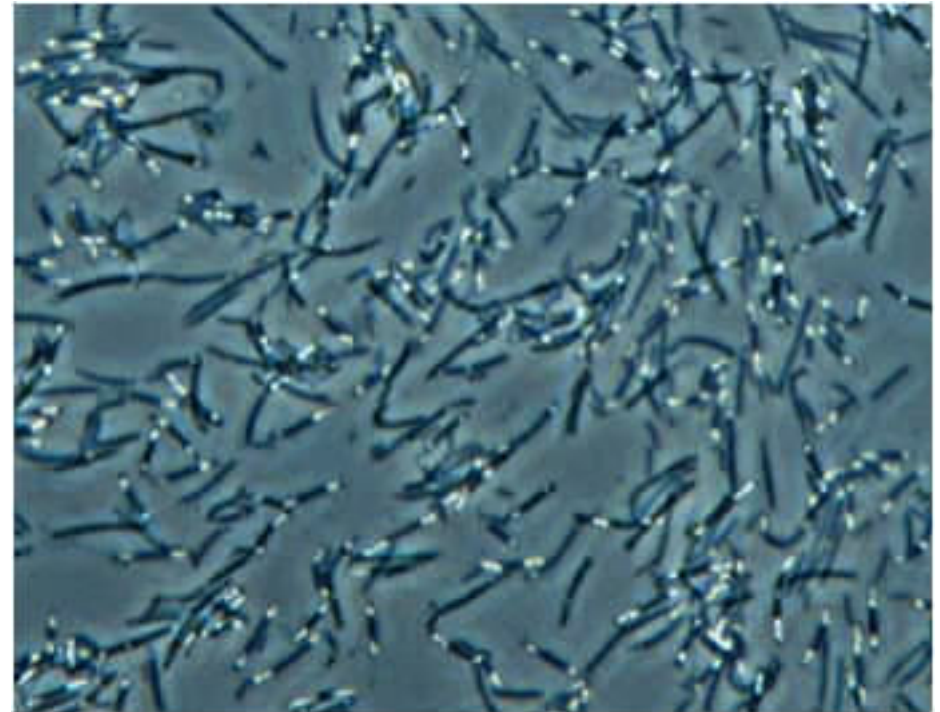


# Medizin und Naturwissenschaft

**Mikroskop, 17. Jhd.**



**Die Entwicklung des Mikroskops führte unmittelbar zur Entdeckung von Bakterien (Anton van Leeuwenhoek, 1676) und zum Forschungsgebiet “Mikrobiologie”.**



# Medizin und Naturwissenschaft

---

**20. JHd.: Wissenschaftliche Entdeckungen führen zu neuen Medikamenten, Geräten, Techniken**

**Am wichtigsten: Antibiotika**

**Bsp.: Penizillin; ursprünglich entdeckt 1896 (Ernest Duchesne);**

**Clodomiro Picado Twight entdeckt antibiotischen Effekt 1923.**

**Alexander Fleming bemerkt 1928 Wachstums hemmenden Effekt auf Bakterien.**

**Der Fortschritt der Medizin gründet sich in praktisch allen Bereichen auf Beiträge aus Naturwissenschaft und Technik.**

# Medizin und Naturwissenschaft

---

**Physikalische Erkenntnisse und Methoden tragen zusammen mit ihrer technischen Umsetzung zur Erkennung und Behandlung von Krankheiten sowie zur Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit des Menschen bei.**

**Sowohl im klinischen Alltag als auch in den Forschungseinrichtungen der Biowissenschaften ist die Mitarbeit des Physikers immer stärker gefragt.**

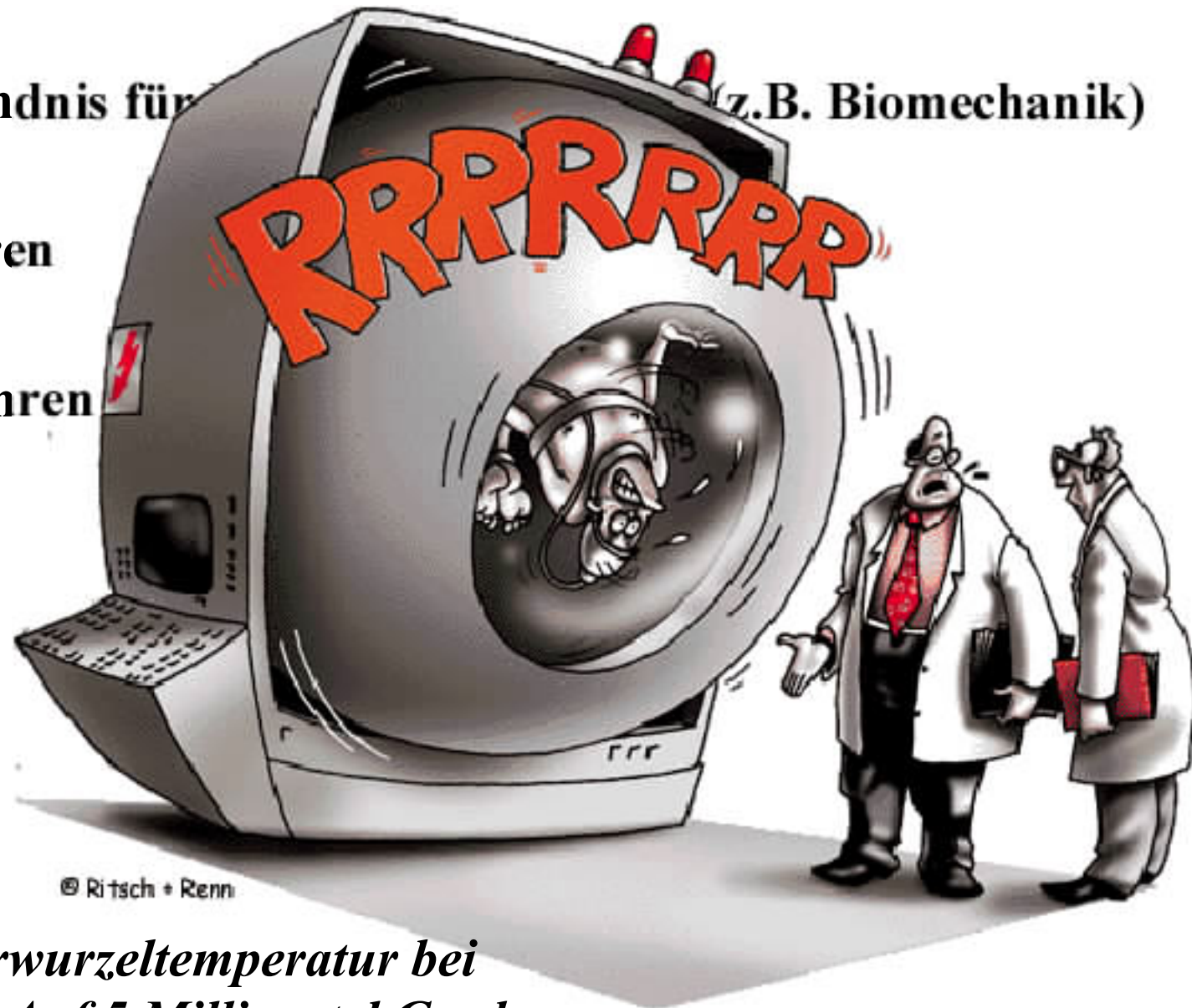
**Im Zuge dieser Entwicklung hat sich in manchen Feldern der Krankenversorgung eine besonders enge Zusammenarbeit zwischen Arzt, Physiker und medizinischem Assistenzpersonal herausgebildet.**

**Beispiele:**

- ionisierende Strahlung**
- Laser**
- Roboter und Navigationstechniken**
- Bildgebung**
- Audiologie und die Ophthalmologie**

# 1.3 Ausbildungsangebot

- Physikalisches Verständnis für (z.B. Biomechanik)
- Diagnostische Verfahren
- Therapeutische Verfahren



*Das Gerät mißt die Haarwurzeltemperatur bei Schleuderbewegungen. Auf 5 Millionstel Grad.*

# Inhalt der Vorlesung

---

## 1) Einführung

### Physik des Körpers

## 2) Biomechanik

## 3) Blutkreislauf

## 4) Ohr

## 5) Auge

### Diagnostische Methoden

## 6) Röntgendiagnostik

## 7) Nukleardiagnostik

## 8) Ultraschall

## 9) MRI

## 10) Magnetische und elektrische Quellen

### Therapeutische Methoden

## 11) Ionisierende Strahlung

## 12) Laser

**Einführung, Übersicht  
wenig Details !**



# Physik & Medizin als Nebenfach

---

## - Praktika :

- 1-tägiges Praktikum am FZ Jülich: Bildgebende Verfahren

## - Weitere Vorlesungen :

- Principles of Magnetic Resonance Imaging

J. Shah; 2V im WS

- Innovative Verfahren in der Strahlentherapie

S. Levegrün, 1V im SS

- Brachytherapie und Spezialverfahren in der Strahlentherapie

D. Flühs, 1V im SS

- Dosimetrie mit Anwendungen

M. Bambynek, 1V im WS

## - Seminare :

- Festkörperspektroskopie,

- Beschleunigerphysik und Synchrotronstrahlung

- Aktuelle Fragen der Teilchenphysik, Astroteilchen- und Medizinphysik

## - Prüfung :

Physikalisches Nebenfach : 6-8 SWS

# Nichtphysikalisches Nebenfach

---

## **Theoretische Medizin 12 SWS, WS + SS**

- **Anatomie (I und II) (4 SWS)**
- **Biochemie (I und II) (4 SWS)**
- **Physiologie (I und II) (4 SWS)**

## **Mündliche Prüfung**

**weitere Möglichkeit: Biophysik**

## **Lehrstuhl für Biophysik, FB Biologie, Univ. Bochum**

- **Einführung in die Biophysik (Struktur der Materie)  
(3 V + 1 Ü im SS)**
- **Biophysik II: Biomolekulare Struktur und Dynamik  
(2 V + 1 Ü im WS)**
- **Seminar (1 von 2) (1 SWS im WS)**
- **4 Praktikumsversuche**
- **mündliche Prüfung**

# Medizinische Physik und Technik

---

**Fernstudium an der Univ. Kaiserslautern**

**Vorraussetzungen MPT:**

**Zertifikatsstudium: 4 Semester**

**für berufstätige Physiker und Elektroingenieure**

**Wissenschaftliche Hochschulausbildung  
(Diplom, Master)**

**Master-Studium: 6 Semester**

**für berufstätige Absolventen bestimmter  
ingenieur- oder naturwiss. Studiengänge**

**Universität, Fachhochschule**

**+ 1 Jahr Praxis ???**

# Medizinische Physik und Technik

---

## Aufbau Zertifikatsstudium:

### 1.Semester:

#### Einsendeaufgaben:

**Informatik: Grundlagen und Einsatz in der Medizin**

**Biomathematik, insbesondere Statistik**

**Organisatorische und rechtliche Grundsätze im Gesundheitswesen**

(Krankenhaus: Organisation, Verantwortlichkeiten, Haftung,  
Haushaltrecht, ...)

#### Präsenzphase G1:

**Kennenlernen, Klärung von Fragen, ...**

#### **Klausur:**

**Medizintechnik**

(Beatmung&Narkose, Kreislaufunterstützung, Monitoring, Dialyse,...)

**Gesetzlicher Rahmen für den Umgang mit Medizintechnik**

(Medizinproduktegesetz, MPBetreibV, Sicherheitsbeauftragte, ...)

# Medizinische Physik und Technik

---

## 2.Semester:

### Einsendeaufgaben:

#### **Biochemie und Biophysik**

(Molekularbiologie, Stoffwechsel, Biophysik der Zelle, Bioelektrizität und -magnetismus, Sinnesorgane, Strahlenbiophysik, ...)

#### **Anatomie und Physiologie**

(Der menschliche Körper)

#### **Einführung in den Strahlenschutz**

(Strahlenphysik, -biologie, Dosimetrie, Strahlenschutz, Rechtsvorschriften, ...)

### Präsenzphase G1:

**Tutorium Anatomie und Physiologie**

**Praktikum Strahlenschutz**

### **Klausuren:**

**Anatomie und Physiologie**

**Einführung in den Strahlenschutz => Zertifikat Grundkurs Str.schutz**

# Medizinische Physik und Technik

---

## 3./4.Semester: 3 mögliche Vertiefungen

**Alle: Physikalische Meßtechniken in der Medizin**

**Physik und Technik der Nuklearmedizin**

**Physik und Technik der Röntgendiagnostik**

**Physik und Technik der Strahlentherapie**

**Medizinische Optik**

**Grundlagen von Lasern**

**Medizinische Anwendung von Lasern**

**Bilderzeugung und -verarbeitung in der Medizin (Klausur)**

**Physik und Technik der Ultraschallanwendung in der Medizin**

**Kernspintomographie und -spektroskopie (Klausur)**

**Bilderzeugung und -bewertung in der Strahlenphysik (Klausur)**

**Jeweils Einsendeaufgaben, Klausuren und Praktika**

# Medizinische Physik und Technik

---

## Aufbau Masterstudium:

1./2. Semester: wie bei Zertifikatsstudium

3./4. Semester: 1 Vertiefung wie bei Zertifikatsstudium

5. Semester: 1 weitere Vertiefung

6. Semester: Klinische Studien

Qualitätsmanagement

Anfertigung einer Masterarbeit

# Fachanerkennung

---

## Fachanerkennung als Medizinphysiker:

- **Medizinphysiker ist derzeit in Deutschland keine geschützte oder staatlich definierte Berufsbezeichnung**  
(im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern)
- **Das Berufsbild des Medizinphysikers mit Fachanerkennung (FAMP) wird von der DGMP (Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik) in ihrer Weiter- und Fortbildungsordnung geregelt.**  
(Anlehnung an sich abzeichnende europäische Standards)
- **nach einem Diplom oder Master in Physik:**  
**3-jährige Weiterbildungsphase unter Anleitung eines dazu ermächtigten Mentors mit 360 Stunden Fortbildungsleistungen gemäß Punktekatalog.**  
**Bis zur Hälfte der Punkte (180 Stunden) können erlassen werden, wenn einschlägige Lehrveranstaltungen aus dem Studium nachgewiesen werden.**  
**Eine einschlägige Diplomarbeit kann die Weiterbildungsphase um ein halbes Jahr, eine Promotion um ein Jahr abkürzen.**



## Was tun Medizinphysiker?



### The American Association of Physicists in Medicine

- **Clinical service and consultation**
- **Research and development**
- **Teaching**

**Mehr Details:**

**[http://www.aapm.org/medical\\_physicist/types\\_work.asp](http://www.aapm.org/medical_physicist/types_work.asp)**

**“ Aufgrund des vielfach festgestellten Fachkräftemangels im Bereich der Medizinphysik und -technik bieten sich den Absolventen der Fernstudiengänge sehr gute berufliche Perspektiven auf dem Arbeitsmarkt, insbesondere in Krankenhäusern, Kliniken und Großpraxen.**

**Weitere Arbeitsfelder sind Bereiche der Forschung und Entwicklung medizinischer Geräte und Verfahren, Prüf-, Kontroll- und Wartungswesen, Vertrieb und Schulung in Unternehmen, Behörden und Forschungseinrichtungen. “**

# Physik als Grundlage

---

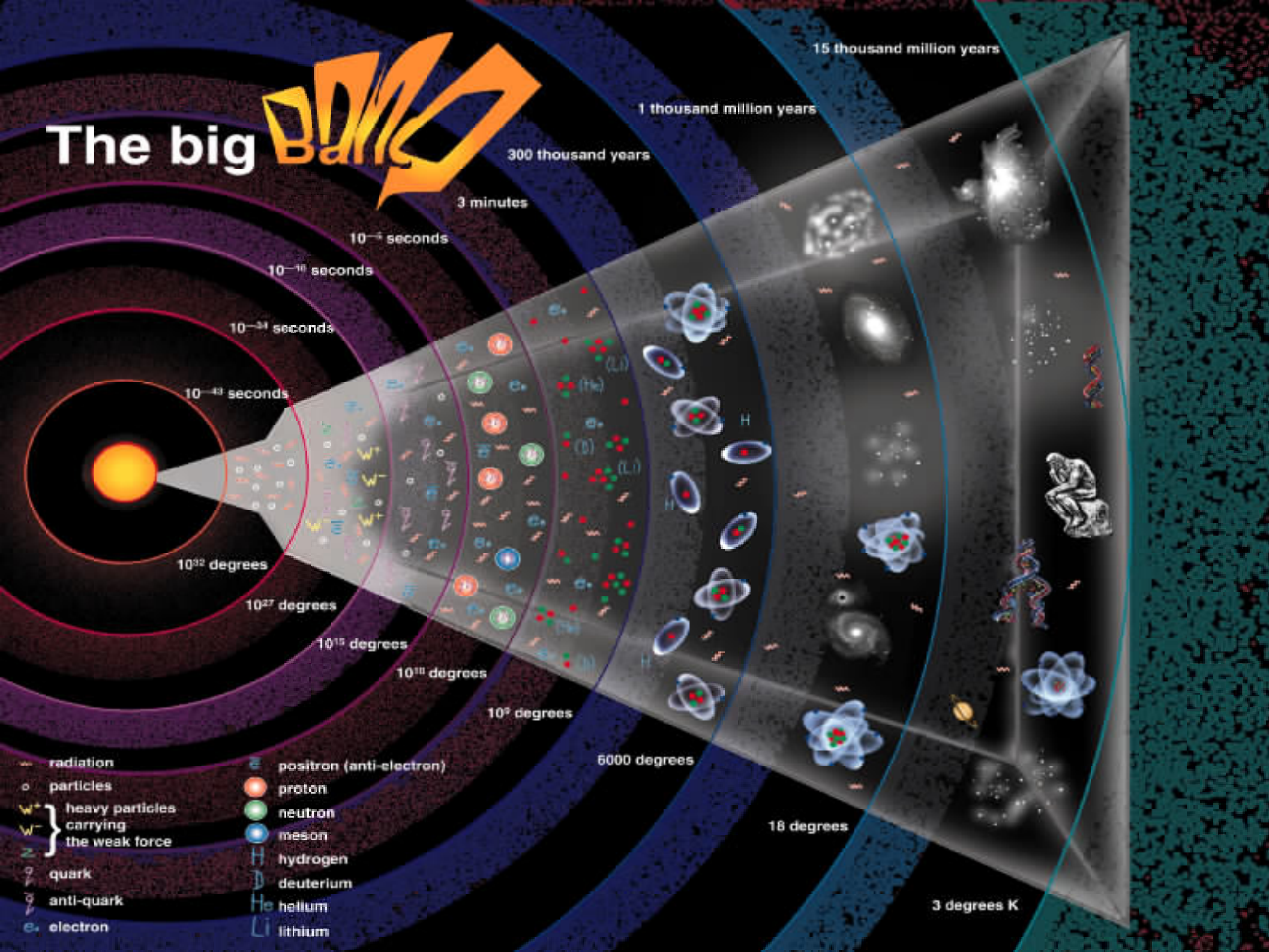
*Die Natur ist nämlich einfach und schwelgt nicht in überflüssigen Ursachen der Dinge*

Newton

*Ein Großteil des Universums bedarf keiner Erklärung. Elefanten zum Beispiel. Sobald Moleküle gelernt haben, miteinander in Wettbewerb zu treten und andere Moleküle nach ihrem Bild zu erschaffen, werden nach einiger Zeit Elefanten und Dinge, die ihnen ähneln, durch die Lande ziehen.*

Peter Atkins

# The big Bang



- radiation
- particles
- $W^+$  } heavy particles carrying the weak force
- $W^-$  }
- $Z$  } heavy particles carrying the weak force
- $q$  } quark
- $\bar{q}$  } anti-quark
- $e^-$  } electron

- positron (anti-electron)
- proton
- neutron
- meson
- $H$  } hydrogen
- $D$  } deuterium
- $He$  } helium
- $Li$  } lithium

15 thousand million years

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

$10^{-10}$  seconds

$10^{-10}$  seconds

$10^{-34}$  seconds

$10^{-43}$  seconds

$10^{32}$  degrees

$10^{27}$  degrees

$10^{15}$  degrees

$10^{10}$  degrees

$10^9$  degrees

6000 degrees

18 degrees

3 degrees K



# Physik und Leben

---

- **Entstehung des Sonnensystems**

- **Entstehung des Lebens**

**Wasser, Wasser - Anomalie**

- **Formen des Lebens**

**Größenskalen von Lebewesen**

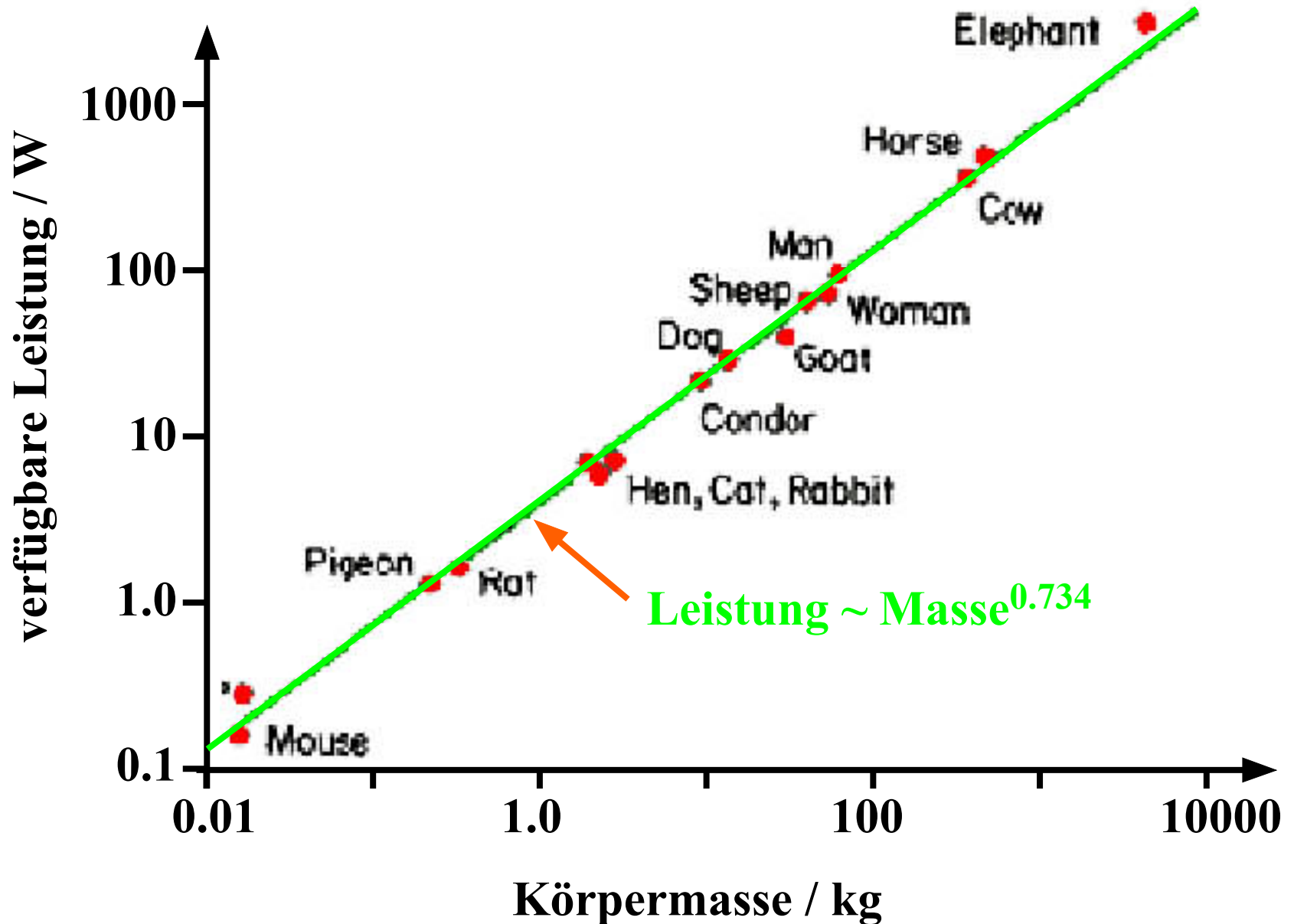
**Physikalische Grenzen**

**Energie und Entropie**



# Skalierung

## Die "Maus - Elefant Kurve"



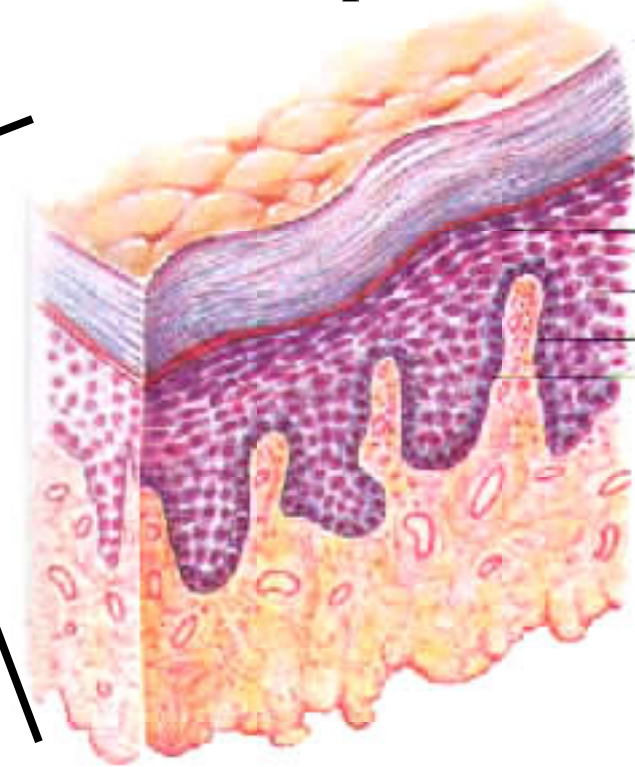
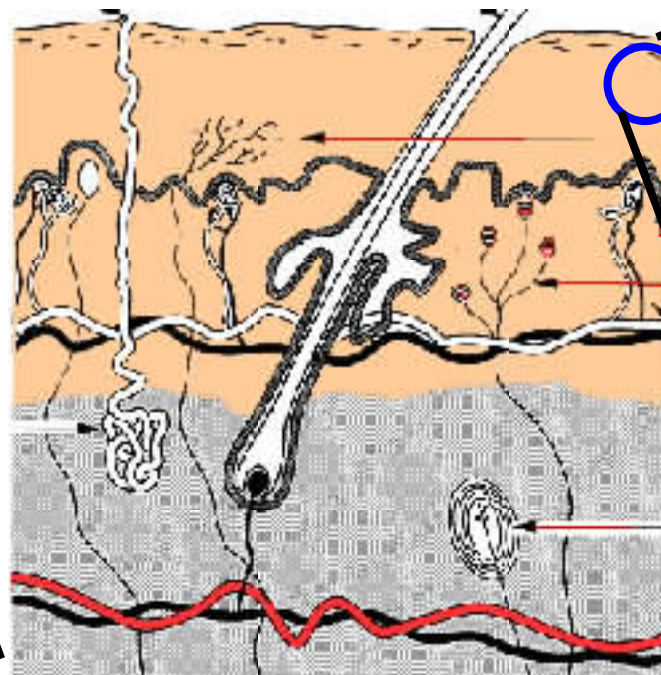
# Biologische Strukturelemente

## Hierarchie der Strukturelemente am Beispiel Mensch

**Organismus: Mensch**

**Gewebe: Epidermis**

**Organ: Haut**



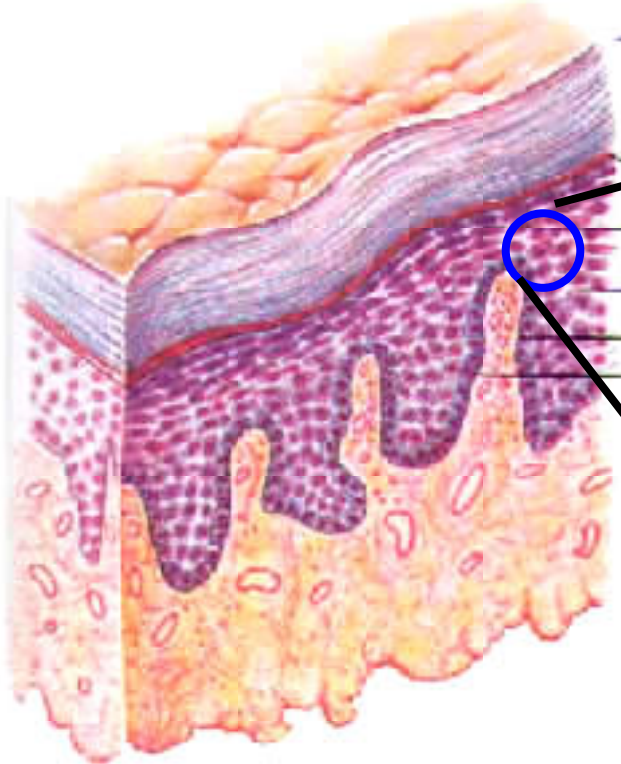
1m

1mm

100  $\mu\text{m}$

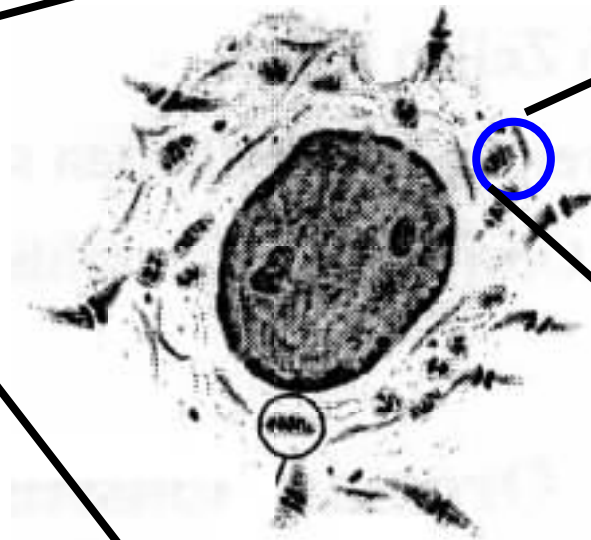
# Biologische Strukturelemente

**Gewebe: Epidermis**



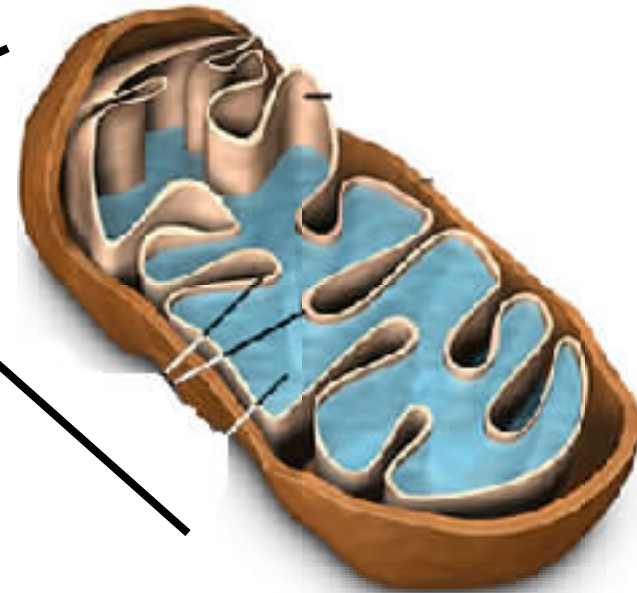
100  $\mu\text{m}$

**Zelle: Basalzelle**



10  $\mu\text{m}$

**Organell: Mitochondrium**



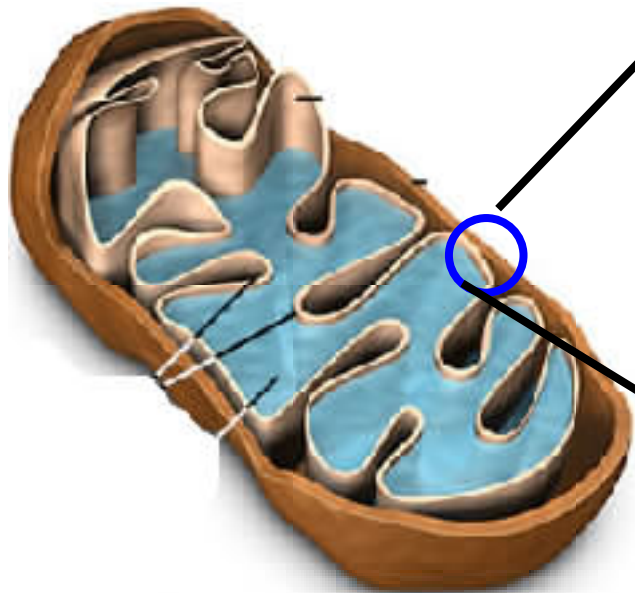
1  $\mu\text{m}$

Kap. 1.5



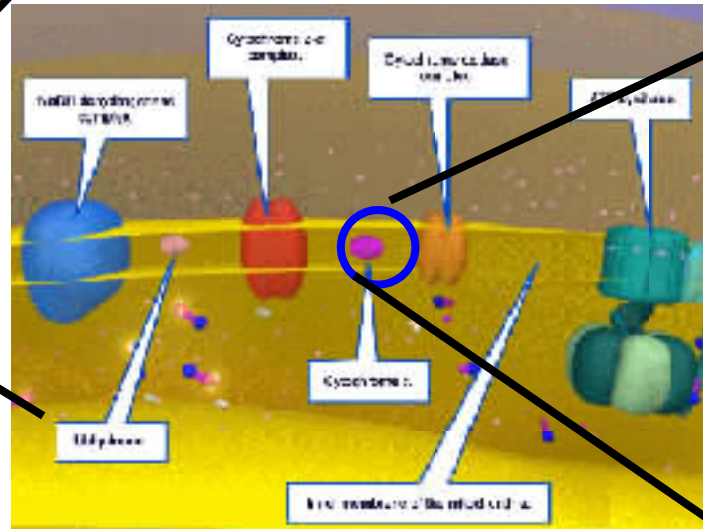
# Biologische Strukturelemente

Organell: Mitochondrium



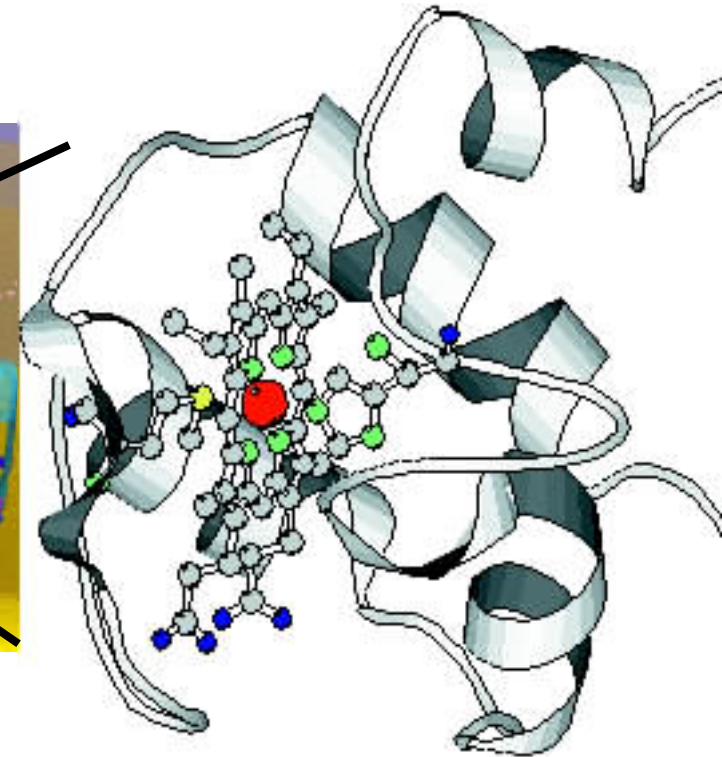
1  $\mu\text{m}$

Molekülaggregat:  
Membran



10 nm

Molekül: Cytochrom



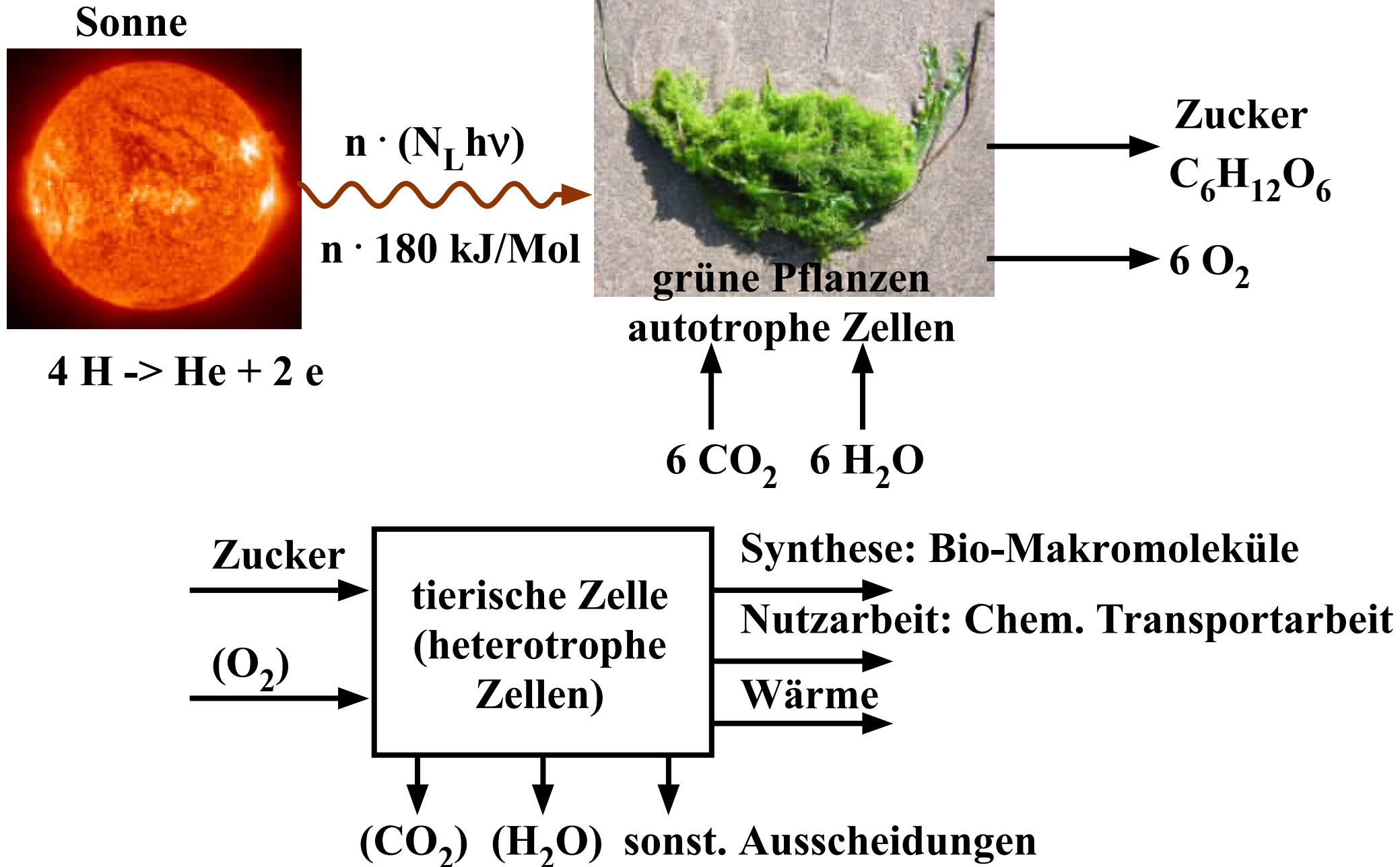
1 nm

Wichtige Molekülarten:

- Proteine
- Nukleinsäuren
- Zucker
- Lipide

Kapitel 1.6

# Sonne als Energiespender



# Energiefluss im Organismus

## Angebot

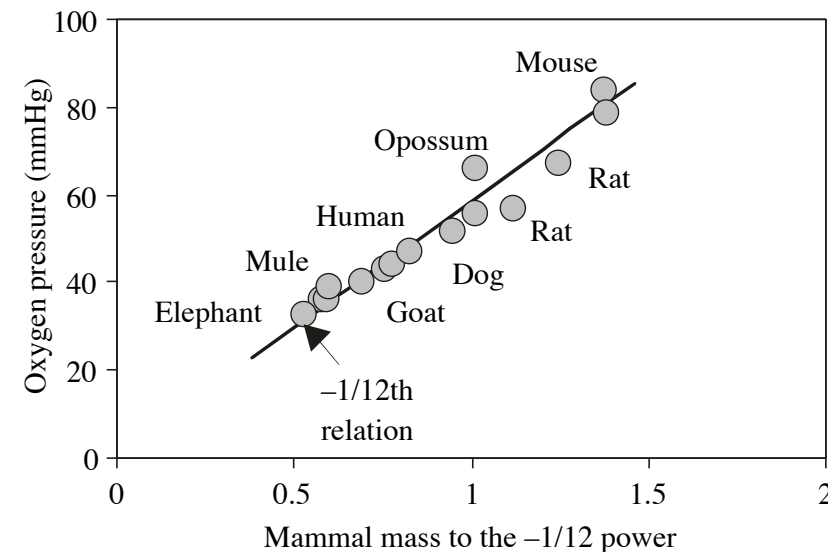
- 1) Ventilation
- 2) Diffusion in der Lunge
- 3) Leistung des Herzes
- 4) Diffusion Kapillaren - Gewebe
- 5) Diffusion in Mitochondrien

## Nachfrage

- 6) Proteinsynthese
- 7) Ionenpumpen
- 8) Muskeln: ATPase

## Unterschiedliche Skalierung

## Bsp: Blut-Sauerstoffgehalt



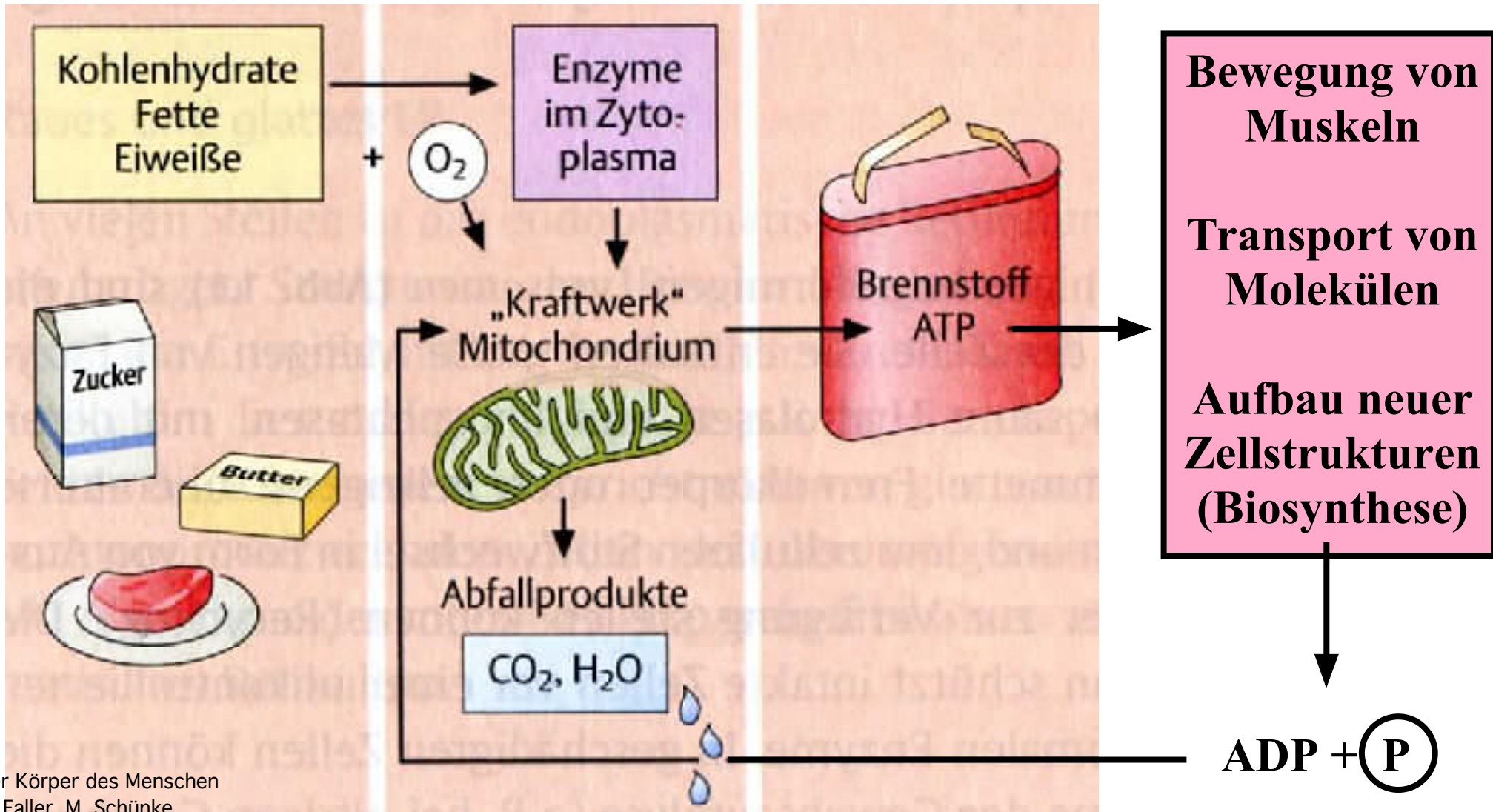
# Energiefluss in der Zelle

Energie in  
der Nahrung

Energie-  
umwandlung

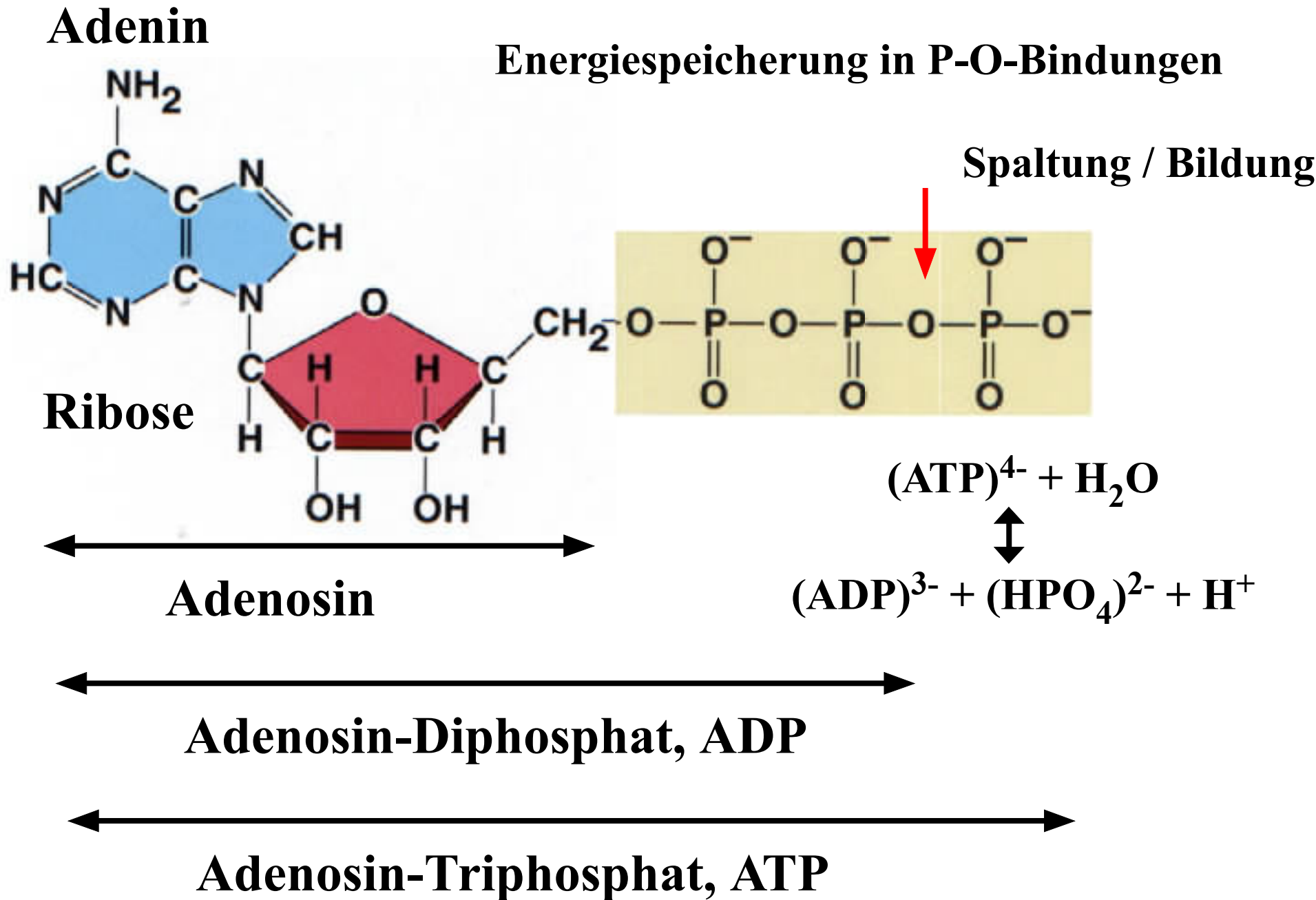
erzeugte  
Energieform

Verwendung  
der Energie





# ATP: biologischer Brennstoff



# Energiebilanz

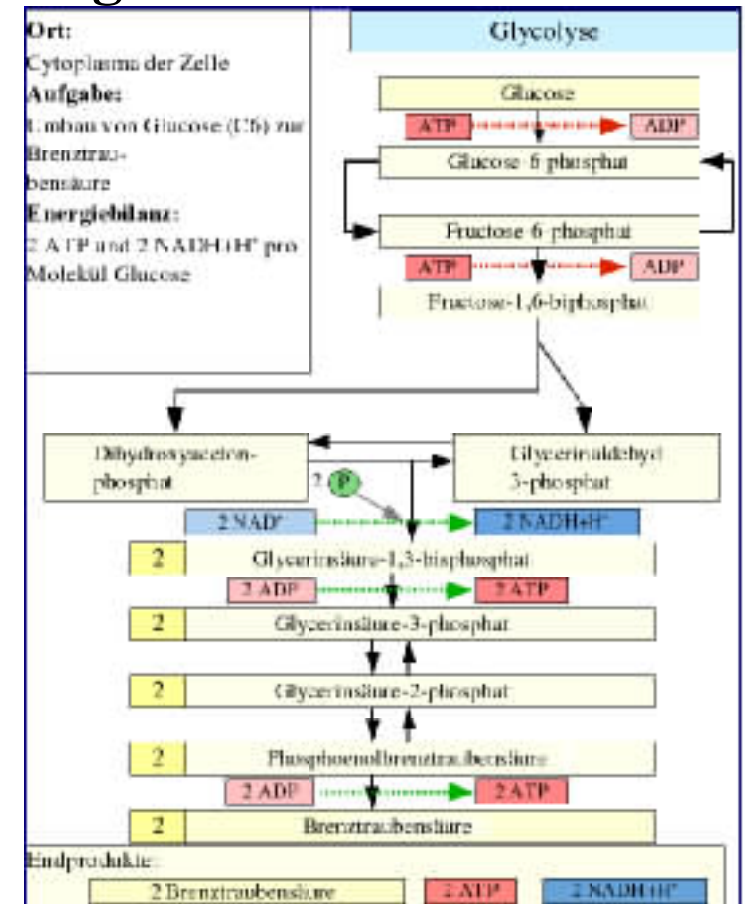
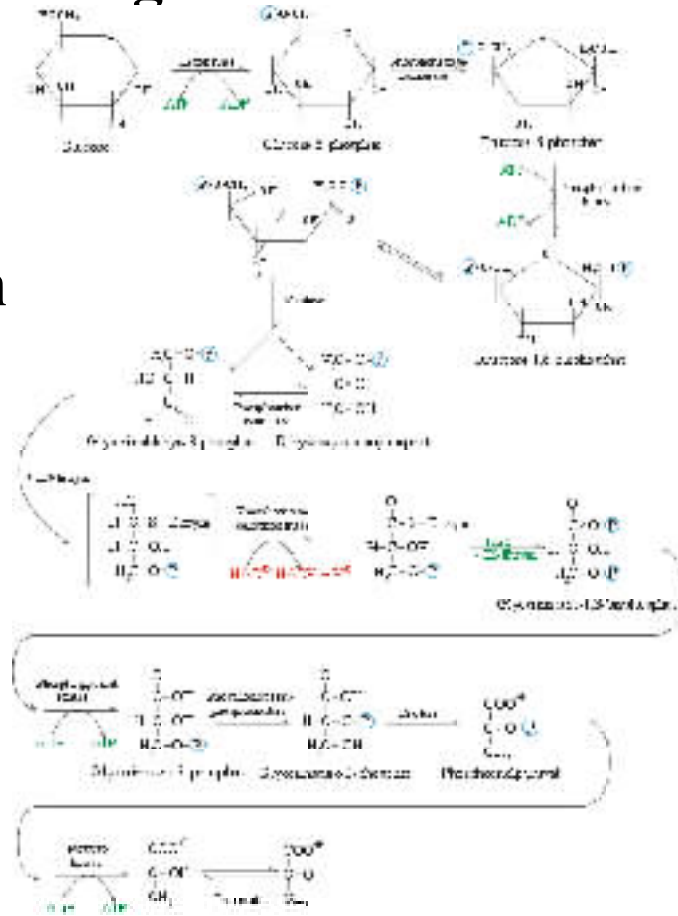
Warum Atmung?

Glykolyse: 1mol D-Glucose  $\Rightarrow$  2mol ATP (0.6eV/Molekül freiges.)

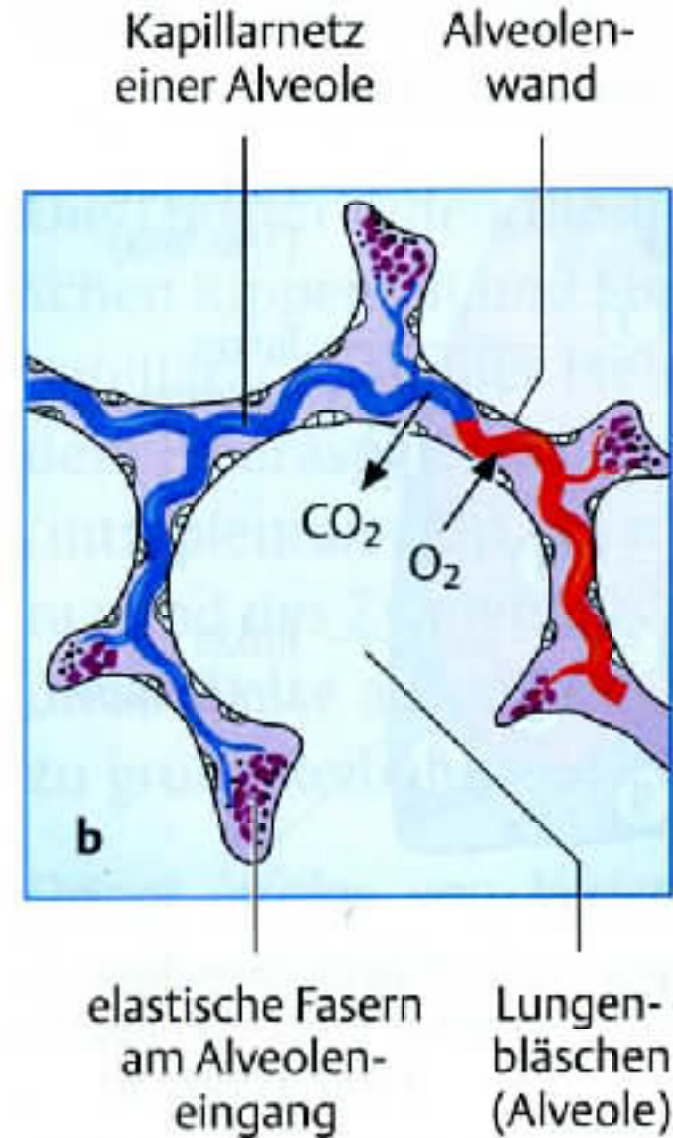
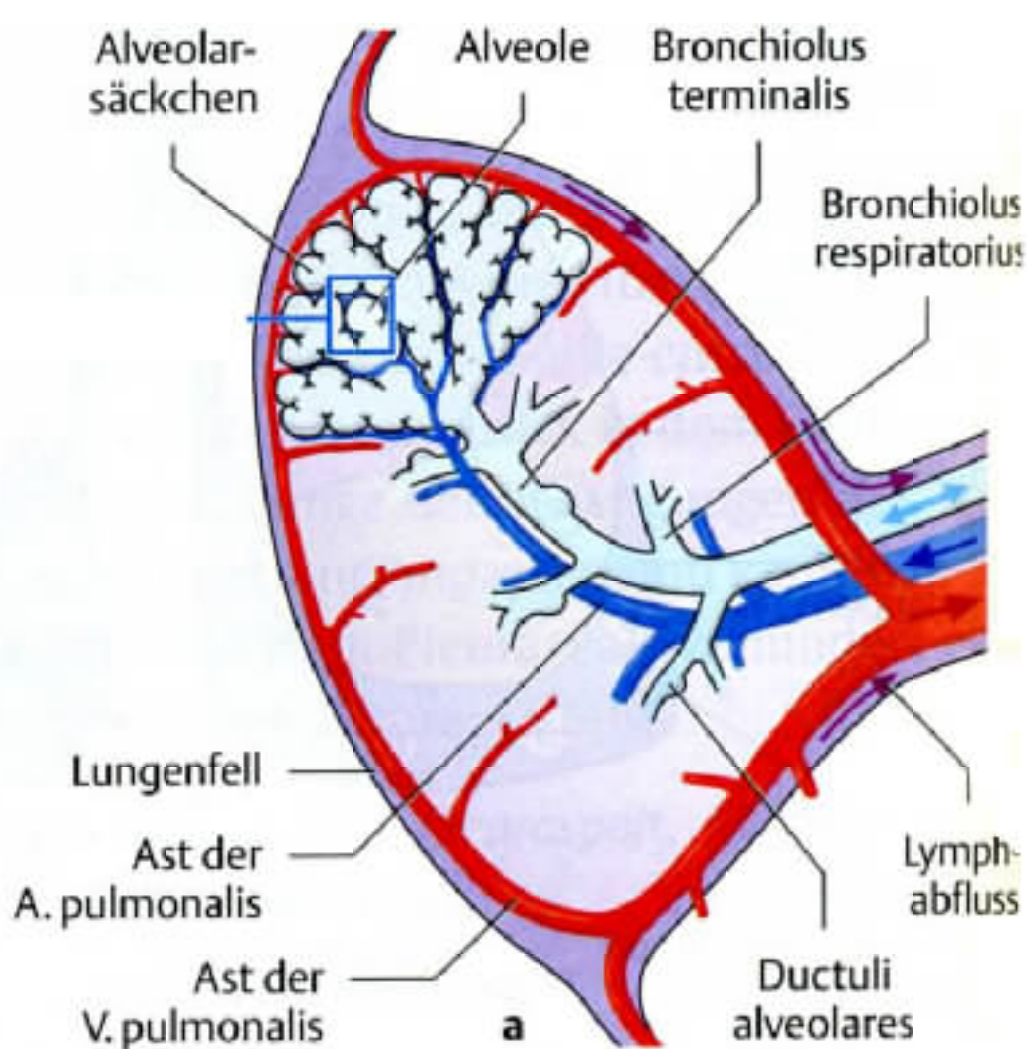
Atmungskette:  $\Rightarrow$  zusätzliche 36mol ATP ! (11.4eV/Molekül freiges.)

gewaltiger Vorteil für aerobe Organismen

Glykolyse über den Embden-Meyerhof-Weg



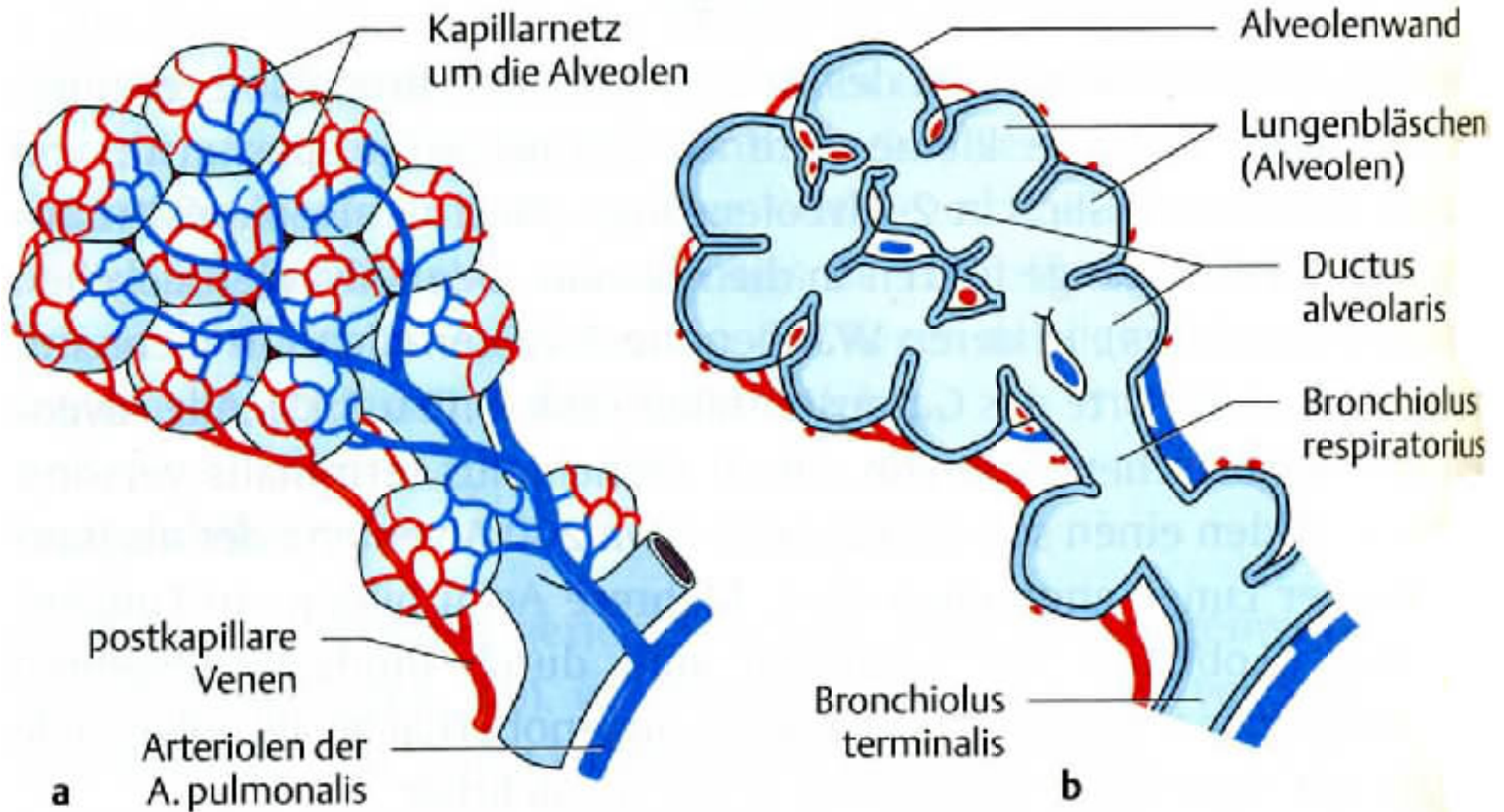
# Aufbau der Lunge



**Treibende Kräfte für Diffusion der Atemgase (O<sub>2</sub>,CO<sub>2</sub>):  
Partialdruckunterschiede zwischen Alveolen und dem Blut**

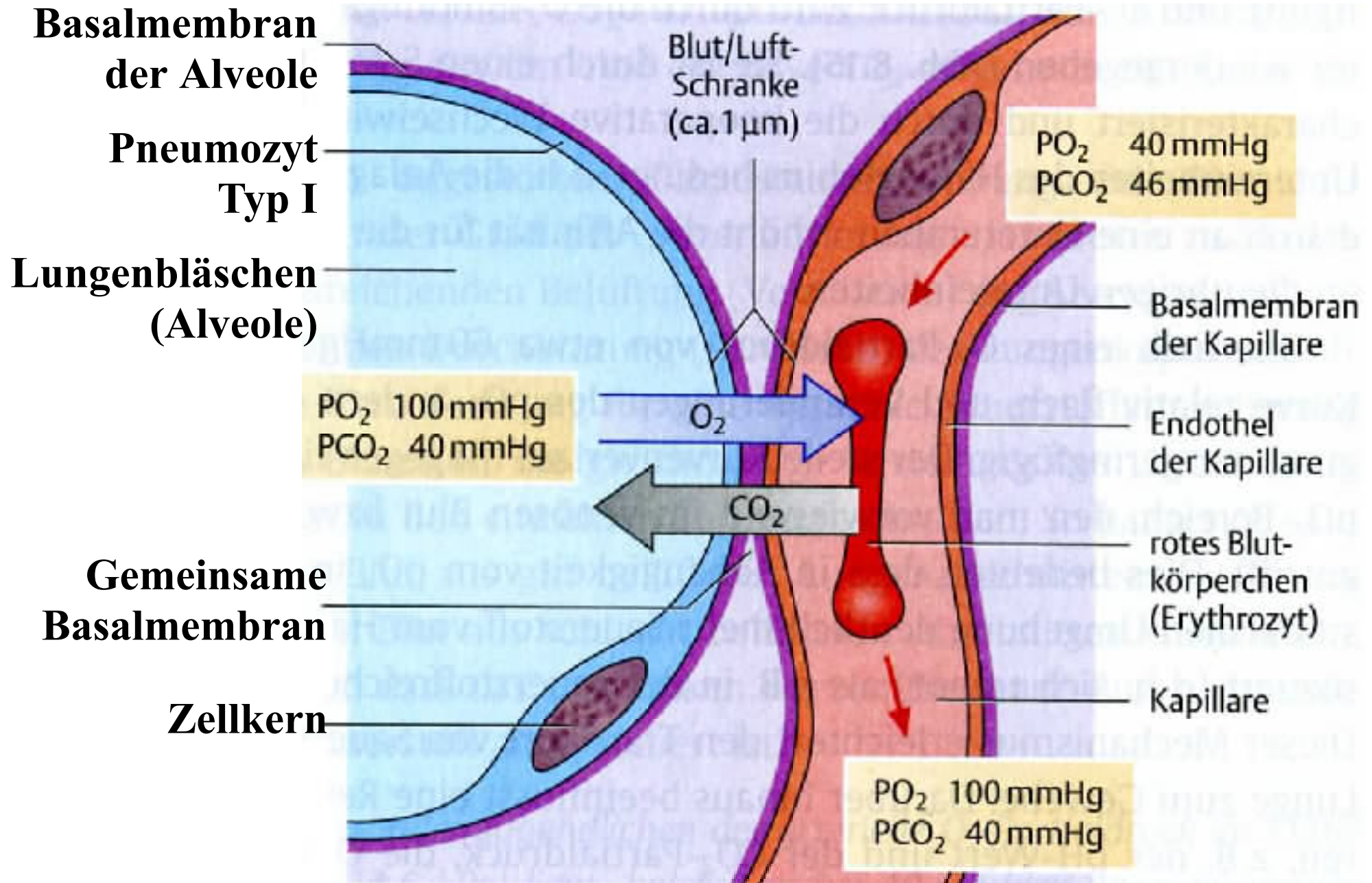


# Alveolensäckchen





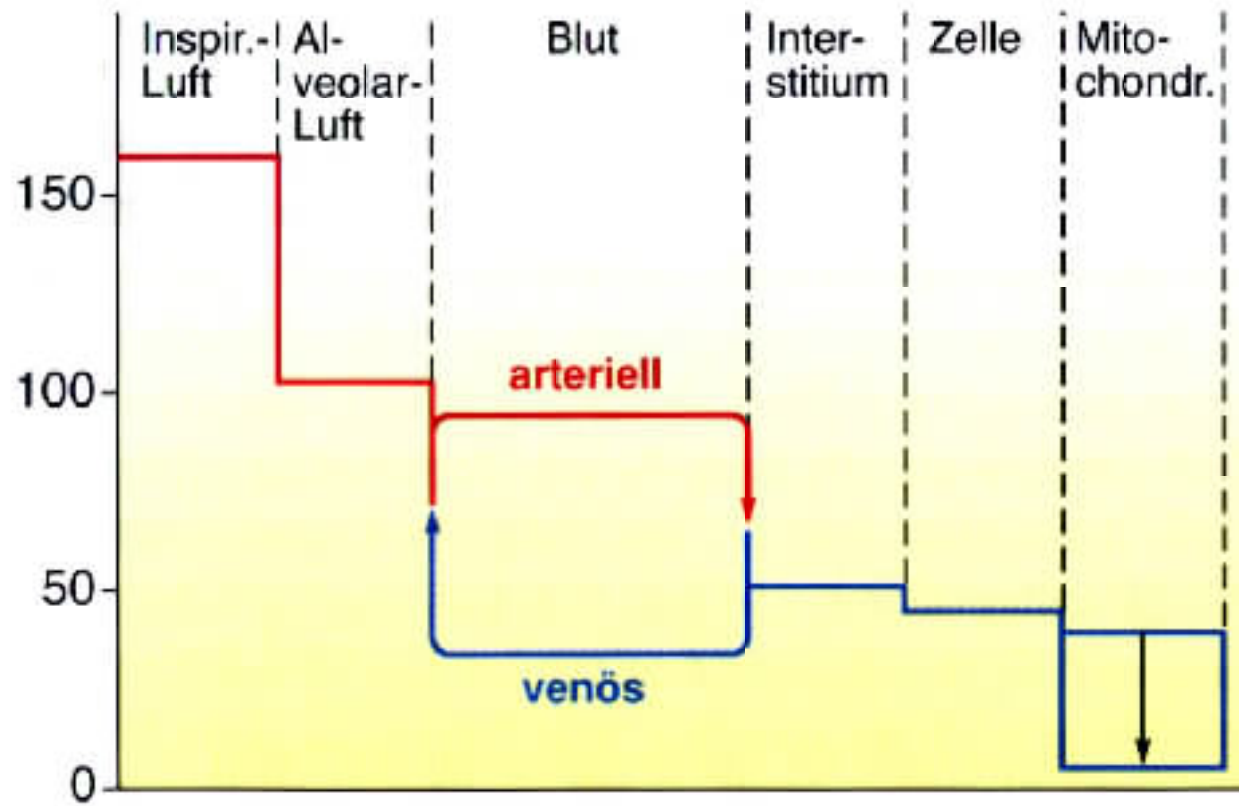
# Sauerstoffaufnahme



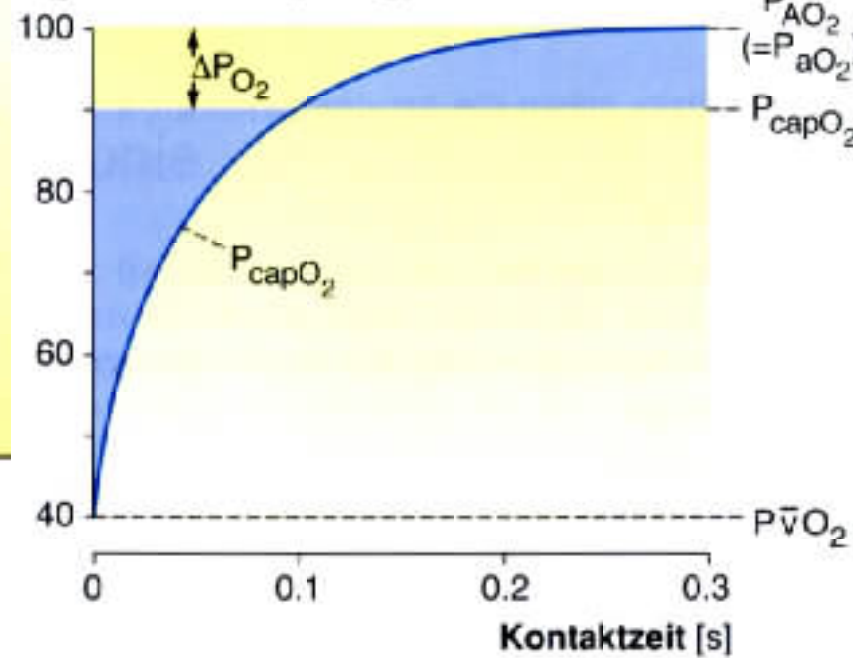
gesamte Austauschfläche  $\sim 100 m^2$

# Partialdruckgefälle

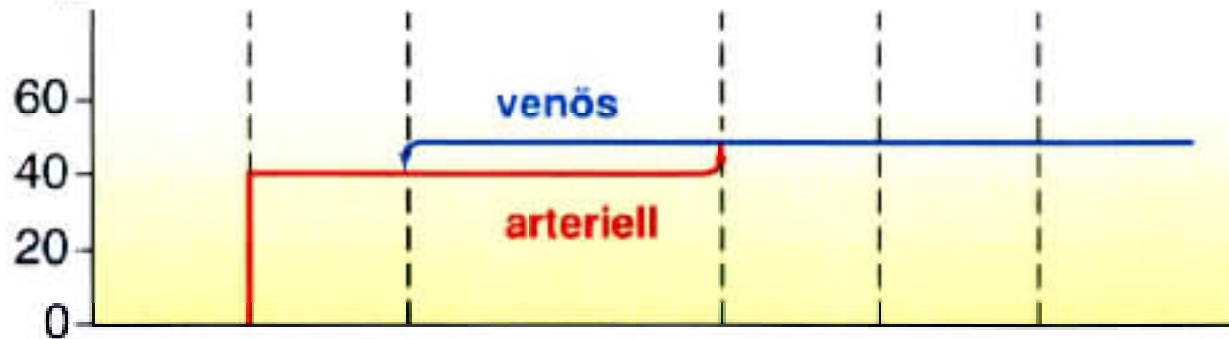
$P_{O_2}$  [mmHg]



$O_2$ -Partialdruck [mmHg]



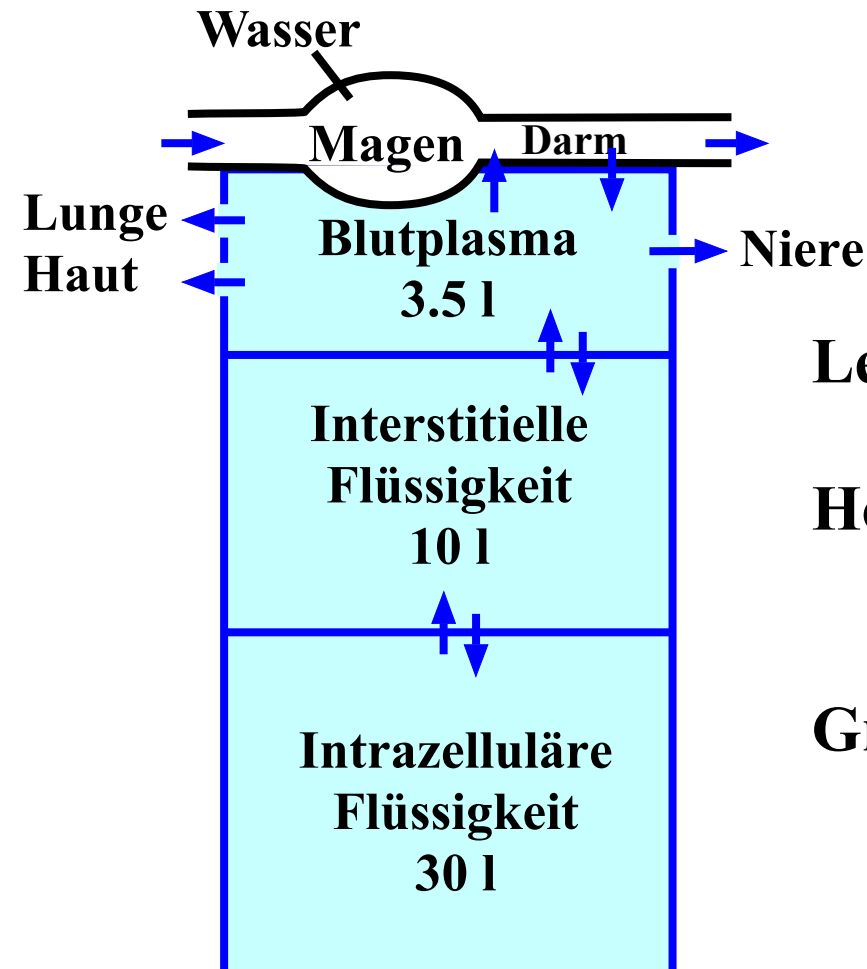
$P_{CO_2}$  [mmHg]



# Wasser im Körper

<b>Wassergehalt:</b>	Neugeborene	75%
	Erwachsene	50-65%
Transzelluläres	Fett-/Knochengewebe	10-20%
	meiste andere Gewebe	70-80%

-> u.a. wichtig für die bildgebenden Verfahren

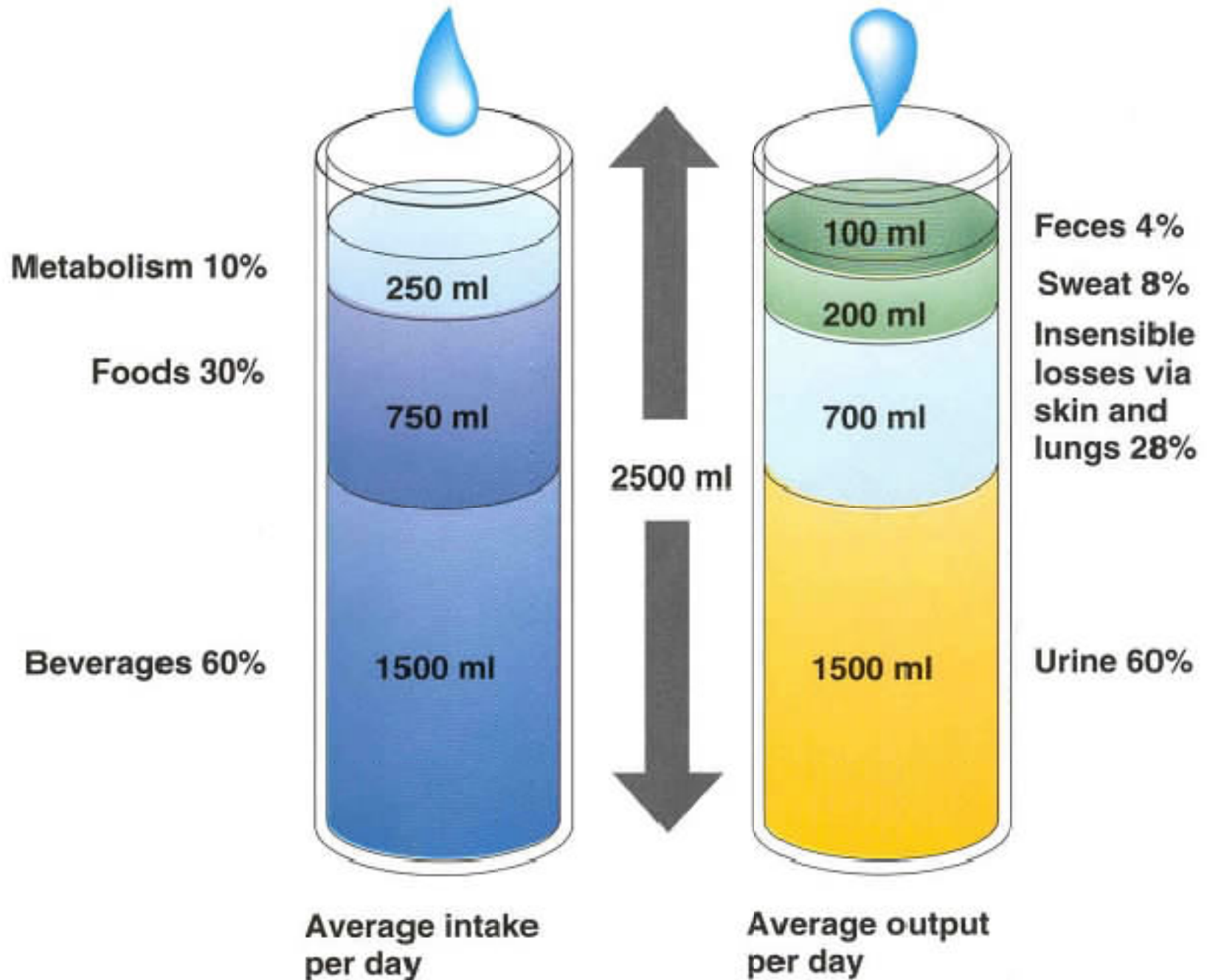


Lebensnotwendige Voraussetzung:

Homöostase = Konstanthaltung des sog. "inneren Milieus"

Grund: Atmung, Nahrungsaufnahme, Stoffwechselaktivität der Zellen

# Wasserhaushalt

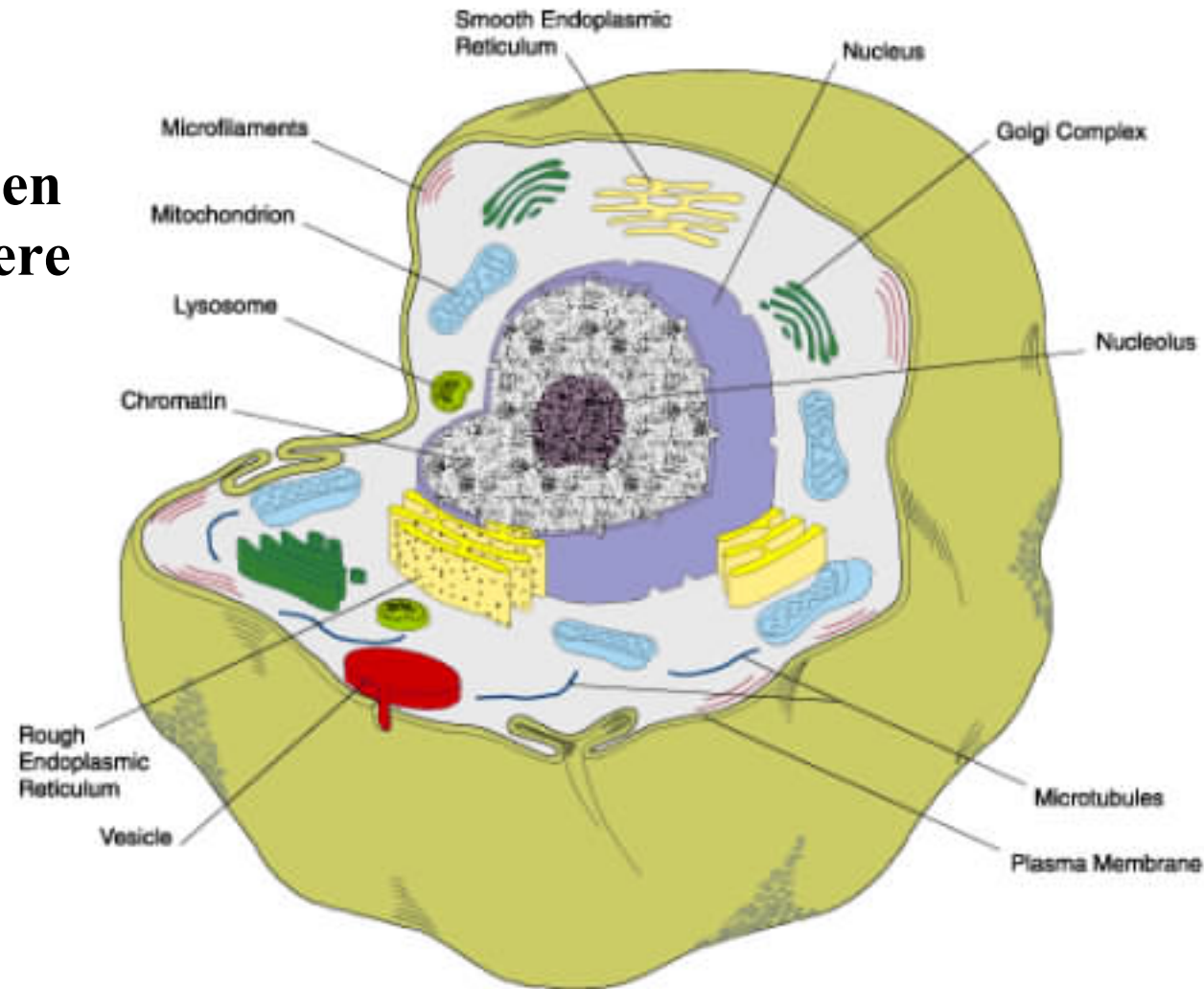




# Zellen

● kleinste selbstständig lebende Einheit

● Grundbaustein aller lebenden Organismen (Menschen, Tiere und Pflanzen)



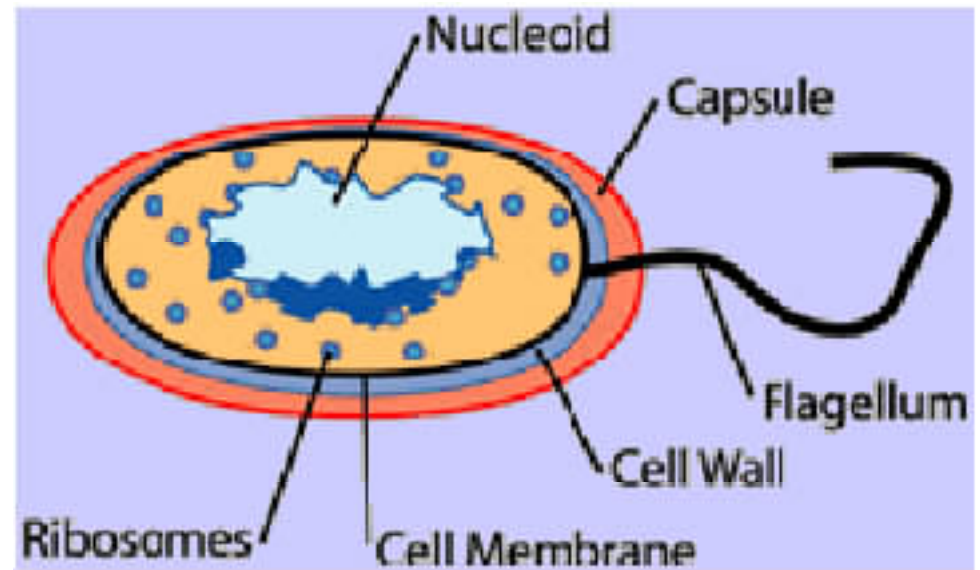
1 Säugetierzelle:  
 $10^{10}$  Proteinmoleküle;  
 $10^4$  verschiedene Proteintypen

# Zellen

## Prokaryotische Zellen:

ohne Zellkern (karyon=Zellkern)

Stoffwechsel ohne  $O_2$

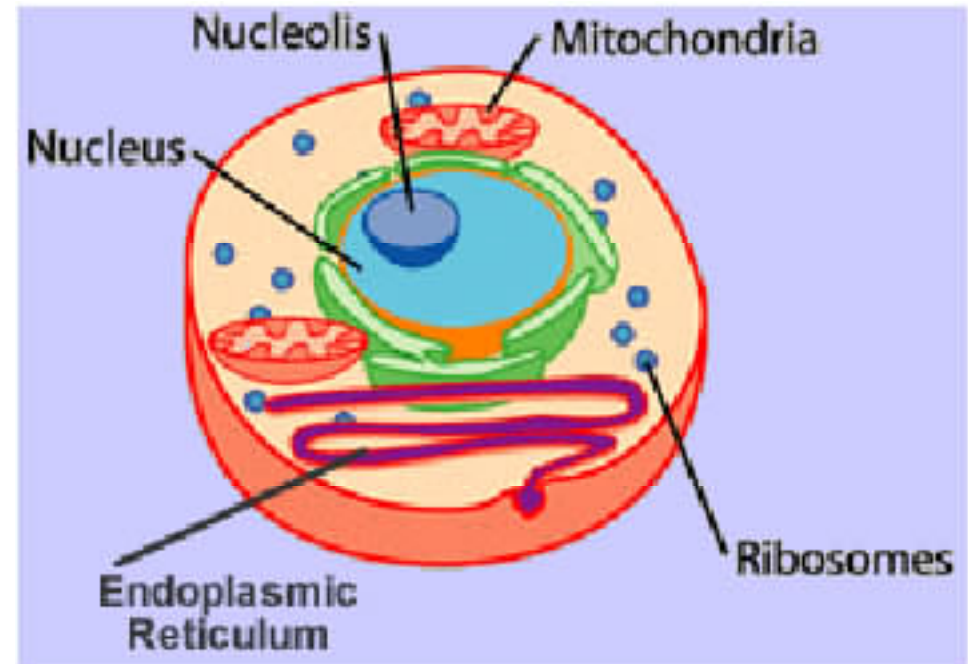


## Eukaryotische Zellen:

DNA im Zellkern gespeichert

Stoffwechsel mit  $O_2$

hoch strukturiert

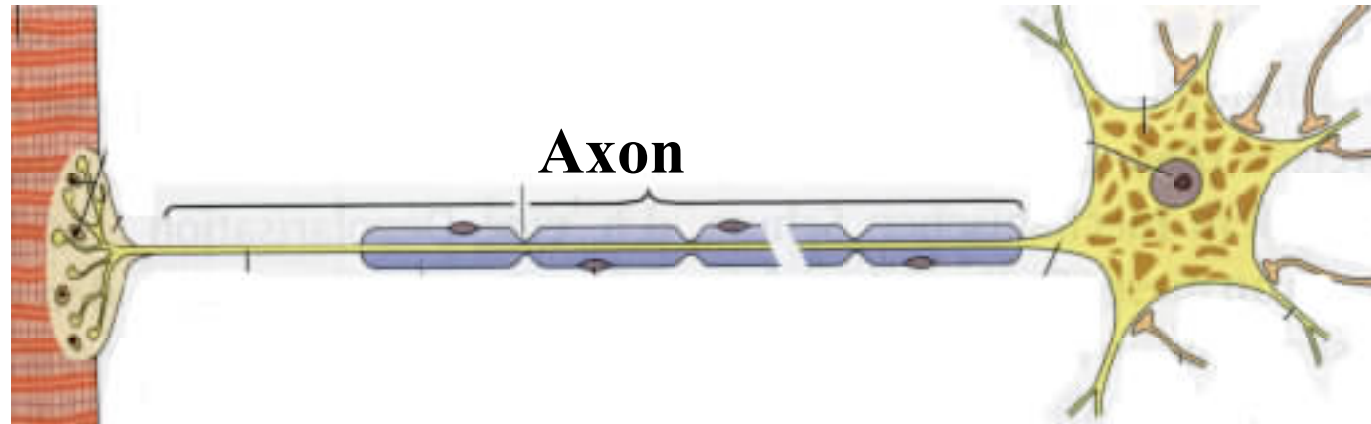


# Menschliche Zellen

**Mensch:**

**$7,5 \cdot 10^{13}$  Zellen**

**( $5\mu\text{m} \dots 150\mu\text{m}$ )**



**$2,5 \cdot 10^{13}$  Erythrozyten  
(rote Blutkörperchen)**

**$1 \cdot 10^{11}$  Zellen des Nervensystems**

**Grundeigenschaften:**

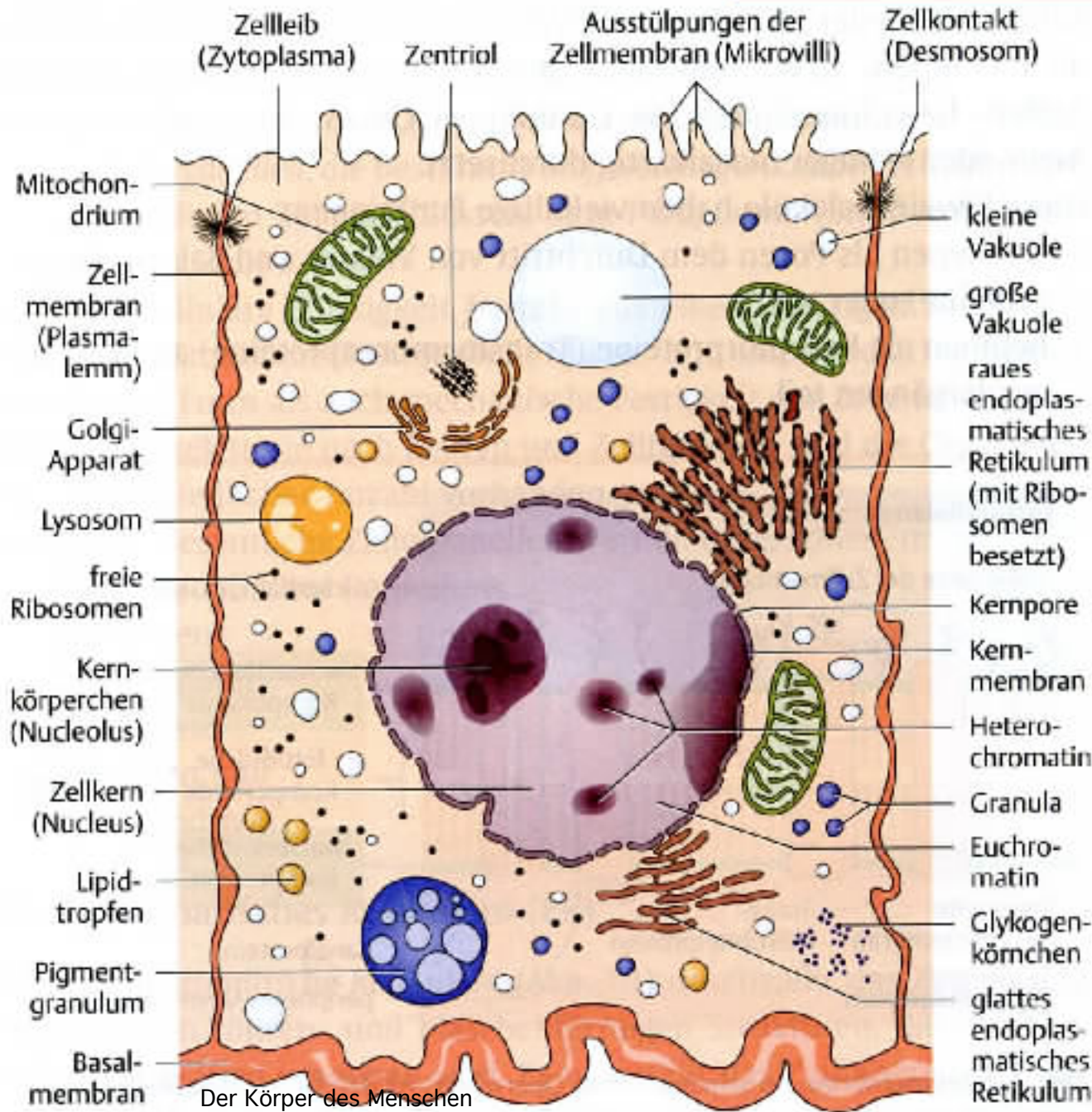
- **Stoffwechsel und Energiegewinnung**
- **Vermehrung und begrenzte Lebensdauer  
(Bsp:  $1,6 \cdot 10^8$  rote Blutkörperchen/Minute)**
- **Reizaufnahme und -beantwortung**

**+ spezifische Eigenschaften (Abwehrzellen, Drüsenzellen, ...)**



# Aufbau einer Zelle

Vereinfachte Darstellung  
nach elektronenmikro-  
skopischen Befunden



Der Körper des Menschen  
A. Faller, M. Schünke

Bei lichtmikroskopischer  
Betrachtung erkennbar:

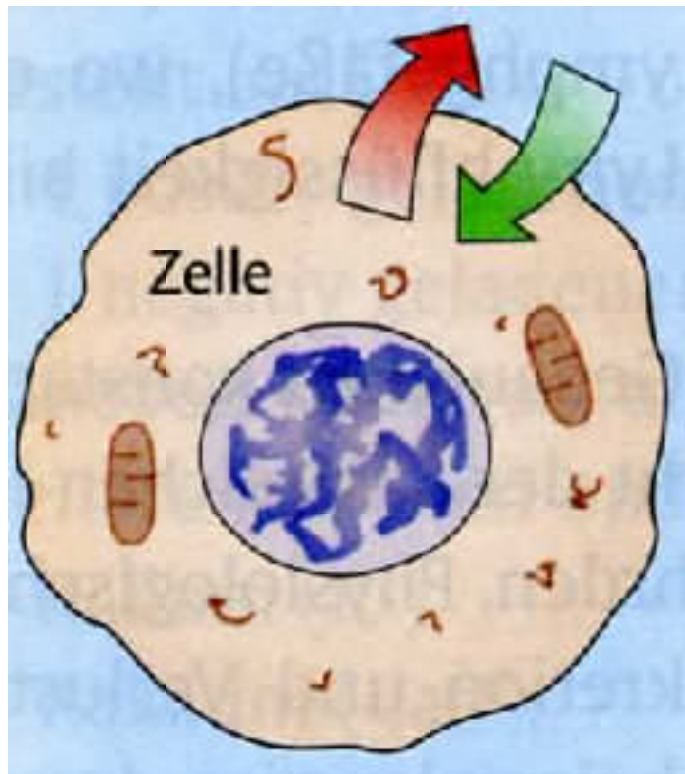
- **flüssiger Zelleib (Zytoplasma) mit Zellorganellen (Mitochondrium, ...), Stoffwechselprodukten und intrazelluläre Flüssigkeit (wässrige Salzlösung & Proteine)**
- **Zellkern (außer Erythrozyten; 1 Zellkern bis >1000 Skelettmuskeln)**
- **umgebende Zellmembran (Lipiddoppelschicht)**



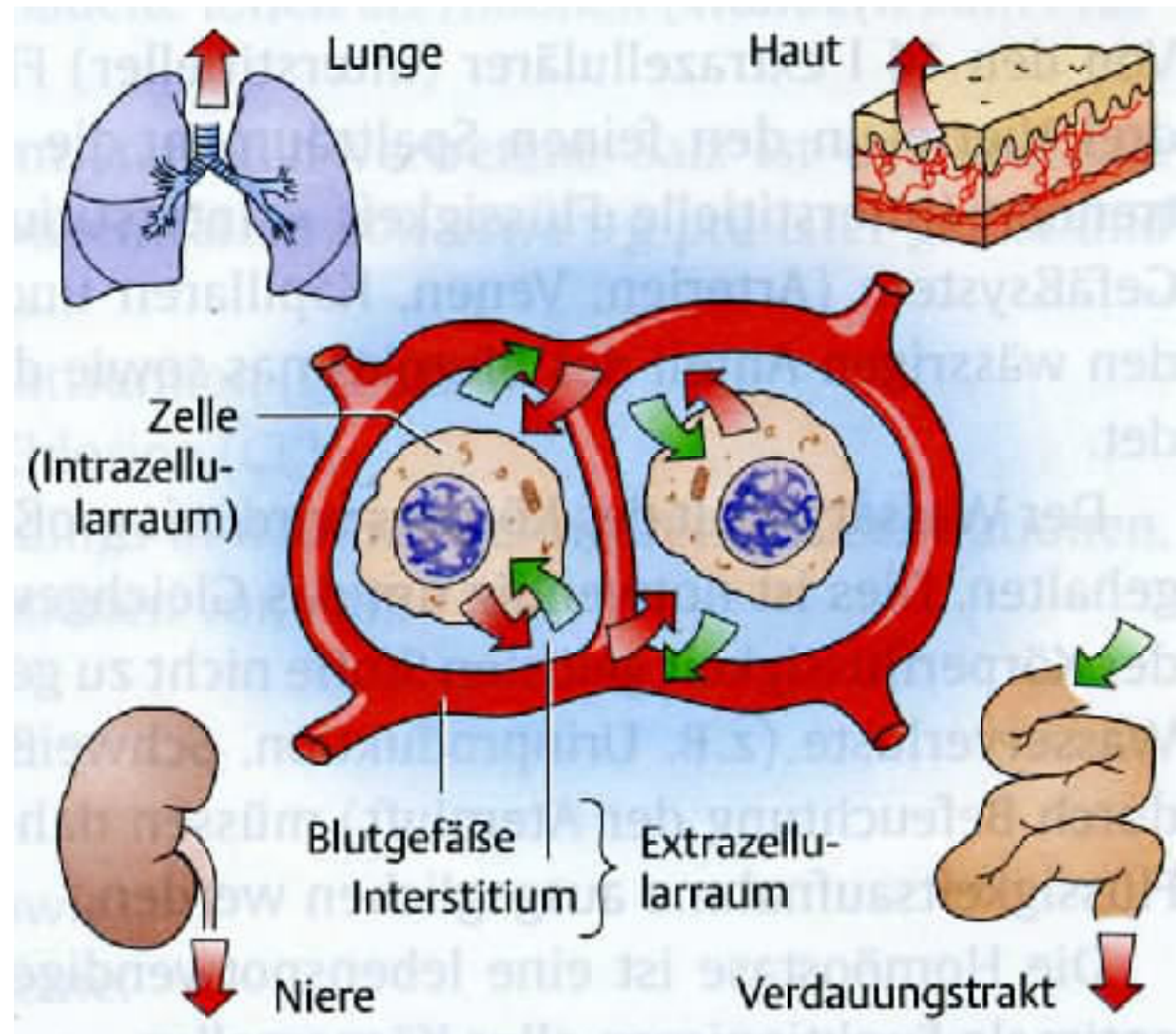
# Stoffaustausch

## Zellen im Menschen

### Einzeller

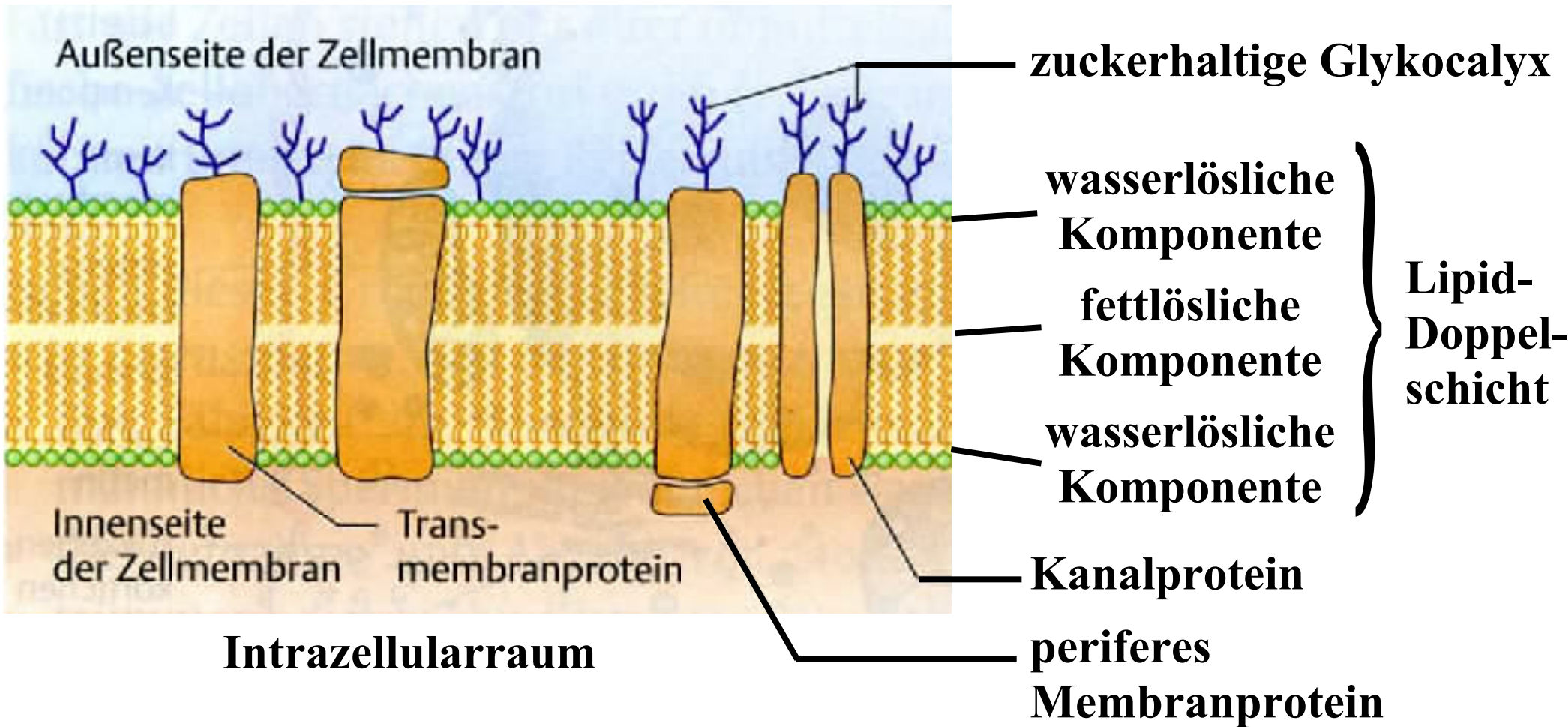


**Stoffaustausch mit wässriger Umgebung: gleichbleibende Zusammensetzung**



# Aufbau der Zellmembran

## Extrazellularraum



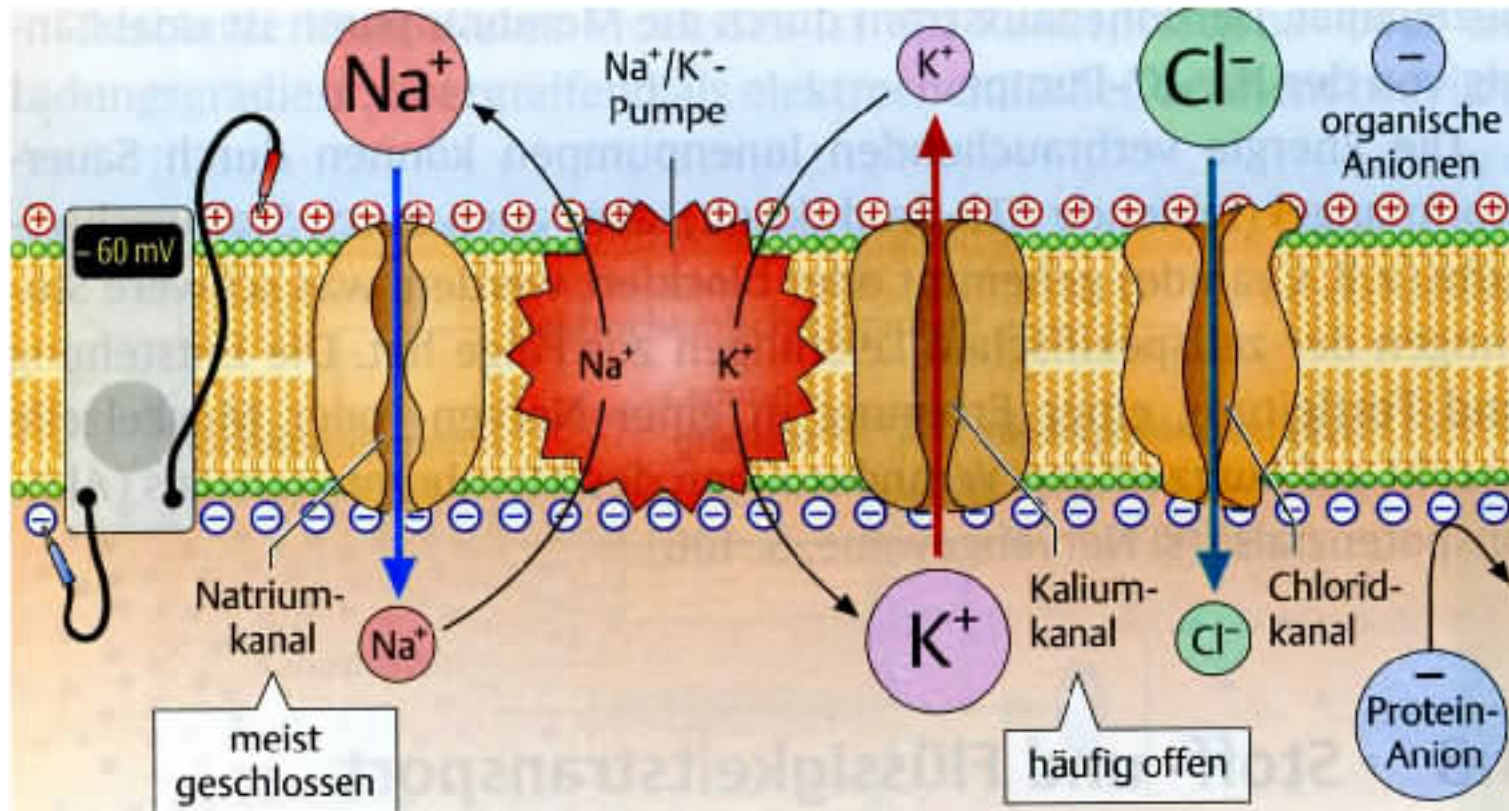
## Intrazellularraum



# Membranpotenzial

im Ruhezustand positive Ladung

Extrazellularraum

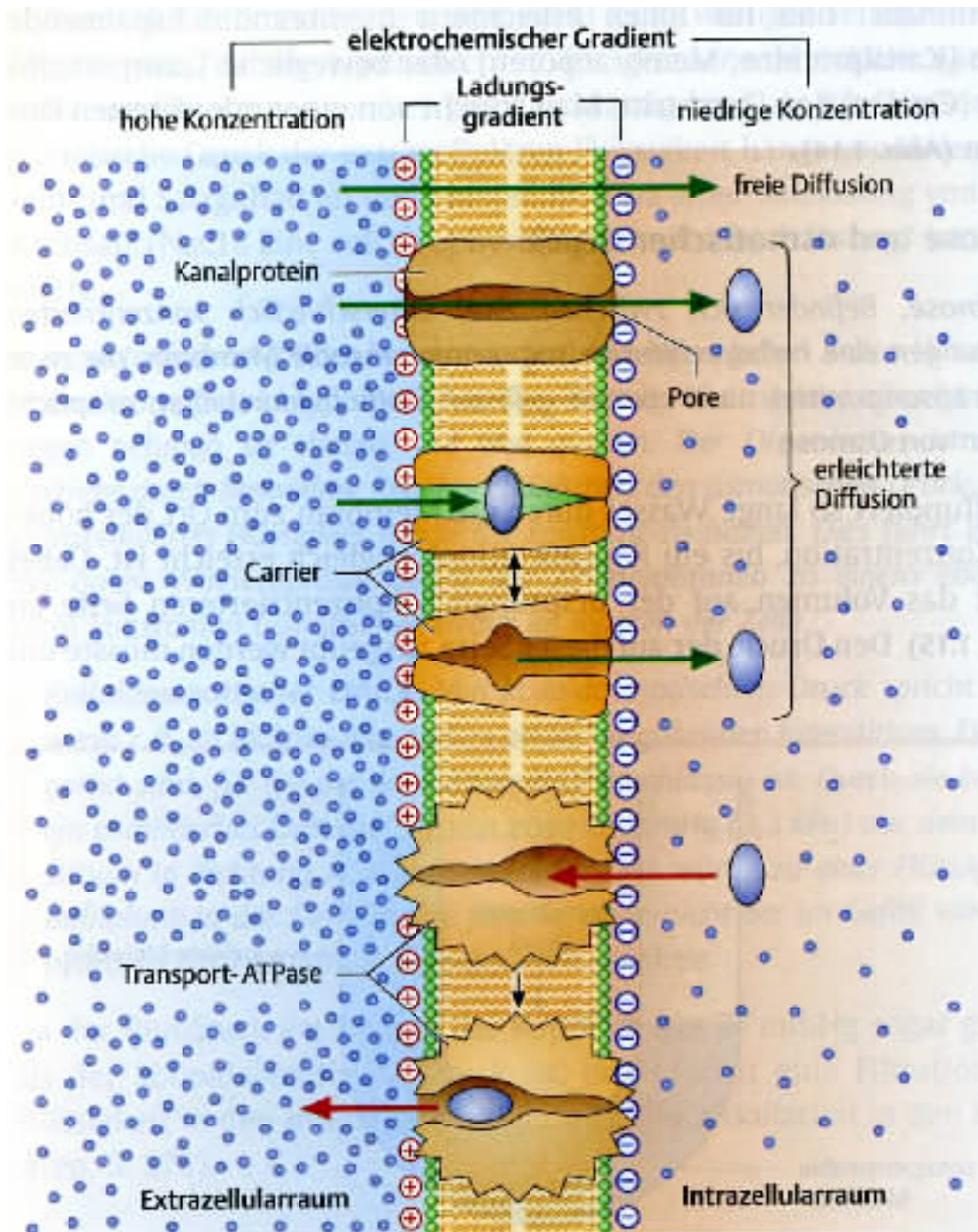


Potenzialdifferenz =  
Membranpotenzial

Intrazellularraum

im Ruhezustand negative Ladung

# Stofftransport



**passiver Transport:  
Diffusion, Osmose**

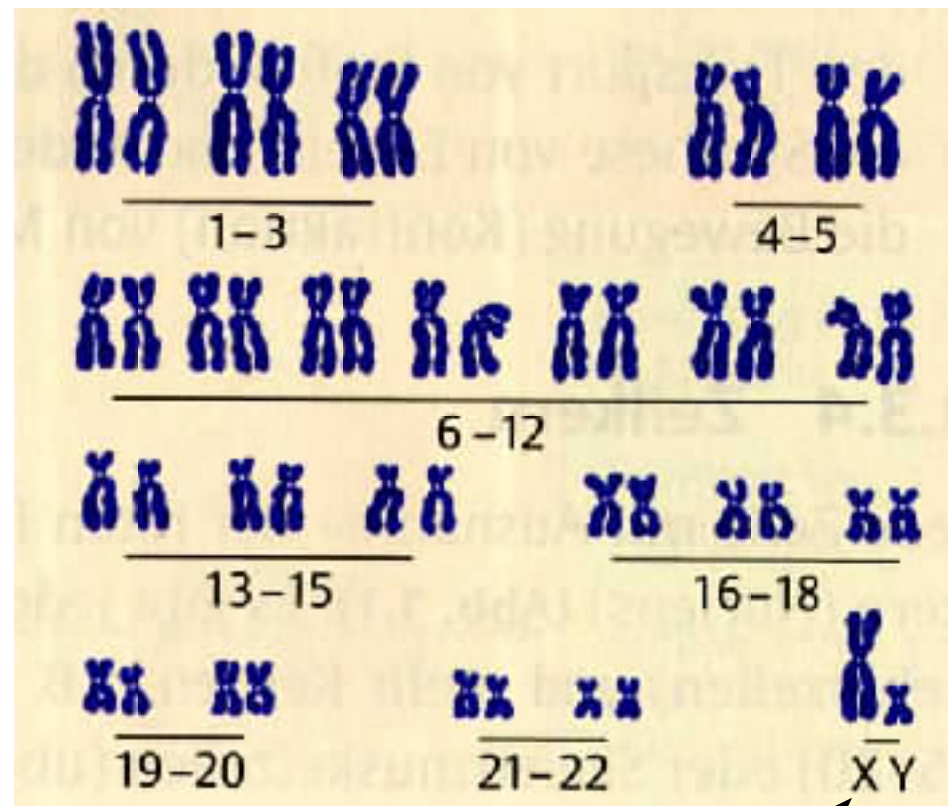
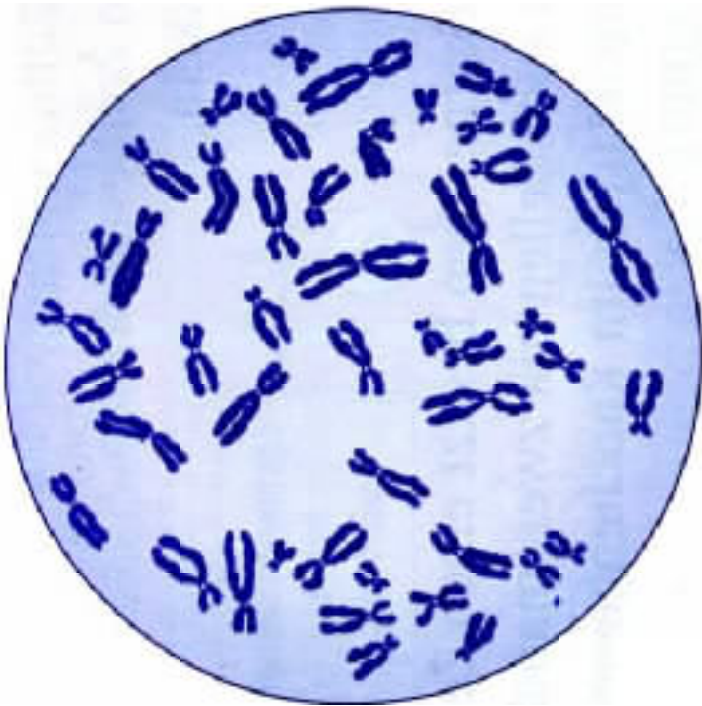
**aktiver Transport  
benötigt Energie**



# Chromosome

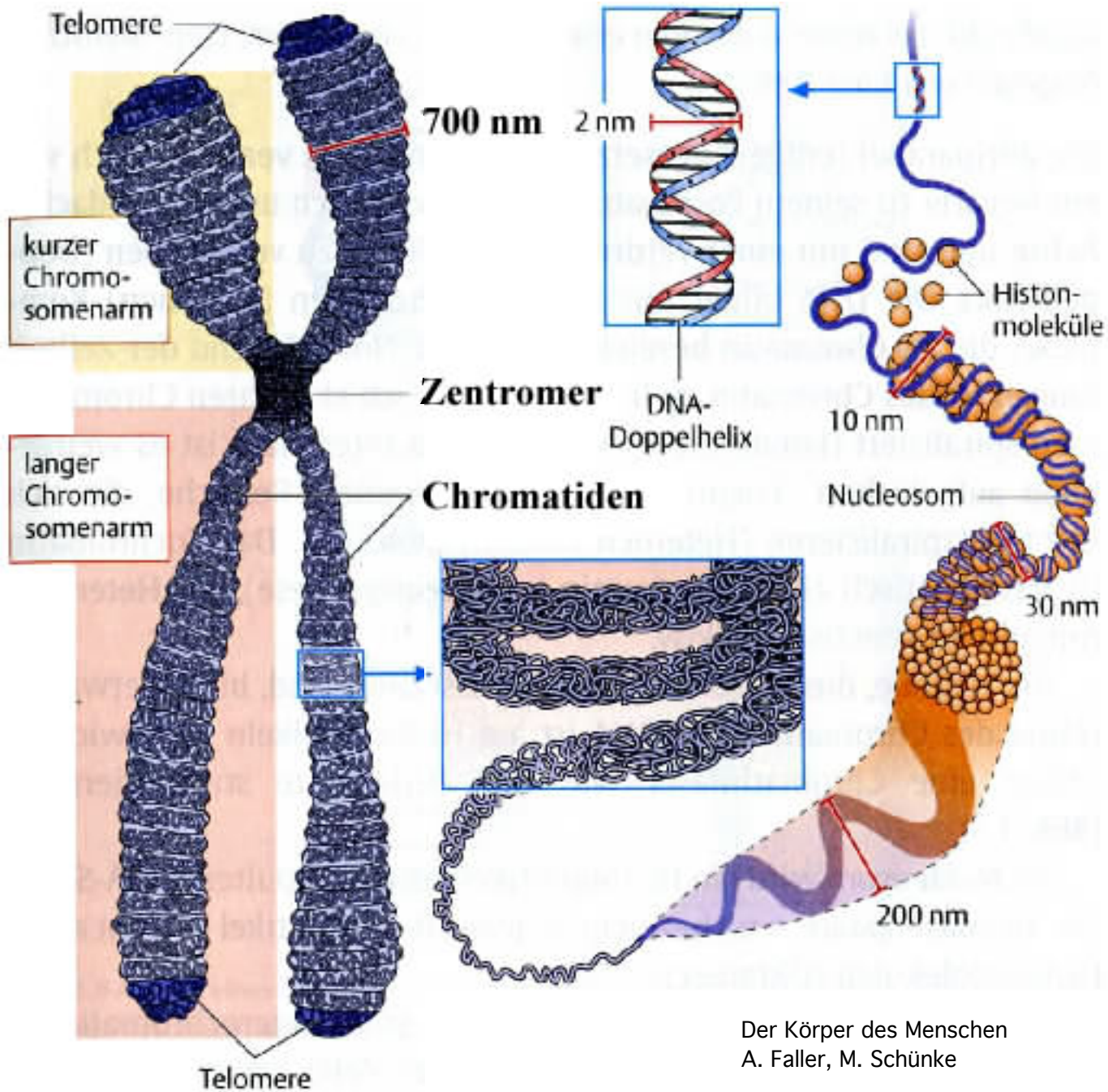
**Im Zellkern: Chromosomen (Träger der Erbanlagen = Gene)**

**Menschliche Zellkerne: 23 Chromosomenpaare (mütterlich/väterlich)**



**bestimmt Geschlecht**

# Aufbau eines Chromosoms

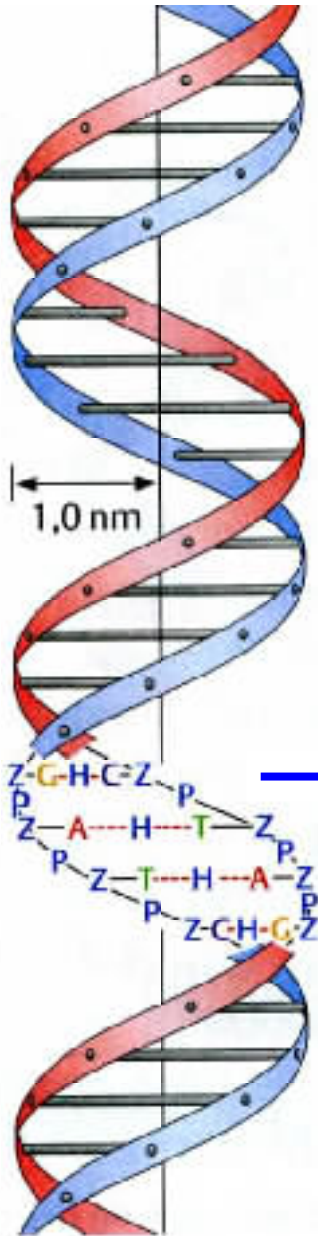


# DNA

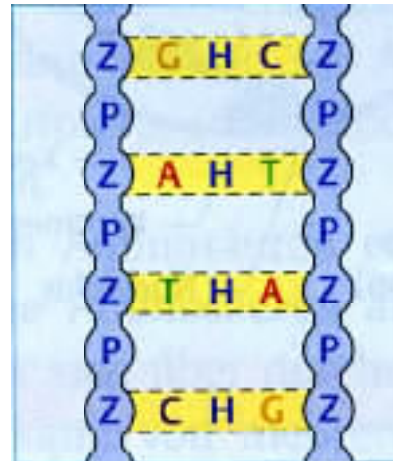
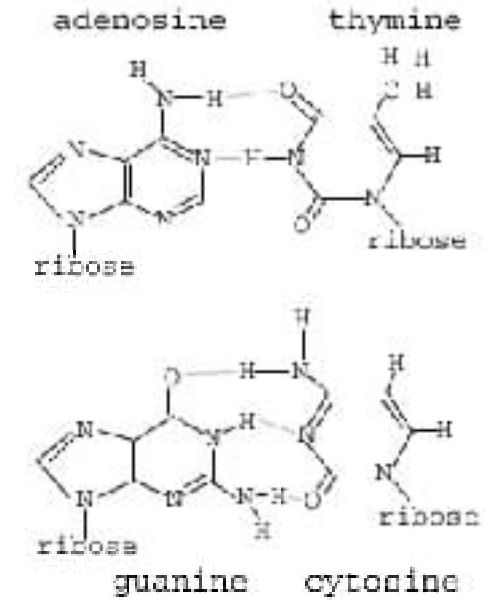
**DNA = DesoxyRibonucleic Acid**

0.34 nm

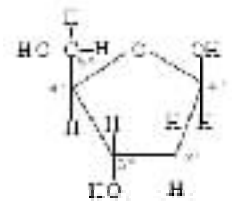
3.4 nm



- A Adenin
  - T Thymin
  - C Cytosin
  - G Guanin
- } Basen
- Z Zucker Desoxy-ribose
  - P Phosphatbrücke
  - H Wasserstoffbrückenbindung



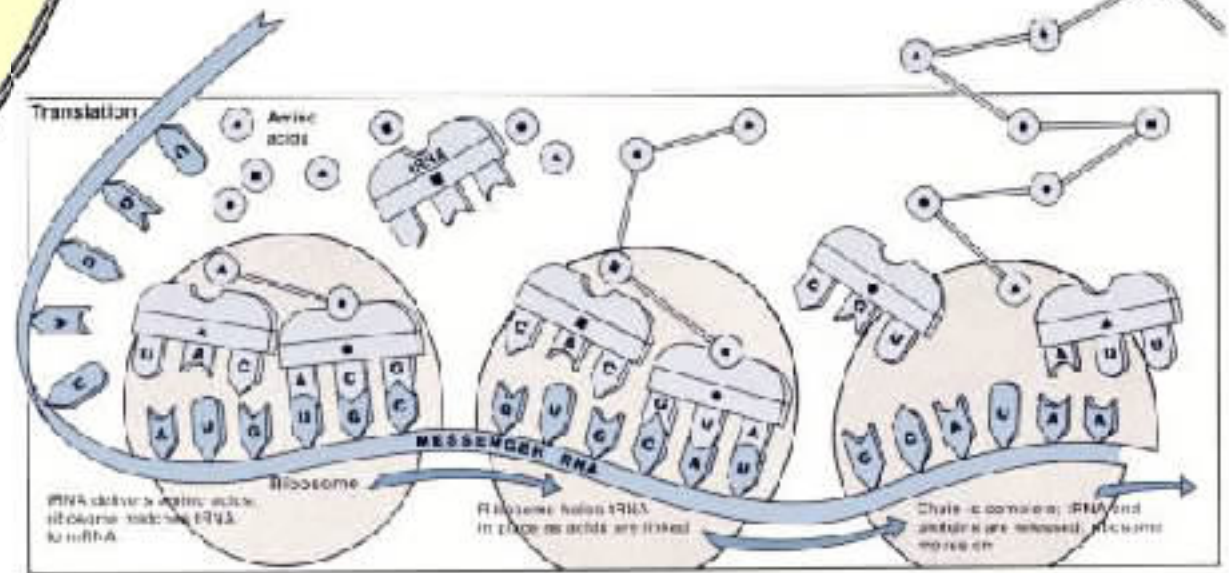
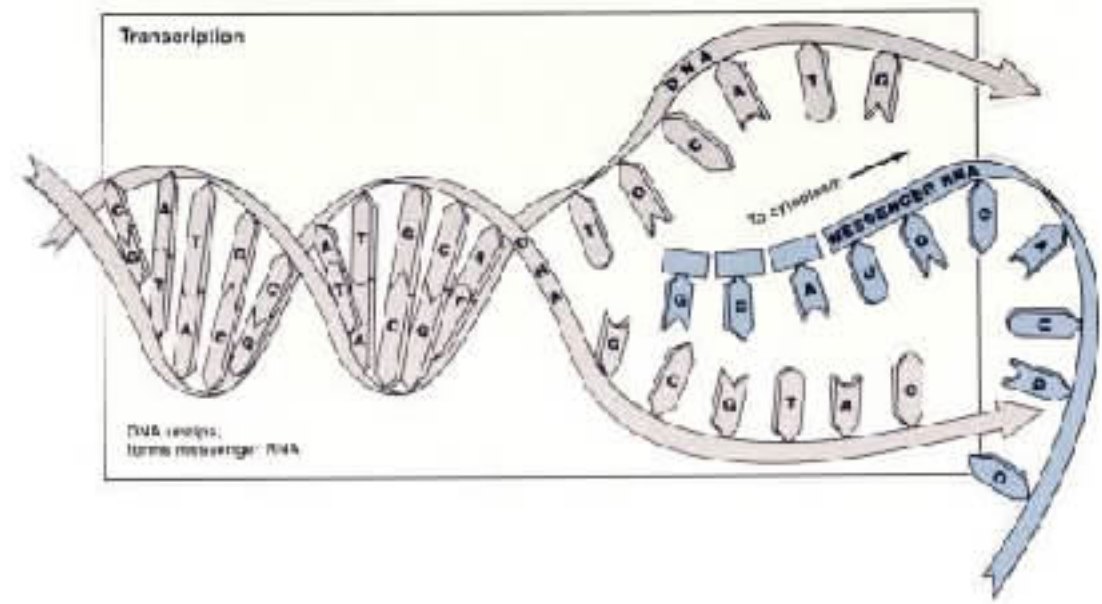
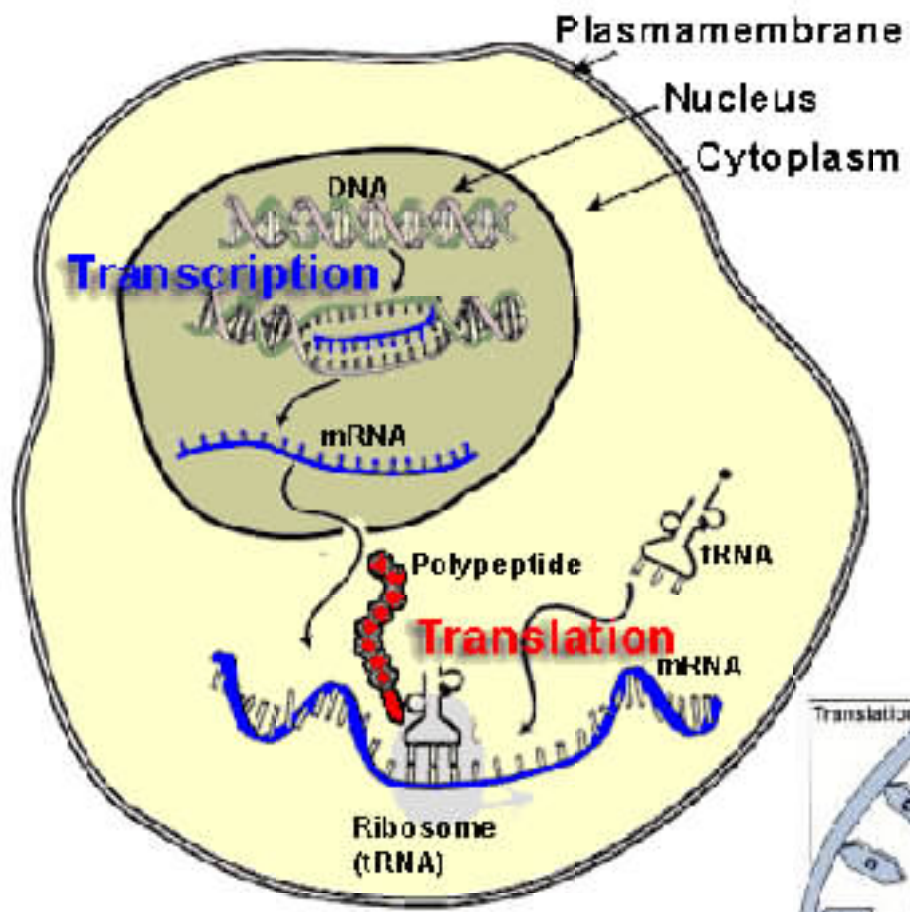
**Desoxyribose**



**Nukleotid =  
Base  
+Zucker  
+Phosphat**



# Übersetzung





# Der genetische Code

	U	C	A	G				
U	<p>UUU Phenylalanine</p> <p>UUC alanine</p> <p>UUG Leucine</p> <p>UUA Leucine</p>	<p>UCU Serine</p> <p>UCC Serine</p> <p>UCA Serine</p> <p>UCG Serine</p>	<p>UAU Tyrosine</p> <p>UAC Tyrosine</p> <p>UAA Stop</p> <p>UAG Stop</p>	<p>UGU Cysteine</p> <p>UGC Cysteine</p> <p>UGA Stop</p> <p>UGG Tryptophan</p>	U	C	A	G
C	<p>CUU Leucine</p> <p>CUC Leucine</p> <p>CUA Leucine</p> <p>CUG Leucine</p>	<p>CCU Proline</p> <p>CCC Proline</p> <p>CCA Proline</p> <p>CCG Proline</p>	<p>CAU Histidine</p> <p>CAC Histidine</p> <p>CAA Glutamine</p> <p>CAG Glutamine</p>	<p>CGU Arginine</p> <p>CGC Arginine</p> <p>CGA Arginine</p> <p>CGG Arginine</p>	U	C	A	G
A	<p>AUU Isoleucine</p> <p>AUC Isoleucine</p> <p>AUA Isoleucine</p> <p>AUG Methionine</p>	<p>ACU Threonine</p> <p>ACC Threonine</p> <p>ACA Threonine</p> <p>ACG Threonine</p>	<p>AAU Asparagine</p> <p>AAC Asparagine</p> <p>AAA Lysine</p> <p>AAG Lysine</p>	<p>AGU Serine</p> <p>AGC Serine</p> <p>AGA Arginine</p> <p>AGG Arginine</p>	U	C	A	G
G	<p>GUU Valine</p> <p>GUC Valine</p> <p>GUA Valine</p> <p>GUG Valine</p>	<p>GCU Alanine</p> <p>GCC Alanine</p> <p>GCA Alanine</p> <p>GCG Alanine</p>	<p>GAU Aspartic acid</p> <p>GAC Aspartic acid</p> <p>GAA Glutamic acid</p> <p>GAG Glutamic acid</p>	<p>GGU Glycine</p> <p>GGC Glycine</p> <p>GGA Glycine</p> <p>GGG Glycine</p>	U	C	A	G

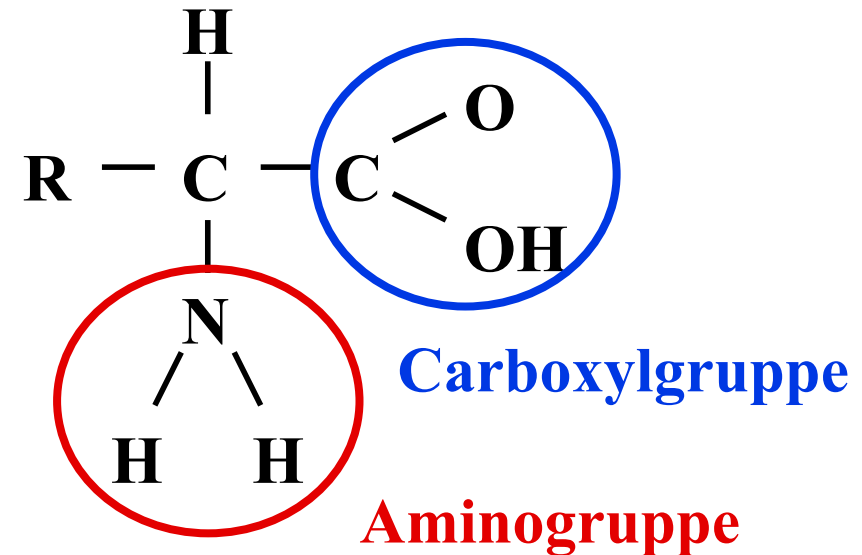
# Aminosäuren

**Kleinste Bausteine von Proteinen (und Peptiden): Aminosäuren**

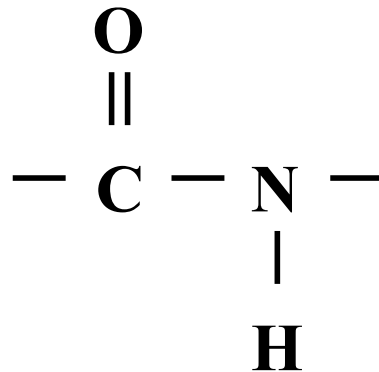
**Alle Aminosäuren, außer der einfachsten, dem Glycin, sind chiral.**

**=> optisch aktiv**

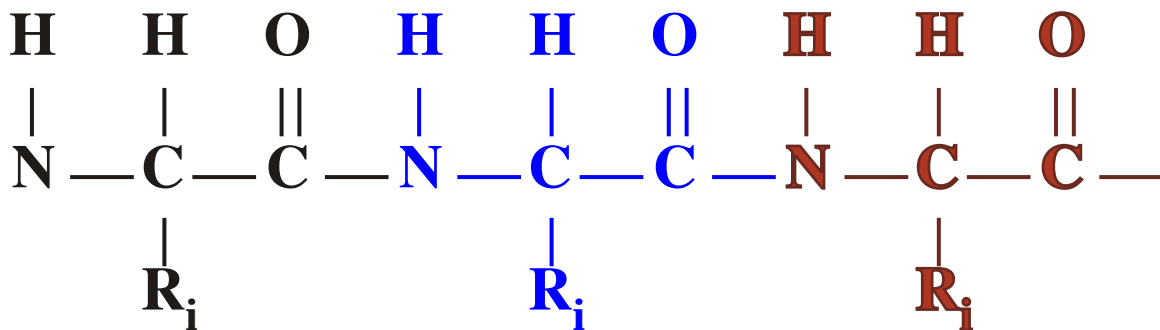
**In Proteinen kommen ausschließlich L-Enantiomere vor.**



**Aminosäuren werden über Peptidbindungen miteinander verknüpft:**



**Resultat: Kette**

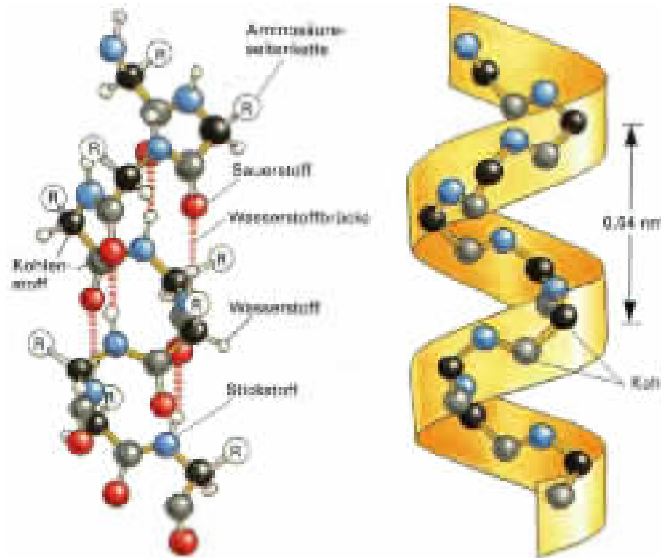
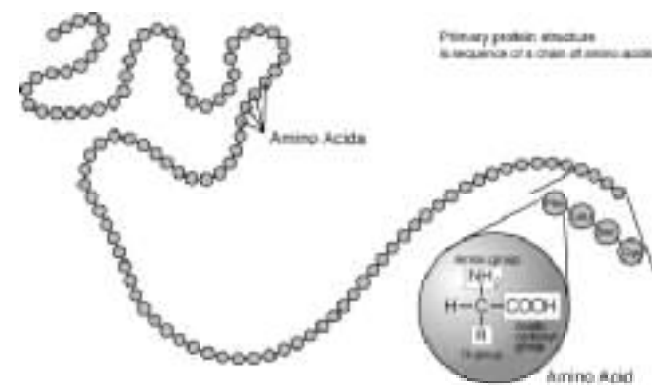


**Von allen in der Natur vorkommenden Aminosäuren werden nur 20 ribosomal in Proteine eingebaut.**

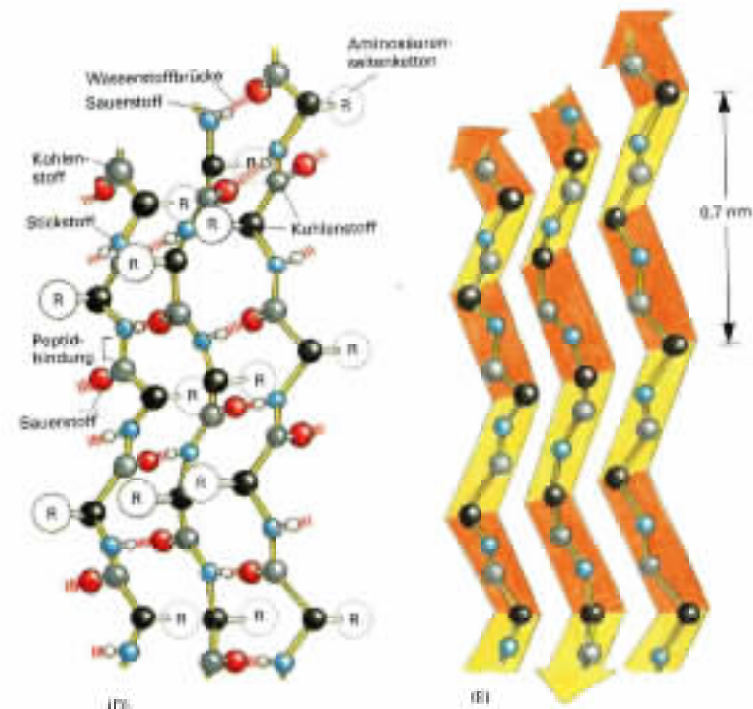
# Proteinstruktur

**Primärstruktur:**  
Aneinanderreihung von  
Aminosäuren im Peptid  
(Aminosäuresequenz)

**Sekundärstruktur:** Durch räumliche WW; meist durch  
H-Brücken stabilisiert (Helix, Faltblatt, Schleifen, ...)



$\alpha$ -Helix

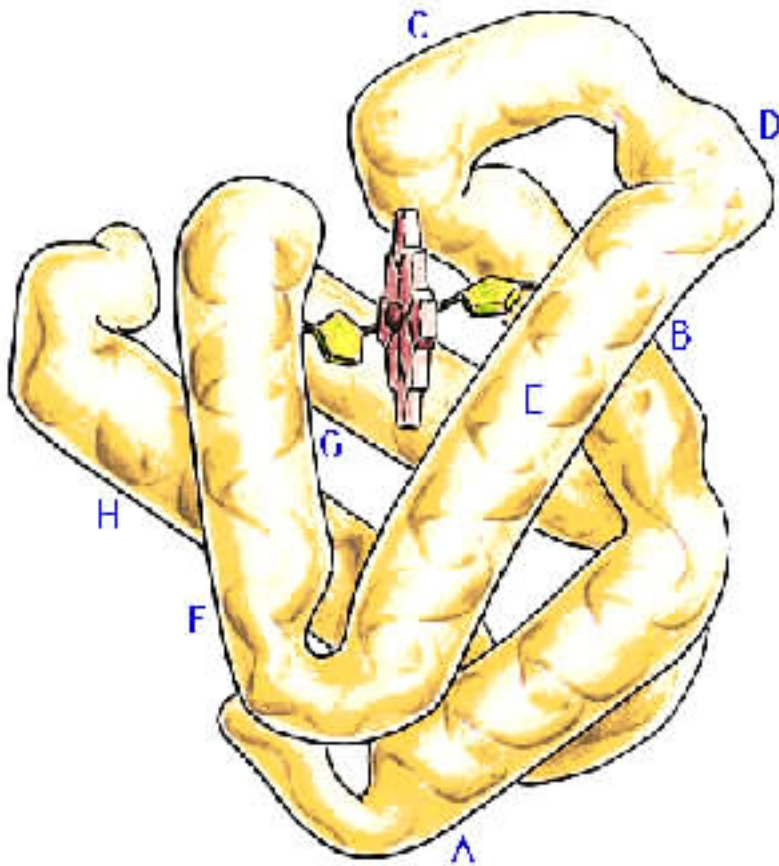


$\beta$ -Faltblatt

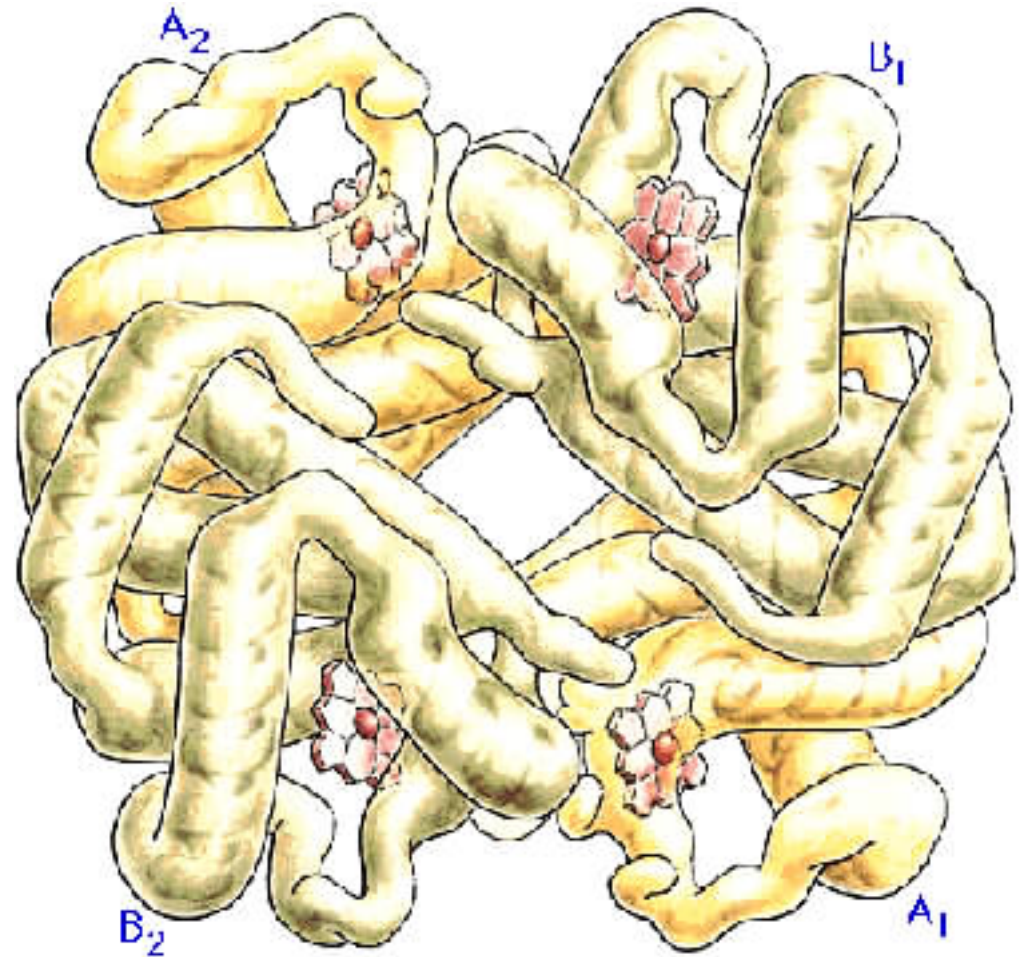
# Proteinstruktur

**Tertiärstruktur: 3-D Anordnung der Sekundärstrukturelemente**  
-> oft die biologisch aktive Struktur des Proteins

**Quartärstruktur: Aneinanderlagerung von Proteinmolekülen (Oligomer)**



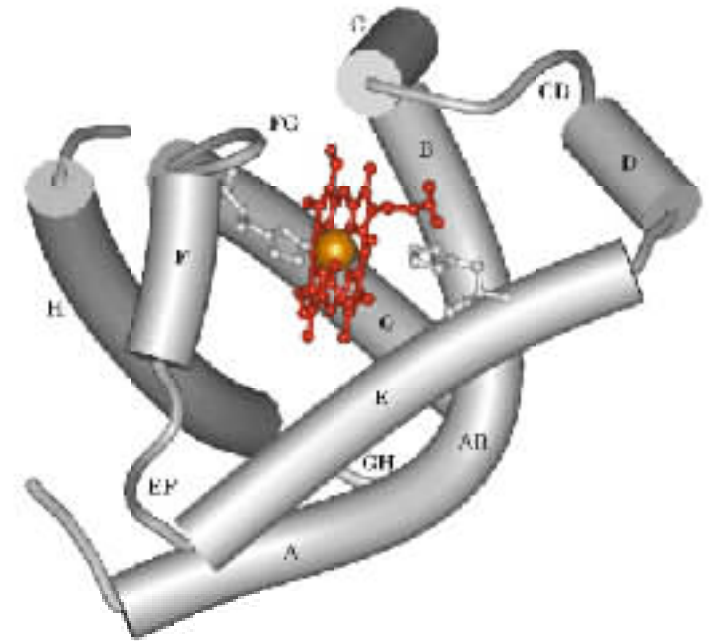
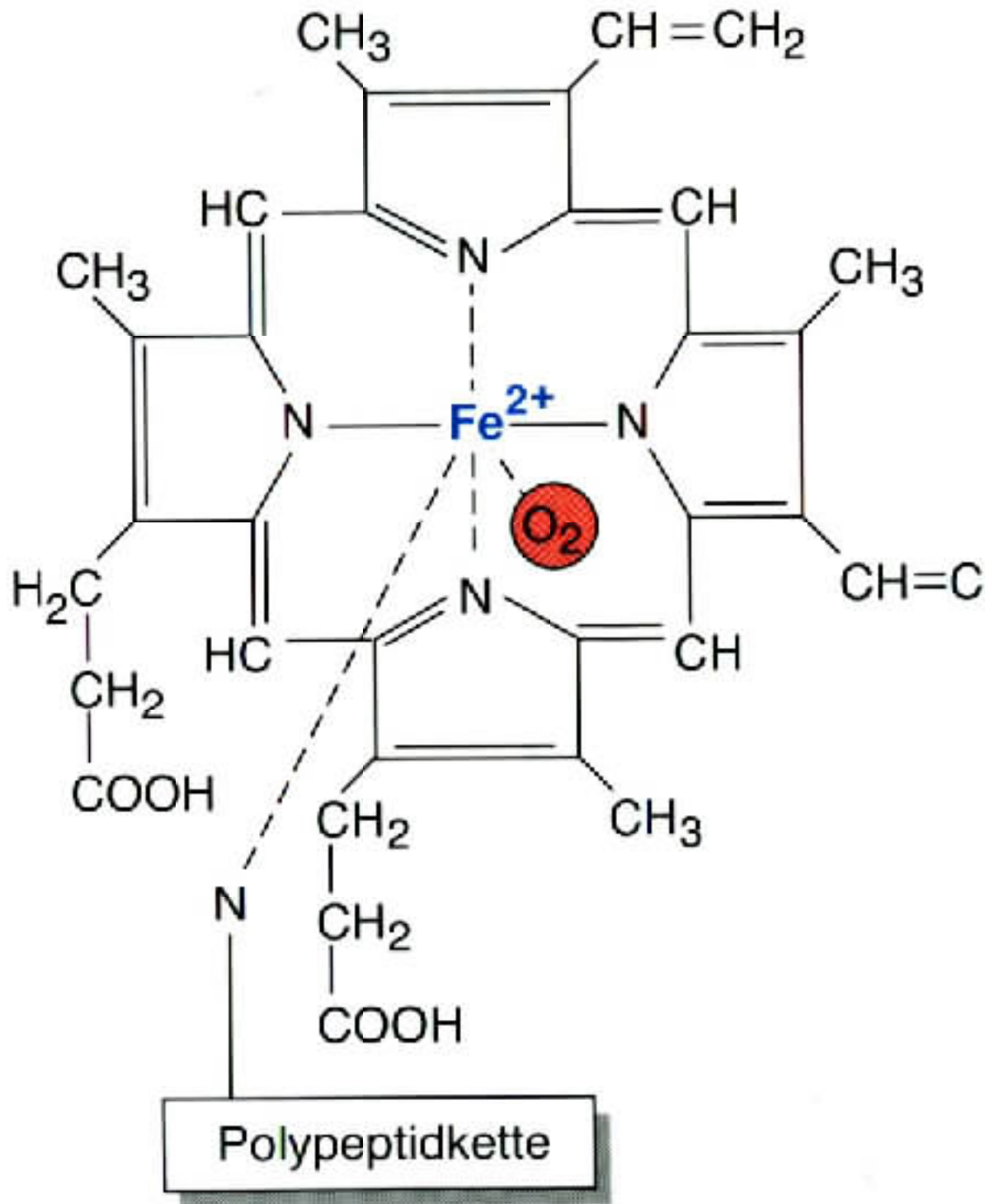
**Myoglobin**



**Hämoglobin**



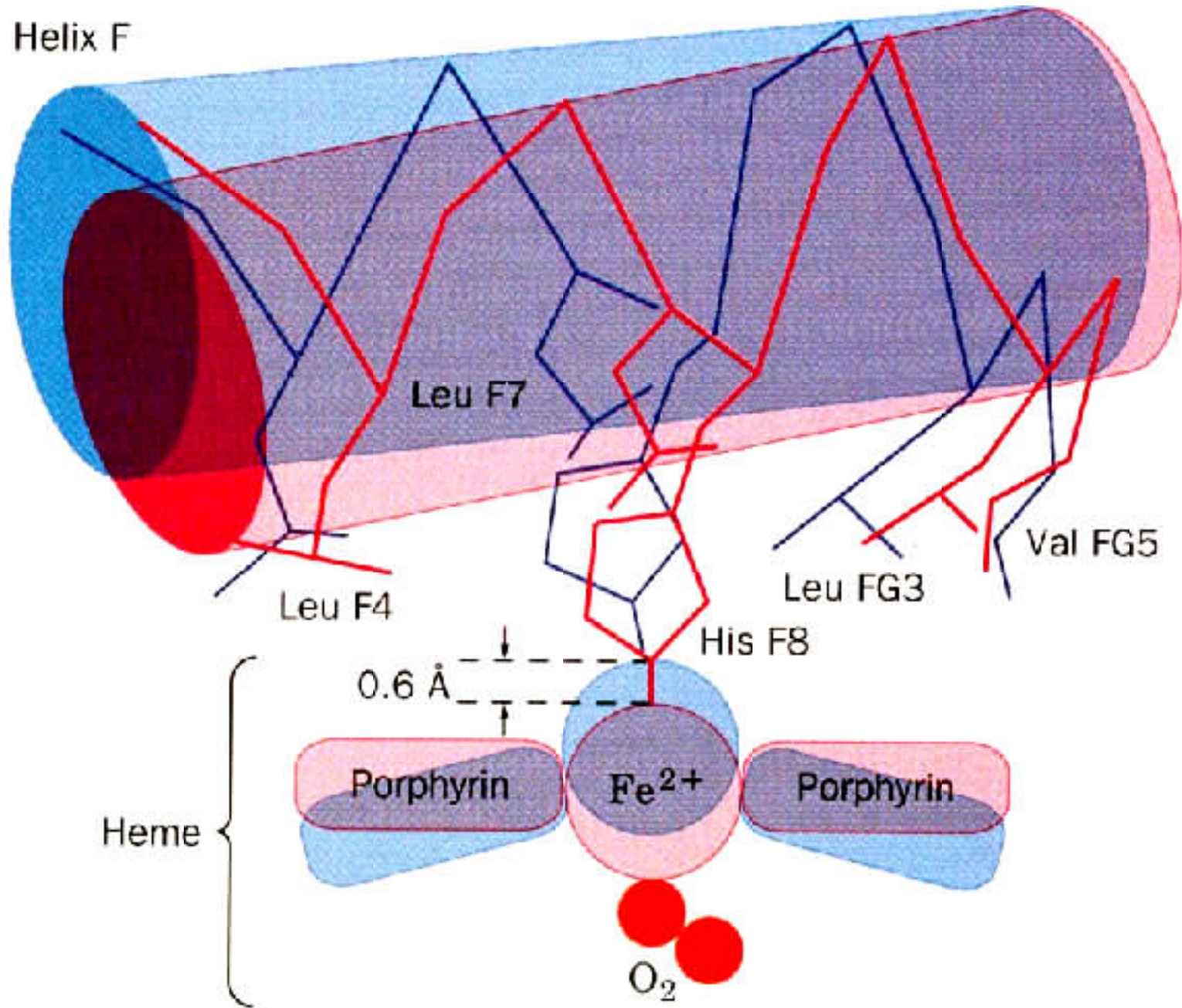
# Haem



**Die Proteine benötigen häufig Kofaktoren, um funktionsfähig zu sein. Bsp: Haem / Hämoglobin**



# O<sub>2</sub> Bindung



# Proteinfunktion

---

**Strukturbildung und -erhaltung:** z.B. Collagen (mech. Stab. von Zellen)

**Bewegung von Muskeln:** Zusammenspiel Actin & Myosin

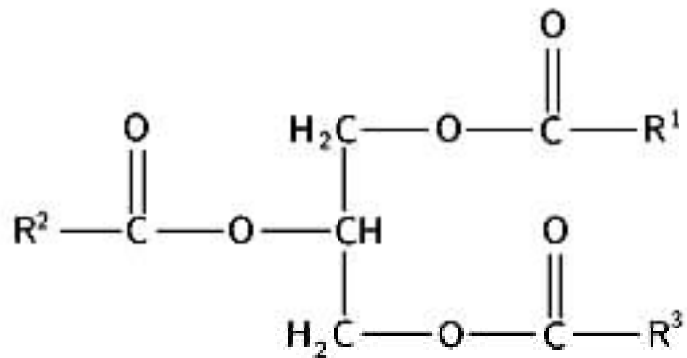
**Transport:** Hämoglobin ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) Lunge  $\leftrightarrow$  Gewebe  
Ionenkanäle in Membranen  
Transport von Stoffen durch Blutbahn

**Schutz & Abwehr:** Immunsystem (Immunglobuline, Antikörper)

**Regulation & Steuerung von Zellvorgängen:** Jeder hormonale Prozeß verläuft über Proteine als Rezeptoren;  
Informationsweiterleitung

**Katalyse aller im Organismus ablaufender chemischer Prozesse (Enzyme).**

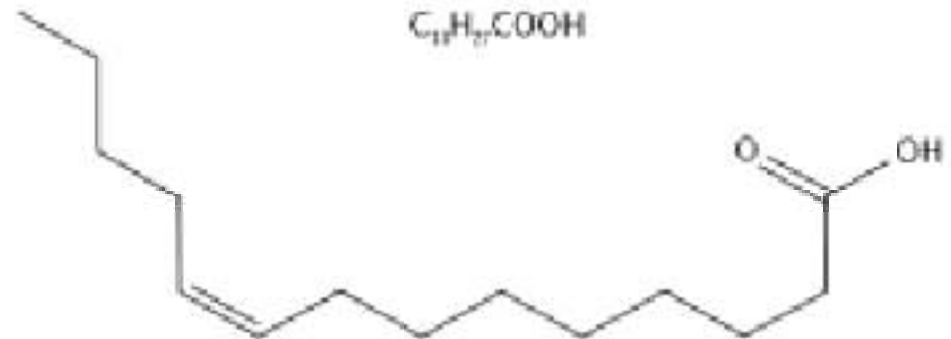
# Lipide



**Triglyceride**



**Gesättigte Fettsäure - Myristinsäure**  
 $\text{C}_{14}\text{H}_{27}\text{COOH}$

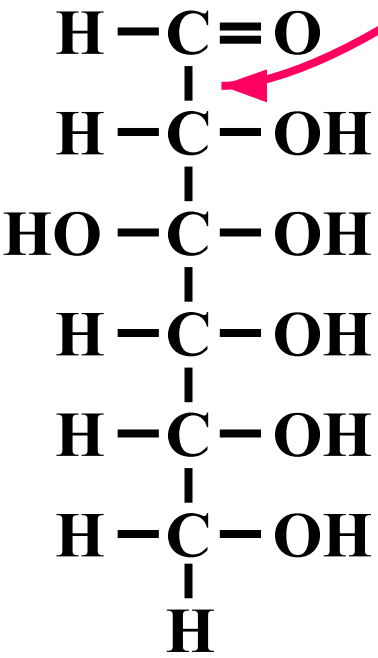


**Ungesättigte Fettsäure - Myristoleinsäure**  
 $\text{C}_{14}\text{H}_{25}\text{COOH}$

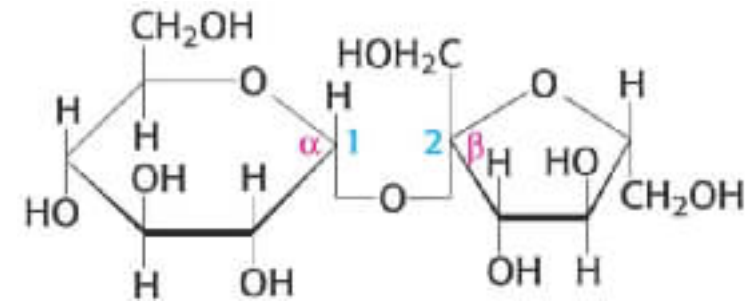
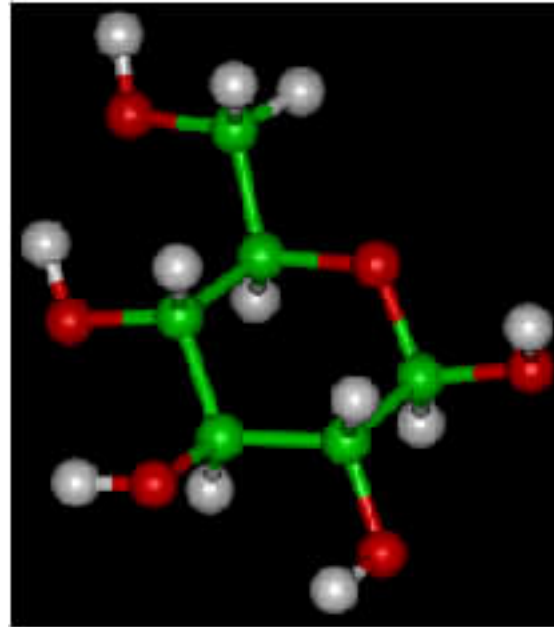
# Kohlenhydrate

## Monosaccharid

Chiralitätszentrum



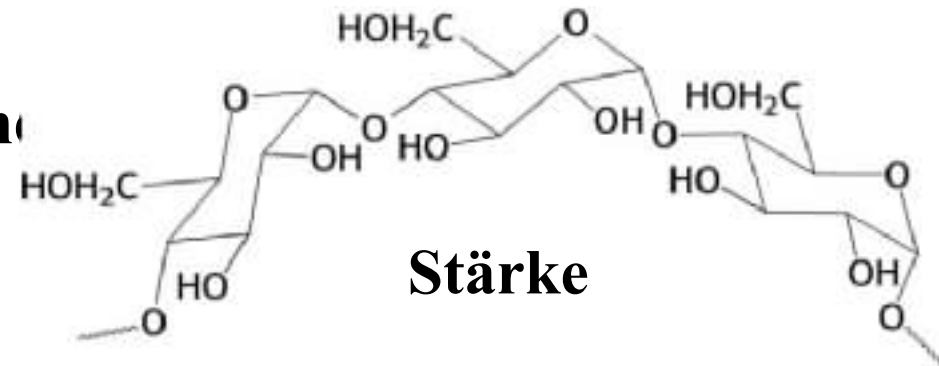
Glukose



Saccharose = Kristallzucker  
= Fructose + Glukose

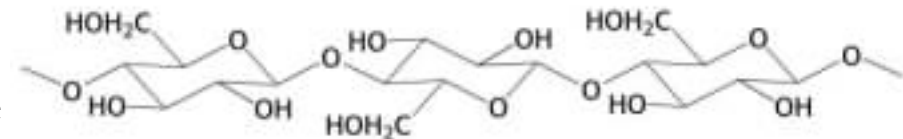


Oligosaccharide: einige gekoppelte Monomere  
eingebaut in Glycoproteine  
können als Antigene wirken



Stärke

Polysaccharide: viele gekoppelte Monomere



Zellulose