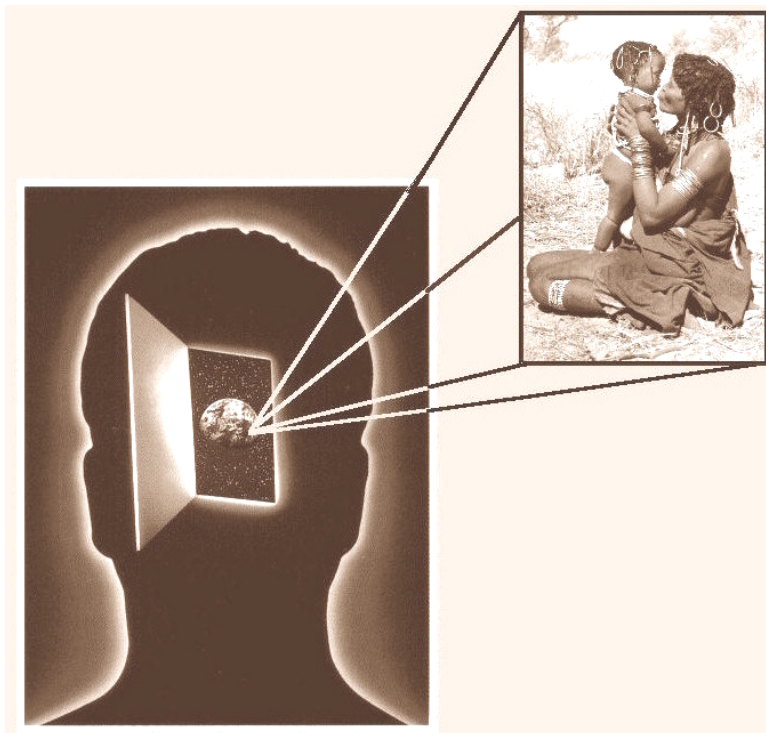


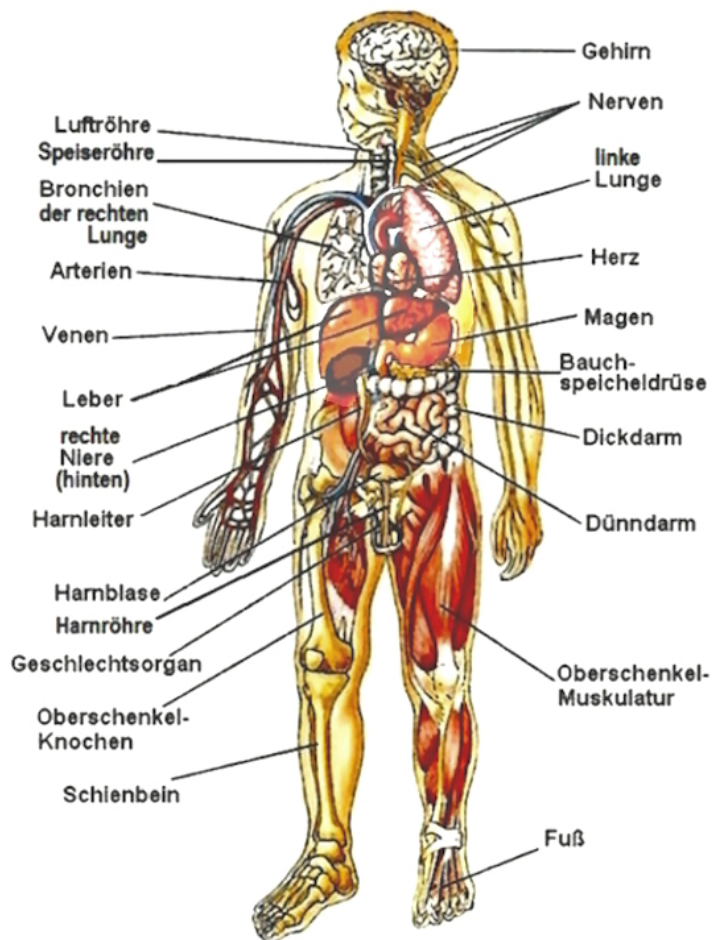
# Das System „Mensch“

Eine kurze Biopsychologie des Menschen  
© Herbert Paukert (2025).



[ 1] Inhaltsübersicht	( 1 )
[ 2] Die Lebensenergie	( 2 )
[ 3] Die Organsysteme (Übersicht)	( 3 )
[ 4] Die Nahrungsstoffe	( 4 )
[ 5] Oxidation und Reduktion	( 6 )
[ 6] Die Zellen	( 7 )
[ 7] Der Stoffwechsel	( 13 )
[ 8] Der Energie(Kreislauf	( 17 )
[ 9] Die Leber	( 18 )
[10] Das Hormonsystem	( 22 )
[11] Das Immunsystem	( 23 )
[12] Die Selbstheilung	( 25 )
[13] Das Nervensystem	( 29 )
[14] Das enterische System	( 32 )
[15] Die Großhirnrinde	( 33 )
[16] Der Schmerz	( 35 )
[17] Die menschliche Psyche	( 37 )
[18] Die sechs Grundsysteme	( 40 )
[19] Neuropsychologie	( 43 )
[20] Die Organsysteme (Nachtrag)	( 44 )
[21] Die Krankheiten	( 51 )
[22] Die Erste Hilfe	( 52 )
[23] Sterben und Tod	( 53 )
[24] Literaturquellen	( 53 )

Die folgende Abbildung zeigt den menschlichen Körper:



## [2] Die Lebensenergie

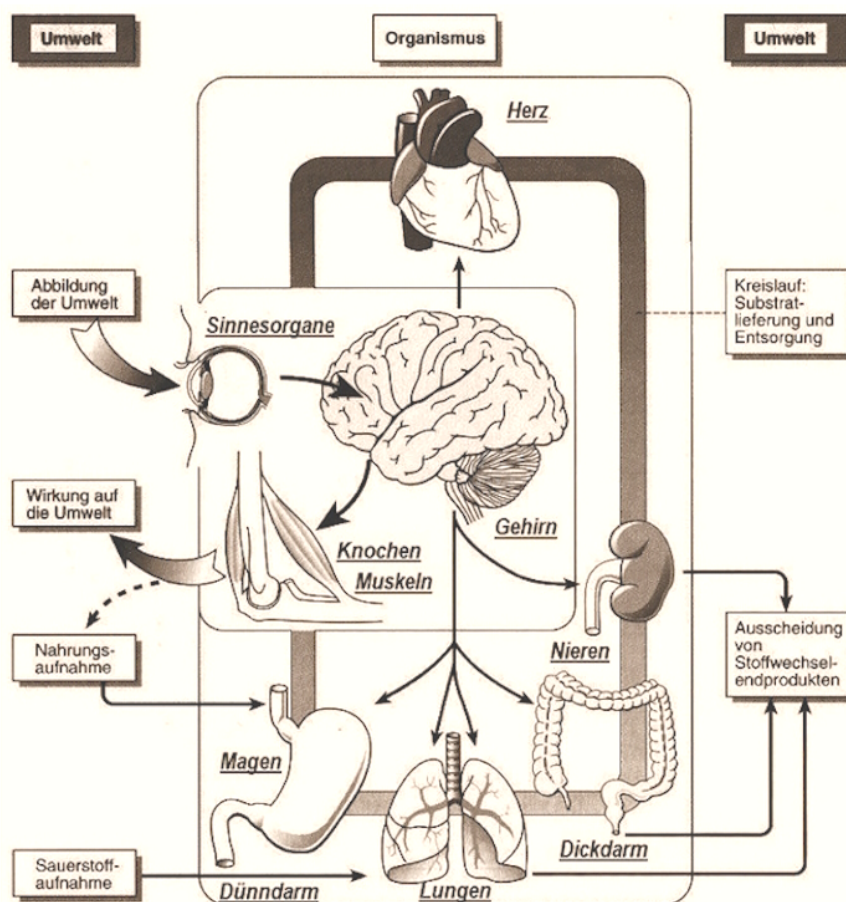
Unter Energie versteht man ganz allgemein die Fähigkeit Arbeit zu verrichten. Verzichtet man auf religiöse oder mythologische Spekulationen, dann kann die Quelle unserer Lebensenergie nur in den Energie liefernden biochemischen Prozessen unseres Körpers liegen. Die lebende Zelle arbeitet wie eine Energie transformierende Fabrik. Die synchrone Arbeit vieler Zellen eines Gewebes bewirkt eine nach außen hin beobachtbare und messbare Aktivität. Direkt beobachtbar ist der Aktivitätszustand des Organismus vor allem in vier Bereichen:

- Atemtätigkeit (Frequenz, Tiefe)
- Herz-Kreislauf-System (Puls, Blutdruck)
- Peristaltik des Darms
- Spannungszustand der Skelettmuskulatur

Die Lebensenergie ist keine eigenständige mystische Kraft, sondern sie ist der Sammelbegriff für die synchrone Arbeit unserer Zellen. Die Synchronisation und Regulation erfolgen durch die Signalsysteme des Hormon- und des Nervensystems, aber auch des Immunsystems.

Mit Lebensenergie wird oft die Selbstheilungskraft des Organismus bezeichnet. In der Menschheitsgeschichte taucht dieser Begriff der Lebensenergie in unterschiedlichen Formen auf: Vom Qi aus China bis zur LIBIDO von Sigmund Freud.

### [3] Die Organsysteme (Übersicht)



- **Der passive Bewegungsapparat (»Seite 43)**

Er dient der Stützung und Bewegung des Körpers. Er besteht aus Knochen und den Verbindungen zwischen den Knochen (Gelenken). Zusätzlich gibt es noch für den Zusammenhalt Bänder und Sehnen, an denen die Muskeln ansetzen.

- **Der aktive Bewegungsapparat (»Seite 45)**

Er besteht aus den Muskeln, welche mithilfe von Sehnen an den Knochen befestigt sind und diese um die Gelenke bewegen. Die Kontraktion der Muskeln wird durch das Nervensystem gesteuert. Man unterscheidet eine automatische Stütz- und Haltemotorik und eine willkürliche Zielmotorik.

- **Das Verdauungssystem (»Seite 46)**

Dieses System dient der Aufnahme von Nahrungsstoffen. Die Nahrung wird durch den Mund aufgenommen und über die Speiseröhre in Magen und Darm weitergeleitet. Mithilfe der Verdauungsenzyme aus Magen und Bauspeicheldrüse wird die Nahrung in ihre chemischen Bestandteile zerlegt, die in eigenen Depots gespeichert werden. Die unbrauchbaren Endprodukte werden als Stuhl über Dickdarm und After aus dem Körper entfernt.

- **Das Ausscheidungssystem (»Seite 47)**

Ein spezifisches Ausscheidungssystem besteht aus den Nieren, den Harnleitern, der Harnblase und der Harnröhre. In den Nieren werden aus dem Blut lebenswichtige Stoffe gefiltert und ein großer Anteil an Wasser resorbiert. Der Rest an unbrauchbaren oder giftigen Abfällen wird als Harn (Urin) ausgeschieden.

**• Das Fortpflanzungssystem (»Seite 47)**

Dieses System besteht aus Organen, welche der Fortpflanzung (Befruchtung) und der Versorgung des Kindes durch den mütterlichen Organismus dienen. Dazu gehören beim Mann der Penis, die Samenleiter und die Hoden, wo die Spermien gebildet werden. Bei der Frau sind es die Scheide, die Gebärmutter, die Eileiter und die Eierstöcke, wo die Eizellen produziert werden.

**• Das Atmungssystem (»Seite 48)**

Es besteht aus den Atemwegen und der Lunge. Über Nase/Mund und Luftröhre wird der Sauerstoff aus der Luft in die Lunge geleitet. Dort wird erstens der Sauerstoff in den Blutkreislauf befördert. Zweitens wird das Kohlendioxid aus dem Blutkreislauf ausgeatmet.

**• Der Blutkreislauf (»Seite 49)**

Er dient grundsätzlich dem Stofftransport (Nahrungsbestandteile, Hormone, Sauerstoff, Kohlendioxid, Abwehrzellen, usw.). Das Herz wirkt dabei als Pumpe, welche das flüssige Blut mit den gelösten Stoffen zum Fließen bringt und über das Gefäßsystem zu den Körperzellen befördert.

**• Das Hormonsystem (»Seite 22)**

Hormone sind spezifische Moleküle, die als Signale wirken. Sie werden in inneren (endokrinen) Drüsen produziert und über das Blut zu Empfängerzellen transportiert. Das Hormonsystem ist hierarchisch in über- und untergeordnete Drüsen gegliedert. Die übertragenen Hormone bewirken in den Empfängerzellen bestimmte chemische Reaktionen, beispielsweise die Ausschüttung von Wirkstoffen. Diese können in Form eines Regelkreises auf die Drüsenzellen zurückwirken und dort die Hormonproduktion vermindern (negatives Feedback).

**• Das Immunsystem (»Seite 23)**

Das Immunsystem dient mit seinen spezialisierten Zellen der Abwehr von Krankheitserregern. Die Immunzellen stammen vorwiegend aus Knochenmark und Lymphsystem mit seinen Organen (Milz, Mandeln, Lymphknoten, usw.). Über das Blut werden sie an die Krankheitsorte gebracht, können dort körperfremde Eindringlinge (z.B. Bakterien oder Viren) erkennen und wirksam bekämpfen. Das Immunsystem steht mit Nervensystem und Hormonsystem über Signalstoffe in ständiger Verbindung.

**• Das Nervensystem (»Seite 29)**

Das somatische Nervensystem dient der Verbindung von Organismus und Umwelt. Es besteht aus der sensorischen, der zentralen und der motorischen Informationsverarbeitung. Dabei steuert es die Aufnahme von Reizen in den Sinnesrezeptoren (Sensoren), die Verarbeitung im Gehirn und die Beantwortung in den Muskeln. Im Gehirn entstehen die Psyche und das Bewusstsein.

Das vegetative Nervensystem reguliert unbewusst die Organtätigkeiten (Verdauung, Atmung, Herztätigkeit, usw.). Dazu registriert es Signale aus den Organen und verarbeitet und beantwortet sie. Es besteht aus zwei gegensätzlich wirkenden Teilen. Der Sympathikus bewirkt Spannung, der Parasympathikus bewirkt Entspannung.

**[4] Die Nahrungsstoffe**

Man unterscheidet die Grundnahrungsstoffe (Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße) und die Vitalstoffe (Vitamine, Mineralsalze, Spurenelemente und Ballaststoffe). Die aufgenommene Nahrung liefert jene Energie, die zur Aufrechterhaltung der lebenswichtigen Funktionen aufgewendet werden muss.

Der Grundumsatz wird entweder in Kilokalorien (kCal) oder in Kilojoule (kJ) gemessen, wobei 1 kCal etwa 4,2 kJ sind. Dabei gilt die allgemeine Formel:  
 »Grundumsatz = 1 kCal \* Körpergewicht (kg) \* Stunden«.

• **Kohlenhydrate (Saccharide)**

Chemisch bestehen Kohlenhydrate aus ketten- und ringförmig angeordneten Kohlenstoffatomen mit denen Wasserstoff- und Sauerstoffatome verbunden sind. Nach der steigenden Komplexität unterscheidet man Monosaccharide (Trauben-, Frucht-Zucker), Disaccharide (Rohr-, Milch-, Malz-Zucker), Polysaccharide (tierisches Glykogen und pflanzliche Stärke und Zellulose). Während Glykogen und Stärke chemische Speicherformen darstellen, aus denen mithilfe bestimmter Enzyme Traubenzucker (Glukose) gewonnen wird, erweist sich die Zellulose als stabile Gerüstsubstanz der Pflanzen weitgehend unempfindlich gegenüber enzymatischem Abbau.

• **Fette (Lipide)**

Fette bestehen chemisch aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin und verschiedenen Fettsäuren. Nach der Anzahl der Fettsäuren werden Mono-, Di- und Tri-Glyceride unterschieden. Fettsäuren werden in gesättigte (reaktionsarme) und ungesättigte (reaktionsfreudige) eingeteilt. Letztere sind gesünder, weil leichter verwertbar.

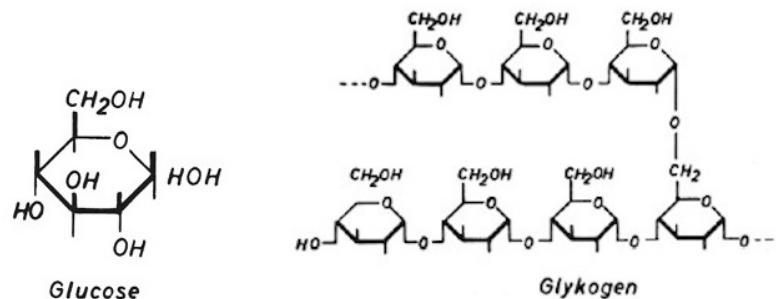
• **Eiweiße (Proteine)**

Eiweiße sind komplexe Verbindungen aus Aminosäuren, wo genau acht unentbehrlich (essenziell) sind, welche der Körper nicht selbst erzeugen kann. Sie müssen durch die Nahrung aufgenommen werden. Die Eiweiße dienen als Bau- und Wirkstoffe.

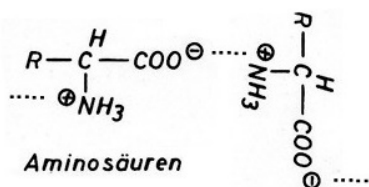
• **Vitamine**

Als Enzyme oder als Bestandteile von Enzymen erfüllen sie wichtige Regulationsfunktionen im biochemischen Stoffwechsel der Zellen. Man unterscheidet wasserlösliche und fettlösliche Vitamine.

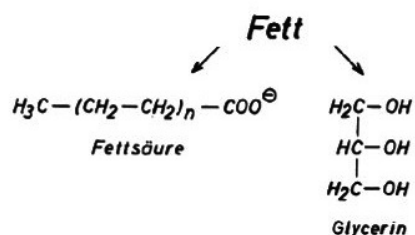
• **Wasser**, Mineralsalze (z.B. Kochsalz), Spurenelemente (z.B. Eisen, Kobalt, Selen), Gewürze, Aromastoffe und Ballaststoffe (z.B. Zellulose).



Einfache Zuckermoleküle verketteten sich zu komplexen Kohlenhydraten (als tierisches Glykogen oder pflanzliche Stärke oder Cellulose).



Einfache Aminosäuren verketteten sich zu Proteinen.

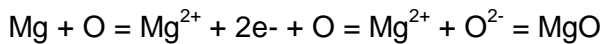


Fettsäuren und Glycerin verbinden sich zu Fett.

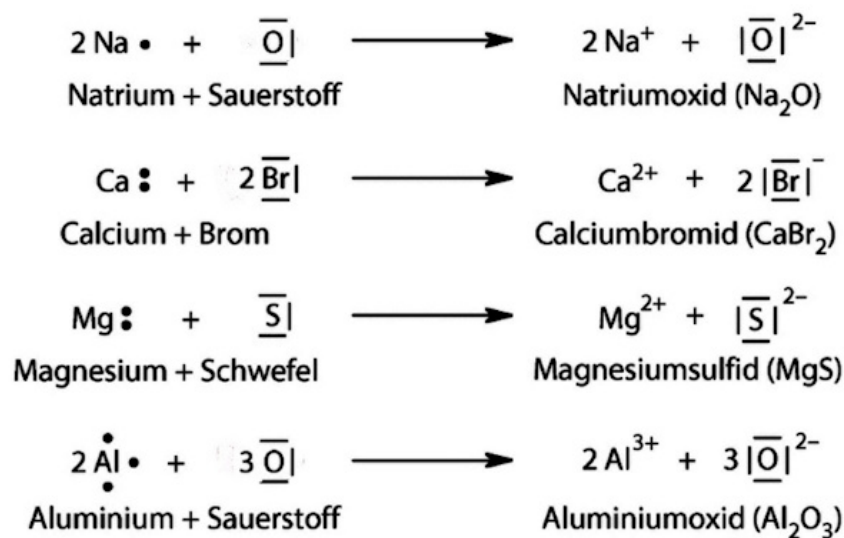
## [5] Oxidation und Reduktion

Oxidation und Reduktion sind grundlegende chemische Reaktionen zwischen den Molekülen. Sie sind an fast allen biochemischen Prozessen beteiligt. Sie spielen eine zentrale Rolle im zellulären Stoffwechsel.

Bei der Oxidation werden Elektronen (e-) abgegeben, bei der Reduktion werden sie aufgenommen. Beispielsweise ist die Verbrennung von Magnesium (Mg) mit Sauerstoff (O) zu Magnesiumoxid (MgO) eine Oxidation:



Dabei wird einerseits Magnesium oxidiert und andererseits Sauerstoff reduziert. Das Leichtmetall Magnesium hat in seiner Elektronenhülle 2 Außenelektronen, die abgegeben werden können. Das Gas Sauerstoff hat in der äußersten Schale der Elektronenhülle 6 Elektronen. Zur stabilen Edelgaskonfiguration mit 8 Außenelektronen fehlen also 2 Elektronen, die aufgenommen werden können. Dadurch verbinden sich Magnesium und Sauerstoff zu Magnesiumoxid.




---

*Hinweis:* • = einzelne Elektronen  
 — = Elektronenpaare

Der chemische Stoffwechsel in den Zellen besteht aus komplexen Redox-Vorgängen (d.h. Reduktionen und Oxidationen), wo oft spezifische Enzyme für den Elektronentransport verantwortlich sind.

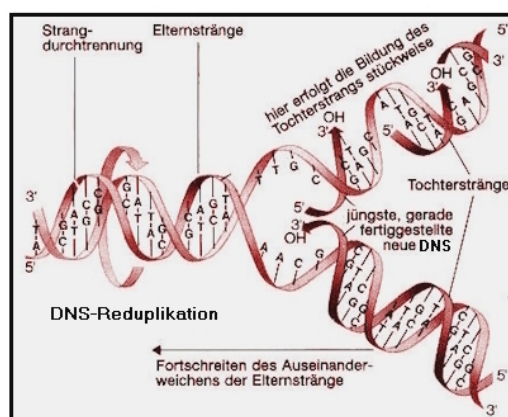
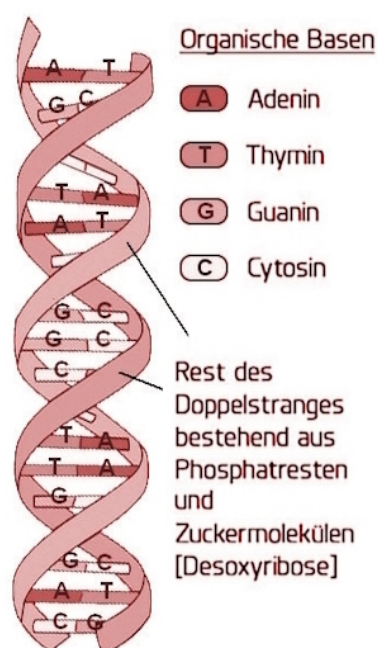
Chemische Reaktionen laufen entweder exotherm (mit Energiefreisetzung) oder endotherm (mit Energiezufuhr) ab. Zum Starten benötigt jede chemische Reaktion eine bestimmte Aktivierungsenergie. Katalysatoren (z.B. Enzyme) beschleunigen die Reaktionen ohne selbst verbraucht zu werden. Dabei können sie die Reaktionsmoleküle räumlich umlagern und dadurch die Aktivierungsenergie senken.

## [6] Die Zellen (1)

Die unbelebte Welt ist der Bereich von Raum und Zeit, in welchem Anhäufungen von Materie vorkommen, die ihrerseits aus Atomen und Molekülen bestehen. Im Laufe der Erdgeschichte bildeten sich durch die gegenseitigen Wechselwirkungen der Moleküle immer komplexere chemische Stoffklassen. Neben den festen Stoffen, welche das Land bildeten, entstanden die flüssigen Urozeane und die Uratmosphäre.

In der Uratmosphäre entstanden aus einfachen Molekülen wie Wasser, Methan und Ammoniak bei Energiezufuhr (Sonne, Blitz) neue Moleküle wie Aminosäuren. Diese wurden in die mineralsalzreichen Urozeane geschwemmt und bildeten dort weitere Moleküle, beispielsweise die Desoxyribonukleinsäure (DNS). Die verdrehten Doppelstränge der DNS bestehen aus Desoxy-Ribose-Zucker, aus Phosphatresten und aus vier stickstoffhaltigen Basen: Adenin (A), Thymin (T), Guanin (G) und Cytosin (C). Aus elektrochemischen Gründen können nur bestimmte basische Stoffe einander gegenüber liegen. Diese komplementären Basenpaarungen (A-T und G-C) verbinden die zwei Stränge, so dass eine leiterförmige Spirale (Doppelhelix) entsteht.

Wird durch ganz bestimmte Enzyme ein DNS-Doppelstrang aufgetrennt, dann können sich an die entsprechenden Basen eines Einzelstranges frei umher schwimmende, komplementäre Bruchstücke anlagern. Dadurch bildet sich wieder ein neuer DNS-Doppelstrang, der identisch ist mit dem Ausgangsmolekül ist. Durch diese Reduplikation (Replikation) können solche Makromoleküle gleichartig aufgebaute Tochtermoleküle erzeugen.



**Das DNS-Molekül  
und seine Reduplikation**

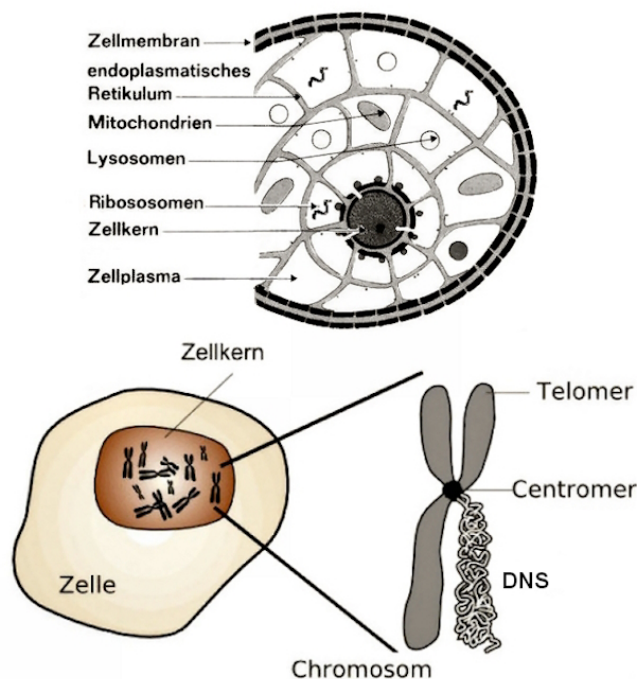
## [6] Die Zellen (2)

Phospholipide sind Fettmoleküle, die ein wasseranziehendes und ein wasserabstoßendes Ende aufweisen. In den Urozeanen ordneten sie sich kugelförmig an und bildeten doppelschichtige Membranhüllen mit röhrenartigen Kanälen, durch welche ein Stofftransport zwischen Innen und Außen erfolgte.

Aus diesen komplexen chemischen Vorgängen entwickelten sich schließlich die Zellen mit den neuen Funktionsmerkmalen des Lebens (Vermehrung, Wachstum und Bewegung).

Die Zellen sind die Bausteine des Organismus. Diese haben im Laufe der Entwicklung hochspezialisierte Funktionen übernommen (Muskelzellen zur Bewegung, Nervenzellen zur Signalübertragung, Drüsenzellen zur Sekretion).

In der Grundstruktur bestehen sie aus einer Zellmembran, welche sie von der Umgebung abgrenzt, und im Inneren aus Zellplasma mit verschiedenen Zellorganellen (Ribosomen, Mitochondrien, usw.) und dem Zellkern mit seinen Chromosomen, die aus Desoxyribonukleinsäure-Molekülen (DNS) bestehen. Einige wichtige Bestandteile der Zelle sind im Folgenden dargestellt.



Der Zellkern ist die wichtige Steuerzentrale der Zelle. In seinen Kernschleifen (Chromosomen) ist die DNS verpackt, welche das genetische Erbgut enthält. Die Chromosomen werden mit 1, 2, 3, ..., 21, 22, X und Y bezeichnet.

22 davon sind doppelt vorhanden. Im letzten Chromosomenpaar können nur die Kombinationen XX oder XY auftreten. Diese sind geschlechtsbestimmend, XX für den weiblichen und XY für den männlichen Organismus.

## [6] Die Zellen (3)

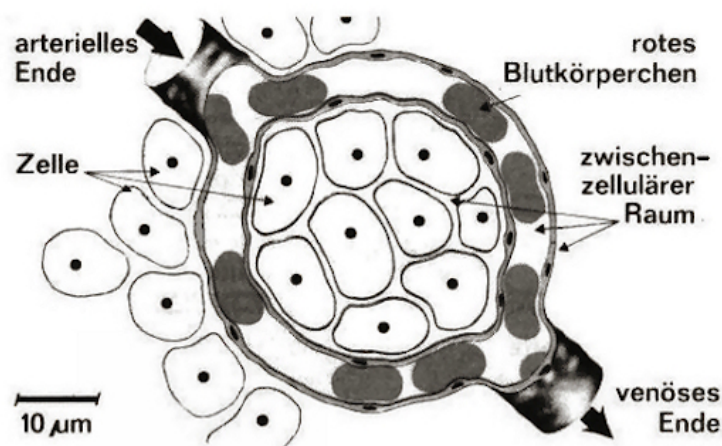
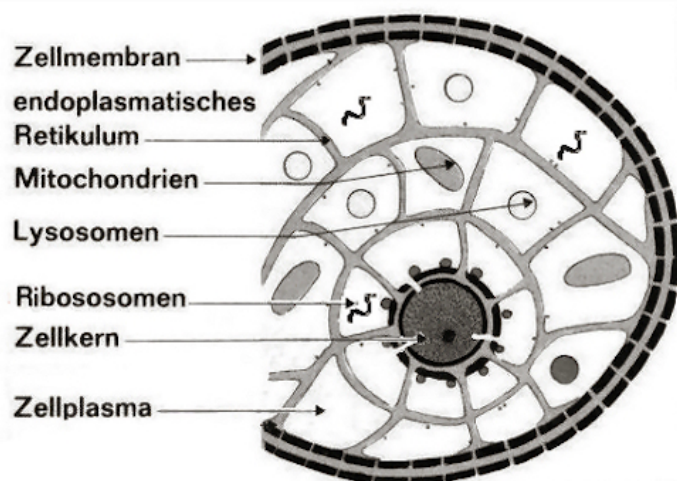
Die Ribosomen sind die Proteinfabriken. Auf ihnen werden unter der Kontrolle der DNS des Zellkerns die Aminosäuren zu Proteinen (Eiweißen) verknüpft.

Die Mitochondrien sind die Energiekraftwerke der Zellen. In ihnen findet die Verbrennung (Oxidation) organischer Stoffe mithilfe des molekularen Sauerstoffs statt, wobei Energie freigesetzt wird.

Die Lysosomen sind kleine von einer Hülle umschlossene Zellareale, in denen aufgenommene Fremdstoffe mit Hilfe von Enzymen abgebaut werden.

Das endoplasmatische Retikulum erzeugt und transportiert eine Vielzahl von chemischen Stoffen im Zellplasma. Der angeschlossene Golgi-Apparat sortiert und verteilt die Stoffe im Zellplasma.

Die Zellmembran ist die Schutzhülle der Zelle. Sie grenzt das Zellplasma von der Umgebung ab. Durch Kanäle in der Zellmembran erfolgt der Stofftransport zwischen Zellplasma und kapillaren Blutgefäßen im zwischenzellulären Raum. Der Transport erfolgt entweder passiv ohne Energieverbrauch entsprechend dem Konzentrationsgefälle (Diffusion) oder aktiv mit Energieverbrauch entgegen dem Konzentrationsgefälle (Ionenpumpen mit Hilfe von Transportproteinen).

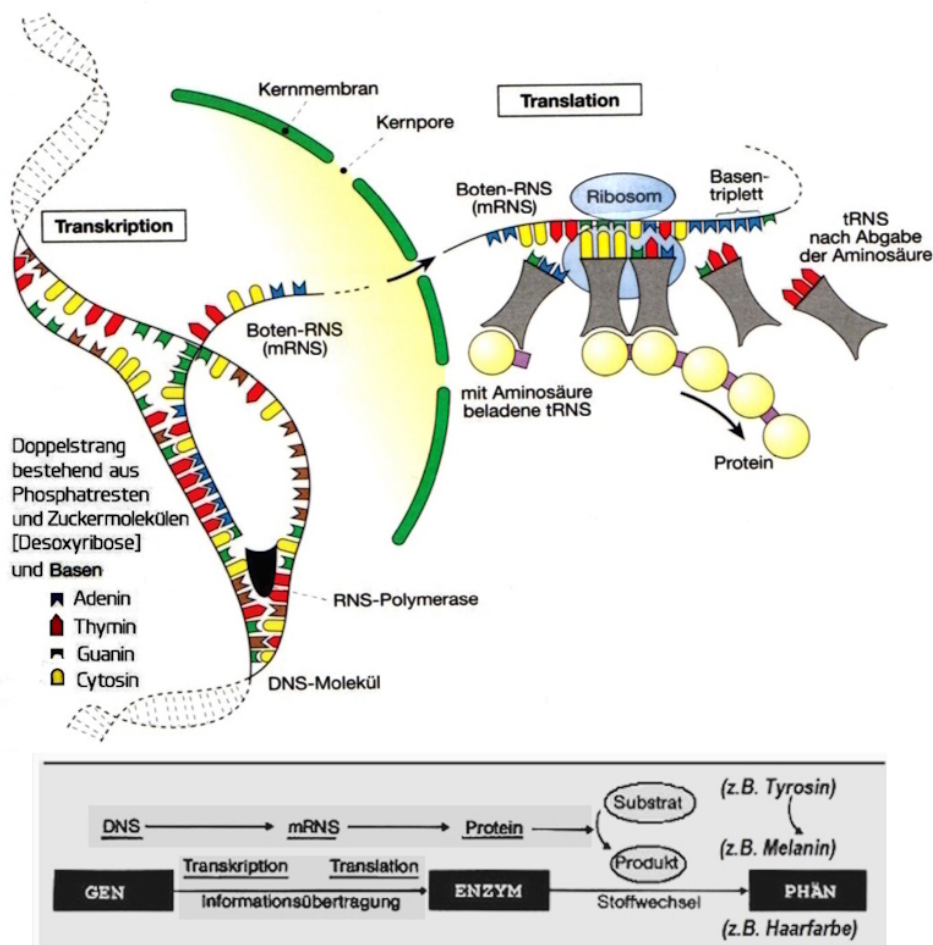


## [6] Die Zellen (4)

Die wichtigste Funktion der DNS-Moleküle in den Chromosomen der Zellkerne ist die Steuerung der Erzeugung von Eiweißen (Proteinen) durch gezielte Verknüpfung von Aminosäuren. Die Proteine bilden die Merkmale (Phäne) des Organismus, welche durch die Basensequenzen (Gene) der DNS festgelegt sind.

Beim Vorgang der Transkription wird die DNS ab einer Startposition bis zu einer Endposition mit Hilfe bestimmter Enzyme aufgetrennt. Von diesem Abschnitt wird eine Kopie erzeugt (Messenger-Ribonukleinsäure, mRNA), die aus dem Zellkern in das Zellplasma zu den Ribosomen wandert. Dann schließt sich die aufgetrennte DNS im Kern wieder und die Transkription ist beendet.

Im Zellplasma erfolgt an den Ribosomen der Vorgang der Translation. Dabei steuern jeweils drei Basen der mRNA (Codon) die Anheftung einer bestimmten Aminosäure. Der Aminosäuretransport erfolgt mit Hilfe der Transfer-RNS (tRNA), die auf der einen Seite über die komplementären Basenpaarungen an die mRNA andockt und auf der anderen Seite mit einer Aminosäure beladen ist. Nach der Verknüpfung der Aminosäuren löst sich die tRNA sowohl von der Aminosäure als auch von der mRNA. Übrig bleibt eine Kette von Aminosäuren, d.h. ein bestimmtes Protein. Damit ist die Translation beendet.



Die genetische Steuerung der Biosynthese eines Proteins, welche aus der Transkription und der Translation der DNS besteht, heißt Genexpression.

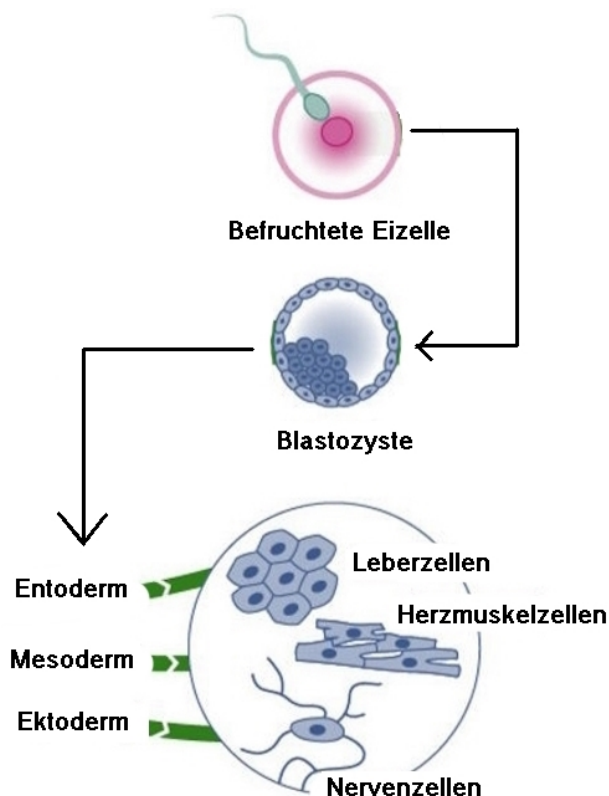
## [6] Die Zellen (5)

Eine wesentliche Leistung der Zellen besteht in der Fähigkeit sich in zwei identische Tochterzellen zu teilen. Der zentrale Mechanismus ist dabei die Reduplikation der DNS, wodurch die Erbinformation weitergegeben wird. Durch Zellteilung wird erst Wachstum und Regeneration (d.h. Ersatz von Zellen) möglich. Auf diese Weise werden Gewebe und Organe gebildet.

Dabei ist die Zelldifferenzierung ein sehr entscheidender Prozess in der embryonalen Entwicklung eines Individuums. Sämtliche Baupläne eines Lebewesens sind in den DNS-Strängen im Zellkern enthalten. Bei dieser Zelldifferenzierung werden durch Regulationsprozesse die entsprechenden Gene ein- bzw. ausgeschaltet. Anzumerken ist, dass nur ca. 10% der DNS codierende Gene sind. Der Rest (ca. 90%) hat regulative Funktionen.

Bei der Befruchtung verschmelzen Eizelle und Samenzelle und damit auch ihre genetischen Informationen. Durch fortwährende Zellteilung bildet sich daraufhin das Blastoderm, ein Zellhaufen mit über 100 000 Zellen.

Durch Wanderung und Anheftung der Zellen kommt es zur Einstülpung des Blastoderms, zur Gastrulation, wobei sich drei Keimblätter herausbilden (Ektoderm, Entoderm und Mesoderm). In diesem Stadium der Entwicklung setzt der Mechanismus der embryonalen Induktion ein. Damit versteht man die Koordination der ortsabhängigen Differenzierung und Spezialisierung der Zellen. Dabei werden Signalstoffe erzeugt, welche auf die Zellen einwirken können. Durch diese Prozesse entwickeln sich aus den Keimblättern die Primitivorgane. Am Ende der Entwicklung steht dann das Lebewesen mit seinen verschiedenen Organen.

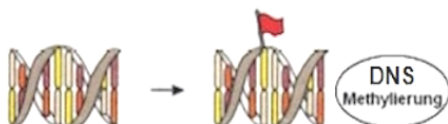


## [6] Die Zellen (6)

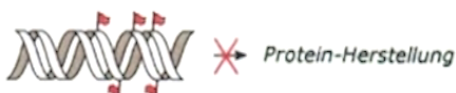
Die embryonale Entwicklung (Ontogenese) des Menschen spiegelt einzelne Phasen der stammesgeschichtlichen Entwicklung (Phylogenese) wider. Das, der Stammesgeschichte zu Grunde liegende Prinzip formulierte im Jahr 1850 Charles Darwin in seiner Evolutionstheorie, wonach nur jene Strukturen überleben, die am besten an die jeweiligen Umweltbedingungen angepasst sind. Der Motor der Stammesgeschichte sind die Mutationen (d.h. echte Genveränderungen) und die Selektionen (d.h. natürliche Auslesen).

Die Idee, dass die Eigenschaften des Organismus durch das, bei der Geburt vererbte Genmaterial unveränderbar bestimmt sind, war ein lang gehegtes Dogma der Biologie. Neue Forschungen zeigen jedoch, dass selbst schwache chemische Umwelteinflüsse zwar nicht die Gene verändern können. Aber sie können bestimmen, wann und in welchem Ausmaß welche Gene ein- und ausgeschaltet werden (epigenetische Regulation). Geregelt wird der Zugriff auf die Gene dabei zunächst durch das Anheften oder das Ablösen von kleinen chemischen Molekülen an das Chromosomengerüst. Beispielsweise binden sich Methylgruppen an bestimmte Stellen des DNS-Moleküls und hemmen dort die Aktivität des Genabschnitts. So wird die Genexpression epigenetisch gesteuert. So können negative frühkindliche Erfahrungen bei Kindern epigenetische Veränderungen (z.B. im Stresshormonsystem) verursachen, welche dann von den Kindern an die nächste Generation weitergegeben werden.

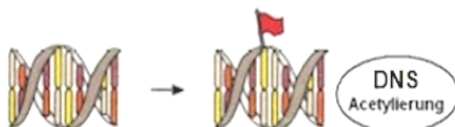
Kleine Moleküle können an DNS-Basen, den Buchstaben der Erbinformation, angehängt werden ...



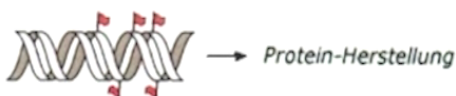
... was dann dazu führt, dass die Gen-Aktivität abgeschaltet wird.



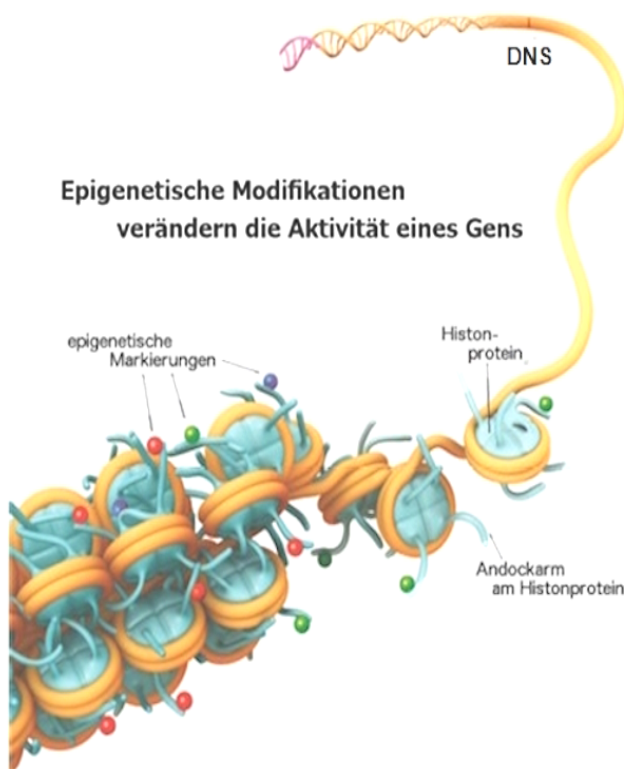
Kleine Moleküle können an DNS-Basen, den Buchstaben der Erbinformation, angehängt werden ...



... was dann dazu führt, dass die Gen-Aktivität angeschaltet wird.



### Epigenetische Modifikationen verändern die Aktivität eines Gens



## [7] Der Stoffwechsel (1)

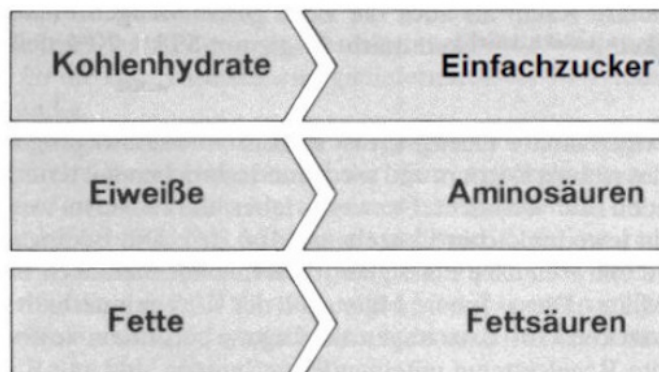
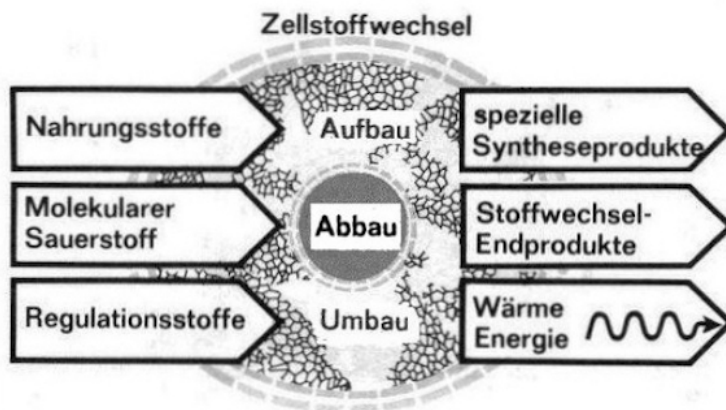
Im Zellplasma läuft der biochemische Stoffwechsel ab. Beim so genannten Baustoffwechsel werden Moleküle zerlegt und aus ihren Bestandteilen wieder neue aufgebaut. Im Grunde sind nur wenige Stoffklassen für den Aufbau der belebten Natur wichtig: Wasser ( $H_2O$ ), Salze bzw. Ionen, Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße (Proteine), Ribonukleinsäuren (RNS), Desoxyribonukleinsäuren (DNS).

Zerlegt man diese Moleküle weiter, erhält man ebenfalls nur wenige typische Bestandteile wie die Aminosäuren der Eiweiße oder die Fettsäuren der Fette oder den Traubenzucker (Glukose) der Kohlenhydrate.

Geht man noch einen Schritt weiter, so bleiben nur mehr sechs hauptbeteiligte Elemente übrig: Sauerstoff (O), Wasserstoff (H), Stickstoff (N), Kohlenstoff (C), Schwefel (S) und Phosphor (P).

Jeder Stoffwechsel braucht Stoffe. Nahrungsstoffe werden durch den Mund aufgenommen. Dort beginnt bereits die Verdauung, die dann im Magen und Darm fortgesetzt wird. Dabei werden elementare Stoffzerlegungen durchgeführt:

- Kohlenhydrate werden in Zucker aufgespalten.
- Eiweiße werden in Aminosäuren aufgespalten.
- Fette werden in Fettsäuren und Glycerin aufgespalten.

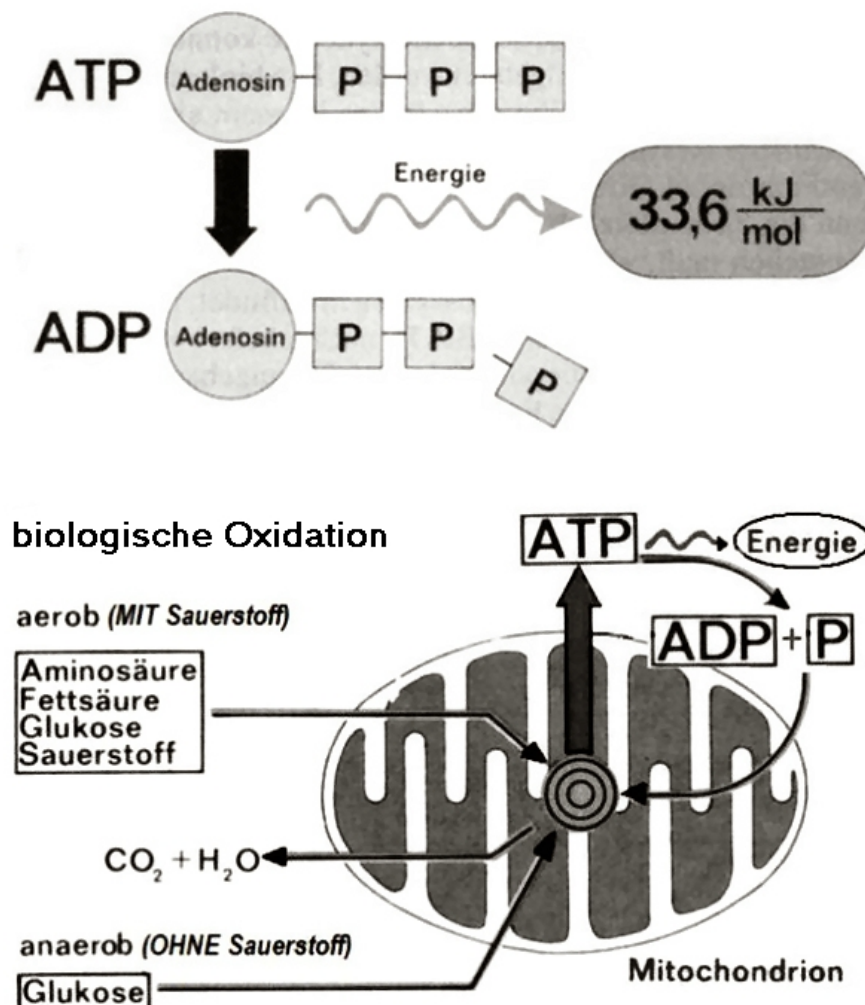


## [7] Der Stoffwechsel (2)

Damit der Baustoffwechsel reibungslos funktioniert, muss ihm Energie zugeführt werden. Diese Energie liefert der Energiestoffwechsel (Betriebsstoffwechsel) der Zelle. Die Aufnahme von Betriebsstoffen (vor allem von Zucker aus dem Blut) erfolgt durch die Zellmembran. Ihre Verbrennung mithilfe von Sauerstoff in den Mitochondrien des Zellplasmas wird als **biologische Oxidation** bezeichnet und liefert erstens weiter verwertbare chemische Bestandteile und zweitens die frei werdende Energie. Diese wird zur Synthese von Adenosintriphosphat (ATP) aus Adenosindiphosphat (ADP) und Phosphorsäure ( $H_3PO_4$ ) verwendet. Die ATP-Moleküle sind dann die Energiespeicher und Energielieferanten für alle im Körper ablaufenden chemischen Reaktionen.

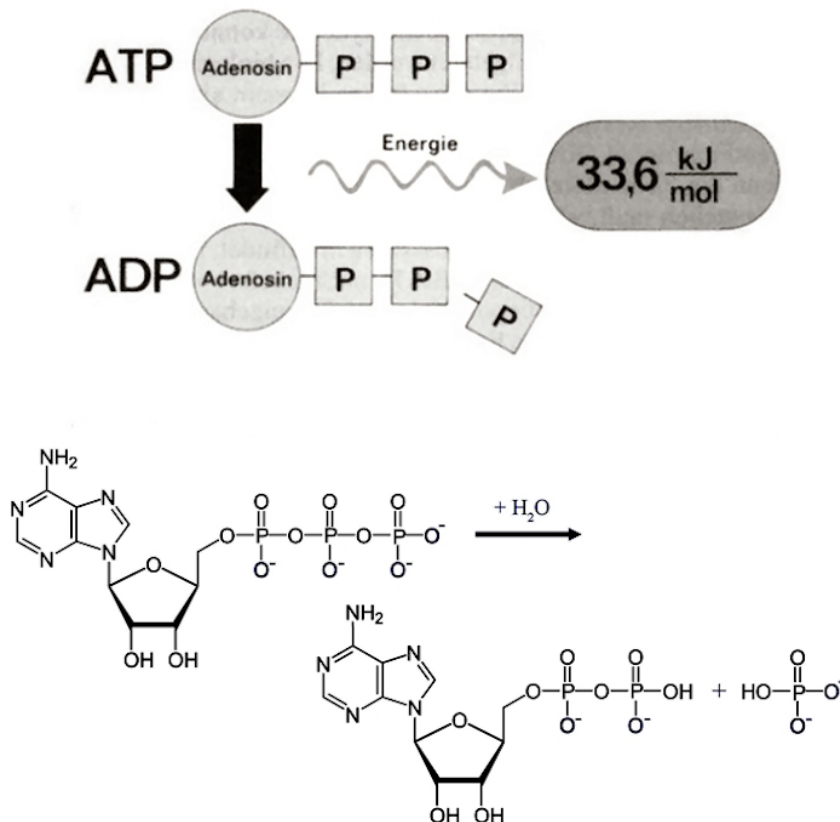
Die **biologische Oxidation** besteht aus einer mehrstufigen Kette von vielen Einzelreaktionen, wo verschiedene Enzyme als Regulationsstoffe wirken. Die wichtigsten Abläufe sind die Glykolyse, der Citratzyklus und die Atmungskette.

Der chemische Abbau von Traubenzucker (Glukose) wird Glykolyse genannt. Sie kann mithilfe von Sauerstoff (aerobe Oxidation) bis zur Brenztraubensäure (Pyruvat) ablaufen oder auch ohne Sauerstoff (anaerobe Gärung) bis zur Milchsäure (Laktat).



### [13] Der Stoffwechsel (3)

Das ATP-Molekül als Zwischenspeicher biochemisch freigesetzter Energie kommt in vielfältiger Weise zum Einsatz. Durch hydrolytische Spaltung (d.h. mit  $\text{H}_2\text{O}$ ) von Adenosin triphosphat (ATP) in Adenosin diphosphat (ADP) und Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) wird die gespeicherte Energie wieder abgegeben und dann für unterschiedliche Aufgaben verwendet: Für den aktiven Stofftransport durch die Zellmembran (Ionenpumpe), für die Synthese von Eiweißmolekülen aus Aminosäuren und auch für die Bildung verschiedener Aufbaustoffe.



Alle diese biochemischen Reaktionen laufen unter Mitwirkung von spezifischen Katalysatoren ab. Diese Biokatalysatoren nennt man auch Enzyme, von denen bisher über 2000 bekannt sind. Beim Elektronentransport im Stoffwechsel spielen zwei Coenzyme eine wichtige Rolle: das NADH (Coenzym 1, NicotinamidAdenin-Dinucleotid) und das Q10 (Coenzym 10, Ubichinon). Sie wirken auch als starke Antioxidantien, d.h. sie verhindern Oxidationen, die wichtige Moleküle beschädigen können.

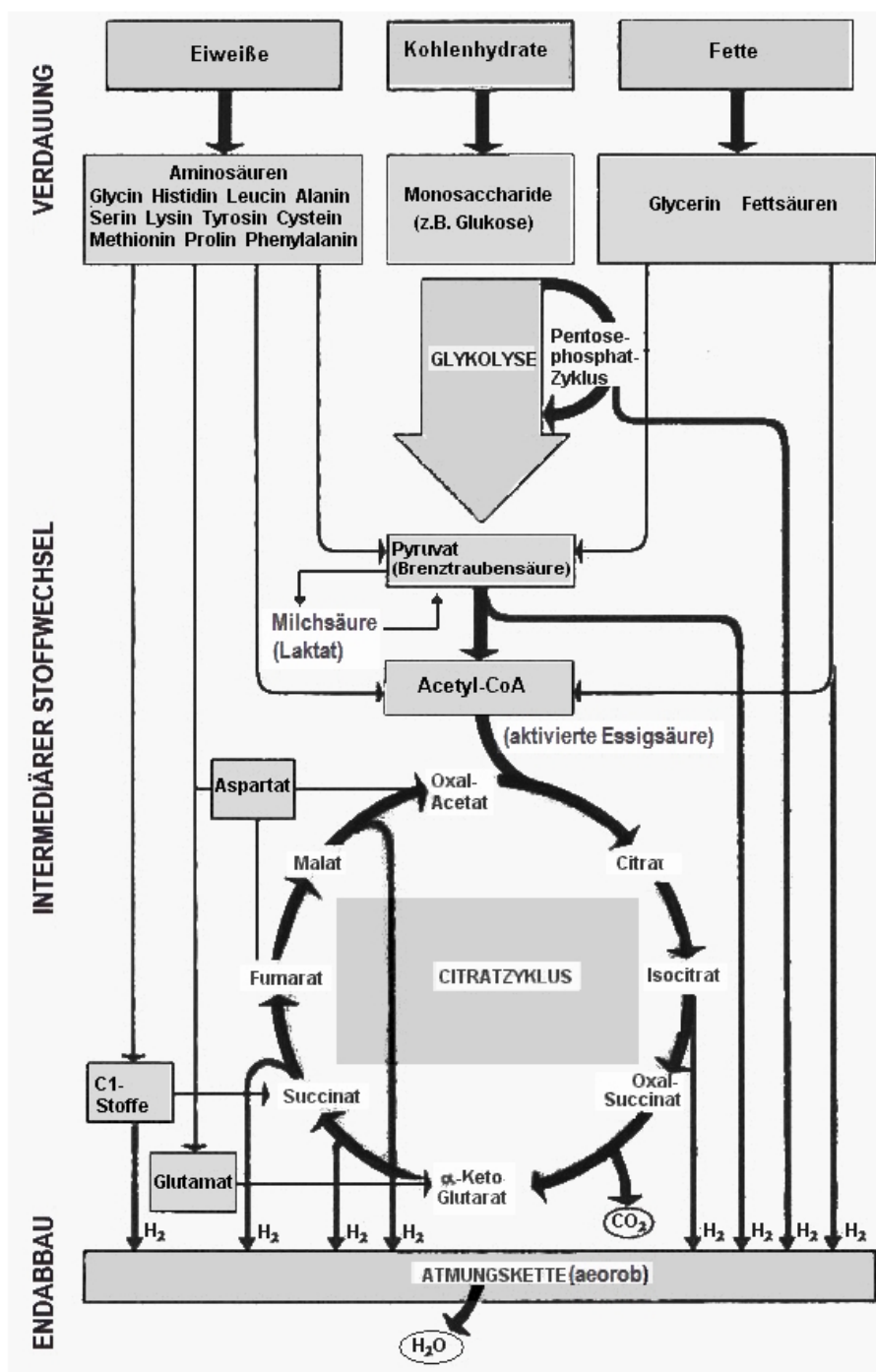
Dem menschlichen Organismus liegt der komplexe Mikrokosmos seiner Zellen zu Grunde. Zellen sind offene Systeme, in denen ständig Materie umgeformt, Energie freigesetzt und gebunden wird. Dabei ist die Erhaltung stationärer Gleichgewichte der Stoffkonzentrationen lebensnotwendig, beispielsweise das Säure-Base-Gleichgewicht oder der Zuckergehalt im Blut. Die dort ständig auftretenden Störungen dieser Gleichgewichtszustände durch äußere Einflüsse werden durch komplizierte Regulationsmechanismen ausgeglichen. Leben besteht daher in einer dauernden Erhaltung von Fließgleichgewichten.

**[7] Der Stoffwechsel (4)**

Die **Glykolyse** und auch der Abbau von Fettsäuren und von Aminosäuren münden in den **Citratzyklus** (Zitronensäurezyklus), wo die stufenweise Umformung und Zerlegung von kohlenstoffhaltigen Säuren unter Abspaltung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) erfolgt.

Ein zentrales Zwischenprodukt im zellulären Stoffwechsel ist die aktivierte Essigsäure (AcetylCoenzymA), welche einerseits als Ausgangspunkt für verschiedene Molekülsynthesen dient (Fettsäuren, Transmitterstoffe, Steroidhormone, Gallensäuren, usw.).

Andererseits wird die aktivierte Essigsäure in der anschließenden **Atmungskette** mithilfe von Sauerstoff unter Abgabe von Energie in die Endprodukte Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser(H<sub>2</sub>O) zerlegt, die dann ausgeschieden werden. Die Eiweißzerlegung (Abbau der Aminosäuren) führt zu dem Endprodukt Harnstoff. Der Nukleinsäureabbau liefert noch zusätzlich Harnsäure.



## [8] Der Kreislauf der Energie

Der zelluläre Stoffwechsel eines einzelnen Organismus ist eingebettet in den globalen Stoffwechsel der Natur, der als Kreisprozess aufgefasst werden kann:

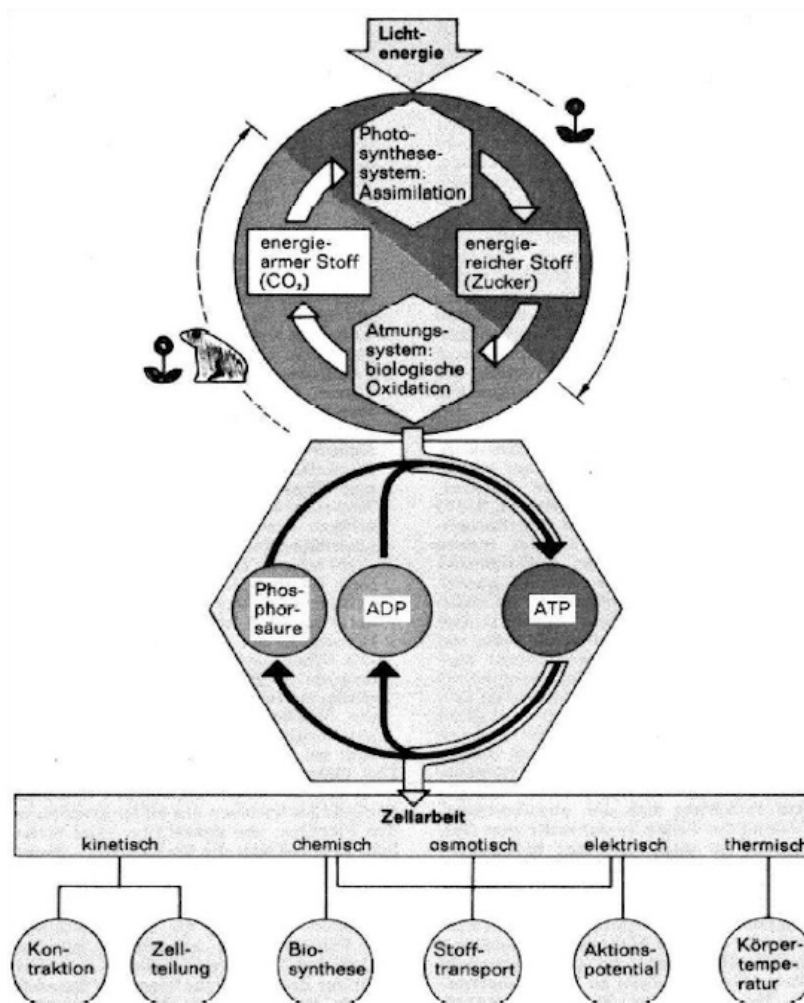
Durch die unter Lichtenergie in den Pflanzen ablaufende Photosynthese wird Zucker ( $C_6H_{12}O_6$ ) aus Wasser ( $H_2O$ ) und Kohlendioxid ( $CO_2$ ) gewonnen, wo auch Sauerstoff ( $O_2$ ) freigesetzt wird. Zur Lichtabsorption ist dabei der grüne Blattfarbstoff (Chlorophyll) unentbehrlich. Die Photosynthese besteht aus einer Abfolge von komplizierten chemischen Reaktionen, welche unter Mitwirkung mehrerer Katalysatoren abläuft.

**Photosynthese:**  $6CO_2 + 6H_2O + \text{Energie} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Mit der Nahrungsaufnahme gelangt der Zucker in den tierischen Organismus. Mit dem Atemsystem erfolgt die Übertragung des Sauerstoffs aus der Luft in das Blut. Durch die biologische Oxidation wird der Zucker mit Hilfe von Sauerstoff in den Zellen der Tiere verbrannt. Die freiwerdende Energie wird im ATP-Molekül gespeichert und für die verschiedenen Formen der Zellarbeit verwendet (Nervenerregung, Muskelkontraktion, Stoffsynthese, Transport, Zellteilung, usw.).

**Biologische Oxidation:**  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + \text{Energie}$

Als Endprodukte des zellulären Stoffwechsels werden Wasser und Kohlendioxid und einfache Stickstoffverbindungen in die Natur ausgeschieden. Dann kann der globale Kreislauf der Energie von neuem mit der Photosynthese beginnen.



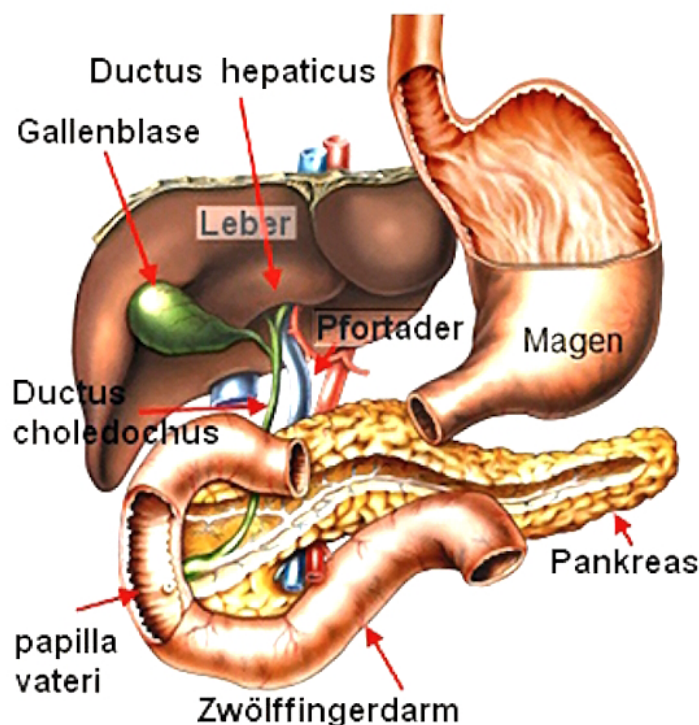
## [9] Die Leber (1)

Mit rund 1,5 Kilogramm Organgewicht ist die zweilappige Leber das schwerste Körperorgan nach der menschlichen Haut. Sie ist das wichtigste Chemie-Labor des Körpers, wo der zentrale Stoffwechsel abläuft. Sie erfüllt ca. 500 chemische Funktionen.

Die Leber liegt im Oberbauch unter dem Zwerchfell. Sie verfügt neben dem normalen Gefäßnetz aus Arterien und Venen zusätzlich über das so genannte Pfortader-System. Durch dieses System gelangt das nährstoffreiche Blut aus den Verdauungsorganen über die Pfortader ins Lebergewebe, wo der Stoffwechsel stattfindet. Die Endprodukte werden über die Lebervene zurück in den Körperkreislauf transportiert.

Ausgangspunkt für jeden Stoffwechsel ist die Nahrungsaufnahme und die nachfolgende Verdauung. Die Grundnahrungsmittel jeder Ernährung sind: Kohlenhydrate (Saccharide) - Eiweise (Proteine) - Fette (Lipide).

Bei Verdauung in Mund, Magen und Dünndarm werden die Grundnahrungsmittel durch chemische Bio-Katalysatoren (Enzyme) in die Basisstoffe Zucker, Aminosäuren und Fettsäuren zerlegt. Beispielsweise werden die Fettmoleküle durch das Enzym Lipase, welches in der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) produziert wird, in Fettsäuren und Glycerin aufgespalten.

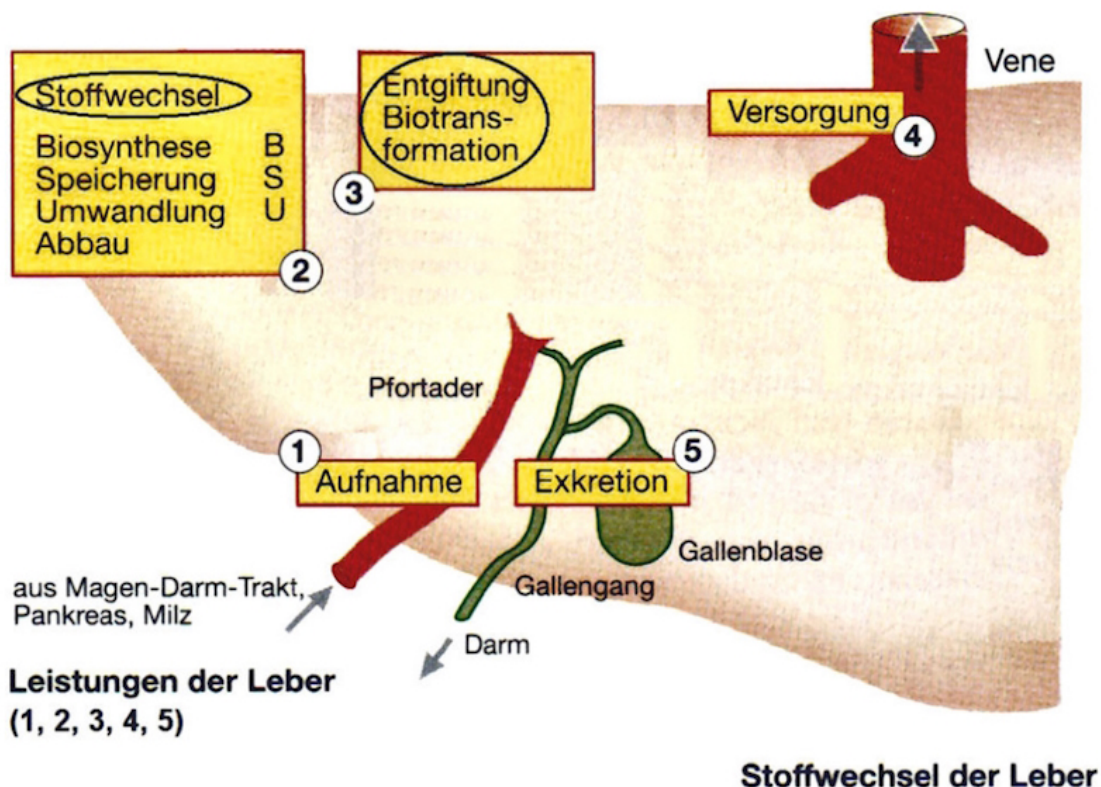


## [9] Die Leber (2)

Die Zerlegungsprodukte der Verdauung gelangen durch die Wand des Dünndarms in das Blut, welches die Stoffe zu den Zellen des Körpers transportiert. In den Zellen erfolgt dann die weitere Verarbeitung der Stoffe (Abbau, Umbau und Aufbau). In den Muskelzellen wird der Traubenzucker (Glukose  $C_6H_{12}O_6$ ) mithilfe des eingeatmeten und über das Blut angelieferten Sauerstoffs ( $O_2$ ) verbrannt. Dabei entstehen Wasser ( $H_2O$ ), Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und Energie. Wasser wird über die Niere und das Harnsystem ausgeschieden. Kohlendioxid wird über das Blut in die Lunge transportiert und dort ausgeatmet. Die bei dieser Zuckerverbrennung frei werdende Energie wird beispielsweise zur Kontraktion der Muskelfasern verwendet.

Die Leber hat mehrere Funktionen: Sie produziert die Gallenflüssigkeit mit ihren Gallensäuren für die Fettverdauung. Die Galle wird in der Gallenblase zwischengespeichert. Auch Cholesterin und Gallenfarbstoffe, welche als Endprodukte des Hämoglobin-Stoffwechsels (roter Blutfarbstoff) zu betrachten sind, werden in der Leber gebildet. Letztere sind für die braune Farbe des Stuhls verantwortlich.

Im Stoffwechsel der Leberzellen spielen die Leberenzyme eine wichtige Rolle, z.B. gamma-GT, GOT und GPT beim Proteinabbau. Ihre quantitative Messung im Labor liefert dann Erkenntnisse über Erkrankungen der Leber.



**[9] Die Leber (3)**

Im Kohlenhydratstoffwechsel ist die Leber Abbau-, Aufbau- und Speicherorgan. Der Glukosegehalt im Blut wird durch verschiedene Hormone genau reguliert. Diese Hormone greifen zumeist an der Leber an, die als ausführendes Organ bei Kohlenhydratüberschuss Glykogen aufbaut und damit einen Speicher anlegt, aus dem bei akutem Glukosemangel wieder Glukose ins Blut abgegeben wird. Es resultiert so ein ständiger Umbau zwischen Glykogen und freier Glukose. Die Synthese von Glukose (Glukoneogenese), vor allem aus den Abbauprodukten der Proteine, erfolgt in der Leber (Querverbindung zum Proteinstoffwechsel). Auch können Fettsäuren aus den Abbauprodukten des Glykogens synthetisiert werden. (Querverbindung zum Fettstoffwechsel).

Im Proteinstoffwechsel werden die mit dem Pfortader-Blut zur Leber gelangenden Aminosäuren dort umgesetzt. Zum Teil dienen sie zum Aufbau der Plasmaproteine (Albumin, einige Globuline, sowie die Gerinnungsfaktoren).

Der andere Teil der Aminosäuren wird abgebaut, der Stickstoff wird in Harnstoff übergeführt und als solcher zur Niere transportiert. Die Aminosäuren dienen auch zur Synthese von Glukose (Querverbindung zum Kohlenhydratstoffwechsel).

In den Leberzellen (Hepatozyten) vollziehen sich viele Umwandlungsreaktionen, welche körpereigene und körperfremde Stoffe betreffen und häufig eine so genannte Entgiftungsreaktion zur Folge haben und zu einer beschleunigten Ausscheidung von Giftstoffen führt.

<p>B Biosynthese E Exkretion S Speicherung U Umwandlung und Abbau</p>	<p><b>Lipid-Stoffwechsel</b></p> <p>Fettsäuren BU Fette BU Ketonkörper B Cholesterol BEU Gallensäuren BE Vitamine SU</p>
<p><b>Kohlenhydrat-Stoffwechsel</b></p> <p>Glucose BSU Galactose U Fructose U Mannose U Pentosen BU Lactat U Glycerol BU Glycogen BSU</p>	<p><b>Aminosäure-Stoffwechsel</b></p> <p>Aminosäuren BU Harnstoff B</p>
<p><b>Biotransformation</b></p> <p>Steroidhormone EU Gallenfarbstoffe EU Ethanol U Pharmaka EU</p>	<p><b>Plasma-proteine</b></p> <p>Lipoproteine BU Albumin BU Gerinnungs-faktoren BU Hormone BU Enzyme BU</p>

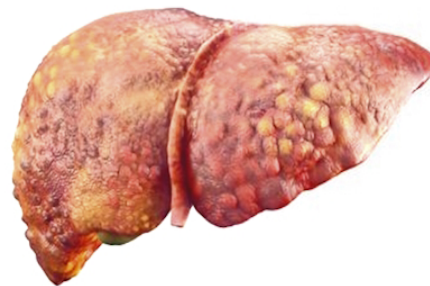
## [9] Erkrankungen der Leber

- **Virale Leberentzündungen.**  
Diese werden durch Infektion mit den Hepatitisviren A, B, C, D, E ausgelöst.
- **Nicht-alkoholische Fettleber.**  
Dabei wird Fettgewebe in der Leber eingelagert. Häufigste Ursachen sind Bewegungsmangel, Übergewicht und falsche Ernährung. Ein Problem ist der ansteigende Einsatz von Fructose (Fruktose) als Süßungsmittel in vielen Lebensmitteln (z.B. in Softdrinks). Fructose wird von den Leberenzymen in Blutfette (Triglyzeride) umgewandelt und diese Fettstoffe lagern sich dann in die Leber ein.
- **Alkoholische Fettleber.**  
Chronischer, übermäßiger Alkoholkonsum führt ebenfalls zu einer Fettleber. Dabei ist u.a. das Leberenzym »Gamma-GT« deutlich erhöht, was im Labor einfach nachgewiesen werden kann.
- **Leberschrumpfung (Zirrhose).**  
Im Anfangsstadium ist die Bildung einer Fettleber durch eine Änderung des Lebensstils (Selbsteilung) noch umkehrbar. Bereits eine Gewichtsreduktion um 5% zeigt positive Auswirkungen. Eine jahrelange und stark ausgeprägte Fettleber kann im schlimmsten Fall zu einer irreversiblen Leberschrumpfung, führen, die zumeist tödlich endet.

### Leberzirrhose



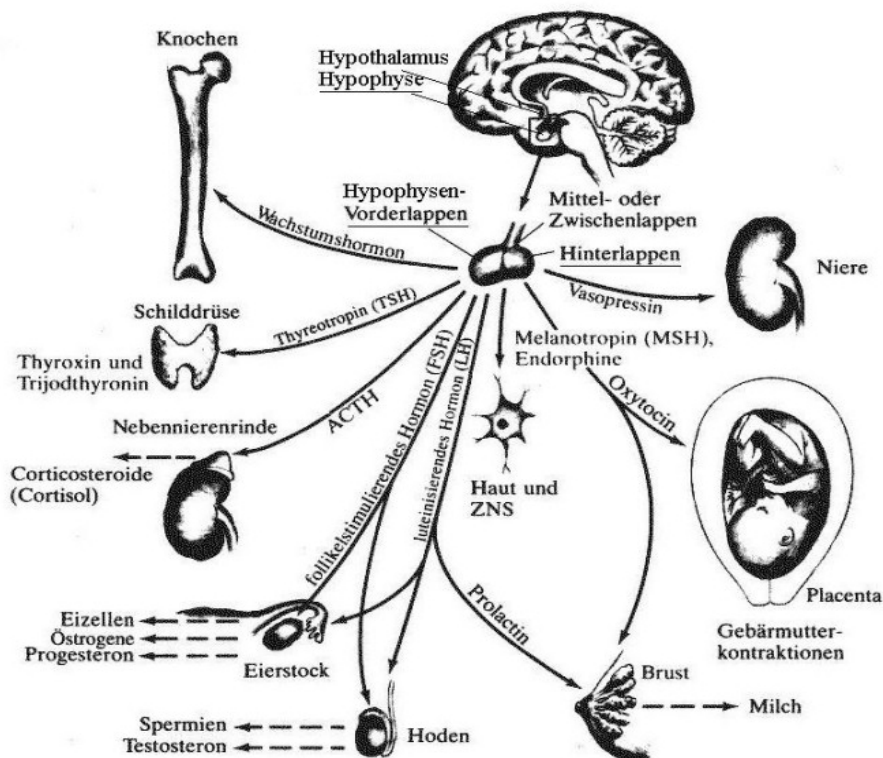
normale Leber



Leberzirrhose

## [10] Das Hormonsystem

Hormone sind chemische Botenstoffe, die in Senderzellen erzeugt werden und dann über den Blutweg auf Empfängerzellen einwirken. Die Steuerung erfolgt nach dem Regelkreisprinzip (Feedback): Das Hormon regt die Empfängerzelle zur Produktion eines bestimmten Wirkstoffes an. Dieser gelangt über das Blut zurück zur Senderzelle und hemmt dort die weitere Erzeugung des Hormons. Das führt wiederum dazu, dass dann die Empfängerzelle weniger Wirkstoff produziert (negatives Feedback). Die Hirnanhangdrüse (Hypophyse) im Zwischenhirn ist die oberste Hormondrüse, der alle anderen Hormondrüsen untergeordnet sind. Die Hypophyse ihrerseits wird vom Hypothalamus kontrolliert: Hypothalamus - Hypophyse - effektorische Hormondrüsen.



Übersicht über das Hormonsystem

Beispiel: Das AdrenoCorticoTropin (ACTH) der Hypophyse wirkt auf die Nebennierenrinde. Die Nebennierenrinde produziert das CORTISOL, das in der Leber die Umwandlung von Eiweiß in Zucker fördert und außerdem entzündungshemmend wirkt.

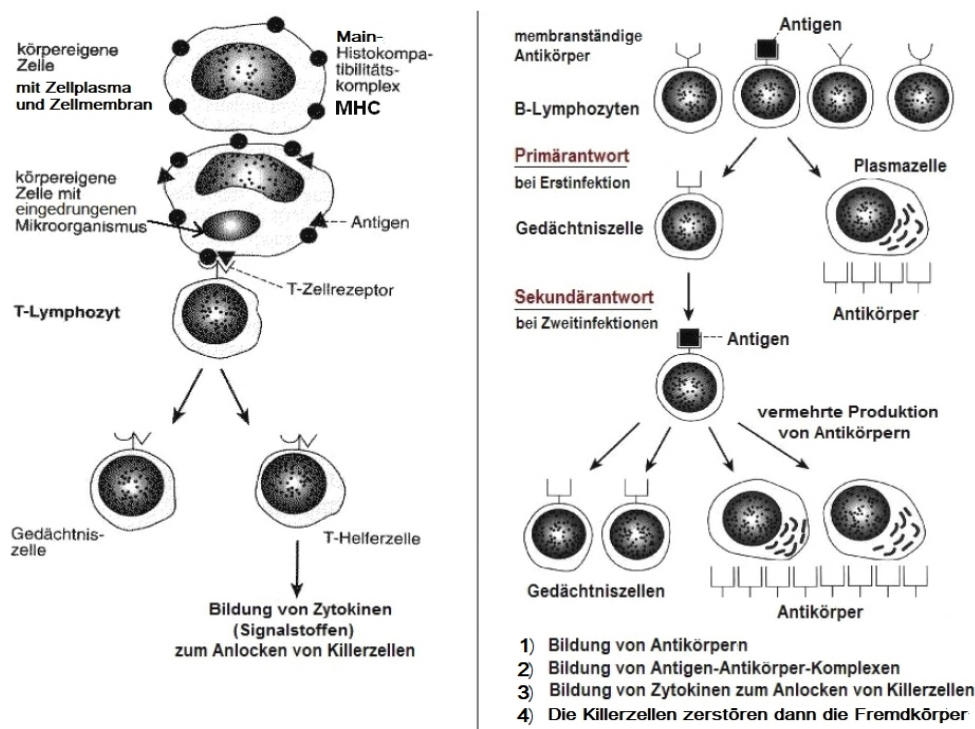
Für die hormonelle Steuerung der Schilddrüsenfunktionen gilt: Der Hypothalamus steuert mit Releasing-Faktoren und Release-Inhibiting-Faktoren die Hormonproduktion der Hypophyse. Das Hypophysenhormon Thyreotropin (TSH) veranlasst die Schilddrüse das Hormon Thyroxin zu produzieren, welches stoffwechselsteigernd und wachstumsfördernd wirkt. Das Thyroxin wirkt zurück auf den Hypothalamus und bremst dort die TSH-Ausschüttung, wodurch die Thyroxin-Produktion reduziert wird.

Für die hormonelle Steuerung der Sexualfunktionen gilt: Hypothalamus und Hypophyse regeln die Samenzellenreifung (Spermatogenese) in den Hoden des Mannes und auch die Eizellenreifung (Oogenese) in den Eierstöcken der Frau. Das so genannte follikelstimulierende Hormon (FSH) des Hypophysenvorderlappens fördert direkt die Bildung und Reifung der Keimzellen. Es ist, so wie auch die anderen hypophysären Hormone, bei beiden Geschlechtern gleich. Ein weiteres auf die Keimdrüsen wirkendes Hormon des Hypophysenvorderlappens ist das luteinisierende Hormon (LH). LH und FSH werden als Gonadotropine bezeichnet, weil sie auf die Geschlechtsdrüsen (Gonaden) wirken. Das Gonadotropin-Releasing-Hormon des übergeordneten Hypothalamus steigert die Produktion und die Freisetzung der Gonadotropine in der Hypophyse.

## [11] Das Immunsystem (1)

Ohne ein funktionsfähiges Abwehrsystem sind wir nicht lebensfähig. Wir würden der Vielzahl von Parasiten und Krankheitserregern, die in den Organismus eindringen und sich dort vermehren, erliegen. Das Immunsystem ist ein sehr flexibles System und besteht aus verschiedenen spezialisierten Zellen, die untereinander mithilfe von Botenstoffen Informationen austauschen.

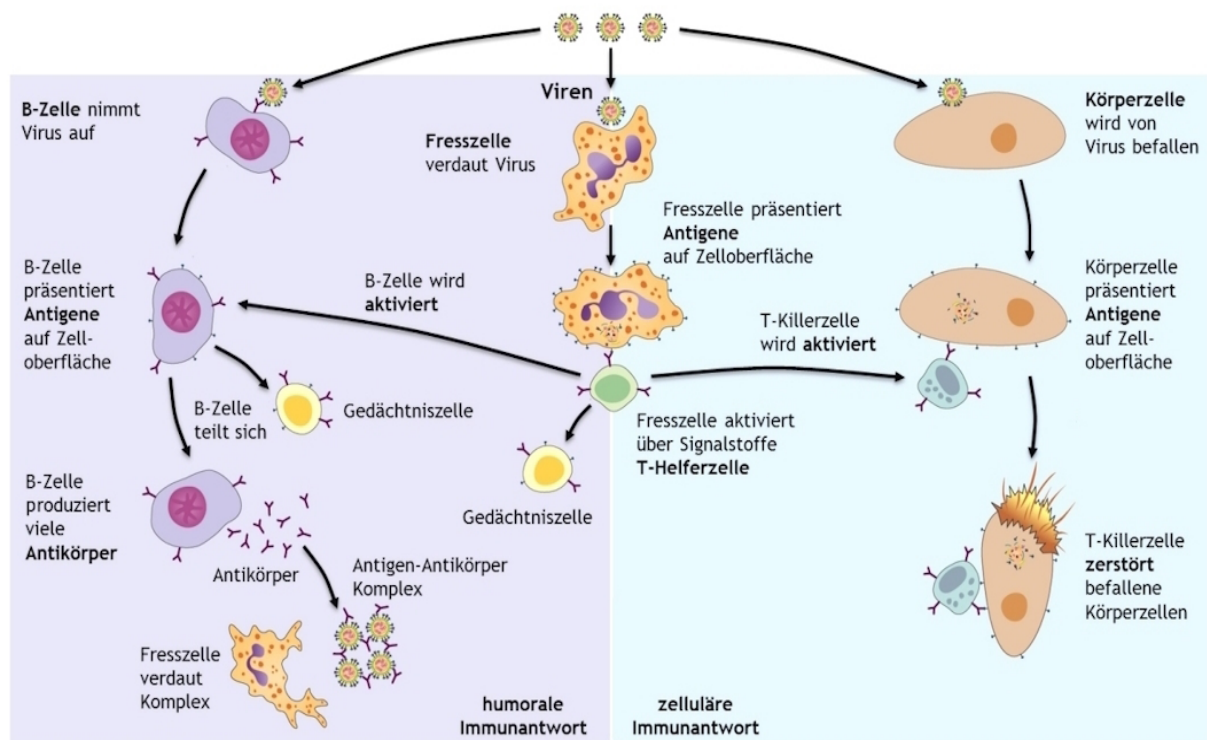
Die Immunzellen sind eigentlich weiße Blutkörperchen (Leukozyten). Sie werden im Knochenmark gebildet und durchlaufen anschließend verschiedene Reifungs- und Prägungs-Stationen. Fresszellen und Lymphozyten bewegen sich in den Blut- und Lymphbahnen durch den Körper. Sie befinden sich in hoher Konzentration in den Lymphknoten, den Mandeln, der Thymusdrüse, der Milz, in dem lymphatischen Gewebe des Darms, so wie in der Haut und in den Schleimhäuten.



Die Immunzellen haben die Fähigkeit zwischen körpereigenen und fremden Zellen zu unterscheiden. So können sie auf ihrer Reise durch den Körper fremde Organismen aufspüren und vernichten. Die Unterscheidung zwischen selbst und fremd wird durch charakteristische Molekülstrukturen auf der Zelloberfläche ermöglicht. Alle gesunden Körperzellen eines Menschen tragen auf ihrer Oberfläche dieselbe, charakteristische Markierung. Dieser Gewebeverträglichkeitskomplex (MHC) ist nur bei den eineiigen Zwillingen identisch und bei nahen Verwandten ähnlich. Der MHC umfasst mehrere Klassen von Proteinen, die von bestimmten Genen im Zellkern erzeugt werden. Alle Körperzellen müssen dem Immunsystem ständig dieses molekulare Passbild zeigen, um als selbst erkannt und nicht angegriffen zu werden.

Alles, was diese körpereigene Markierung nicht aufweist, wird von den Immunzellen als fremd (als Antigen) erkannt. Antigene sind typische Moleküle auf der Oberfläche von Fremdkörpern. Mittels B-Lymphozyten werden spezifische Proteine (Antikörper) erzeugt, mit deren Hilfe die Fremdkörper vernichtet werden. Auf Grund der andersartigen Passform der Zelloberfläche können nicht nur die Eindringlinge aufgespürt und vernichtet werden, sondern auch infizierte, abgestorbene und falsch reproduzierte Körperzellen (z.B. die Krebszellen).

## [11] Das Immunsystem (2)



Bei der humoralen (flüssigen) Immunantwort liefern B-Zellen spezifische Antikörper, die ins Blut abgegeben werden.

Die zelluläre Immunantwort wird von T-Zellen ausgelöst.

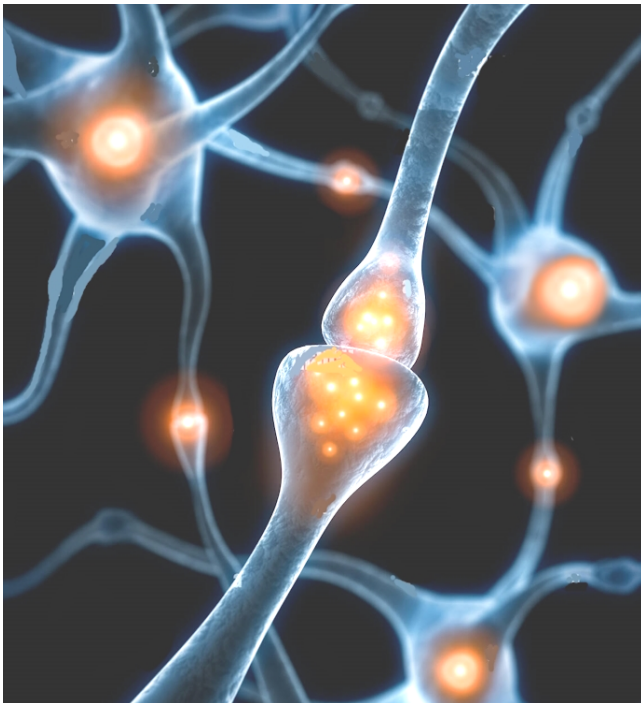
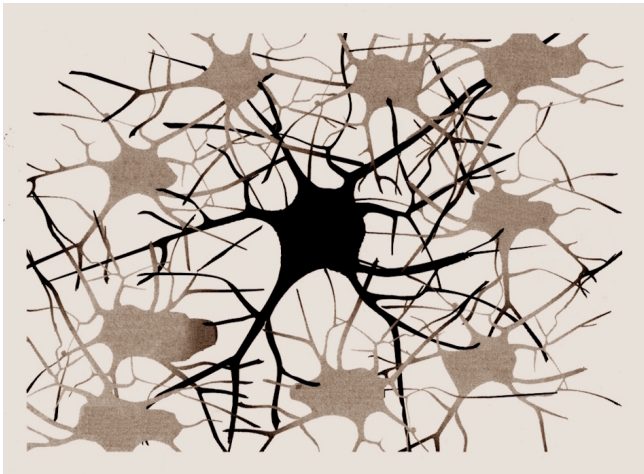
Damit das Immunsystem effektiv funktioniert, muss eine große Zahl von verschiedenen Molekülen, Signalstoffen und Zellen in einer abgestimmten Art und Weise zusammenwirken. Um den Organismus zu schützen, haben sich spezialisierte Abwehrzellen herausgebildet, die als Team kooperieren. Es gibt zwei Grundformen der Abwehrtätigkeit: Erstens eine angeborene, unspezifische Abwehr, die von Fresszellen (Phagozyten) ausgeführt wird, und zweitens eine erworbene, spezifische Abwehr, die mithilfe von T-Zellen, B-Zellen und Killerzellen ausgeführt wird.

Was geschieht, wenn ein Krankheitserreger (Antigen) über Verletzungen oder über die Atemwege in den Organismus eindringt? In der Regel werden Krankheitserreger zuerst von patrouillierenden Fresszellen gefunden und angegriffen. Sind ihnen die Erreger unbekannt, so präsentieren sie diese den T-Helferzellen, die dann ihrerseits andere Immunzellen stimulieren, vor allem die B-Lymphozyten. Diese produzieren Gedächtniszellen und Plasmazellen, welche dann passende Antikörper erzeugen. In dieser Zeit können die Erreger ungehindert in die Körperzellen eindringen und Schaden anrichten. Sind ausreichend viele Antikörper erzeugt, dann heften sie sich an die Erreger und informieren mit Hilfe von Signalstoffen (Zytokinen) die Killerzellen, welche dann die chemische Zerstörung der Fremdkörper bewirken. Antikörper sind Y-förmige Proteine, die auch Immunglobuline (IG) heißen.

Wird der Organismus später wieder mit dem Erreger konfrontiert, dann ist er den Abwehrzellen schon bekannt und wird gezielt und schnell beseitigt. Der Körper ist auf diese Weise immun geworden.

Impfungen trainieren das Immunsystem für die Auseinandersetzung mit gefährlichen Krankheitserregern. Dabei wird das Abwehrsystem mit dem Erreger in einer abgeschwächten Form konfrontiert, lernt ihn kennen, entwickelt spezifische Antikörper und wird gegen ihn immun. Diese erworbene aktive Immunität kann mitunter jahrelang erhalten bleiben.

## [12] Die Selbstheilung



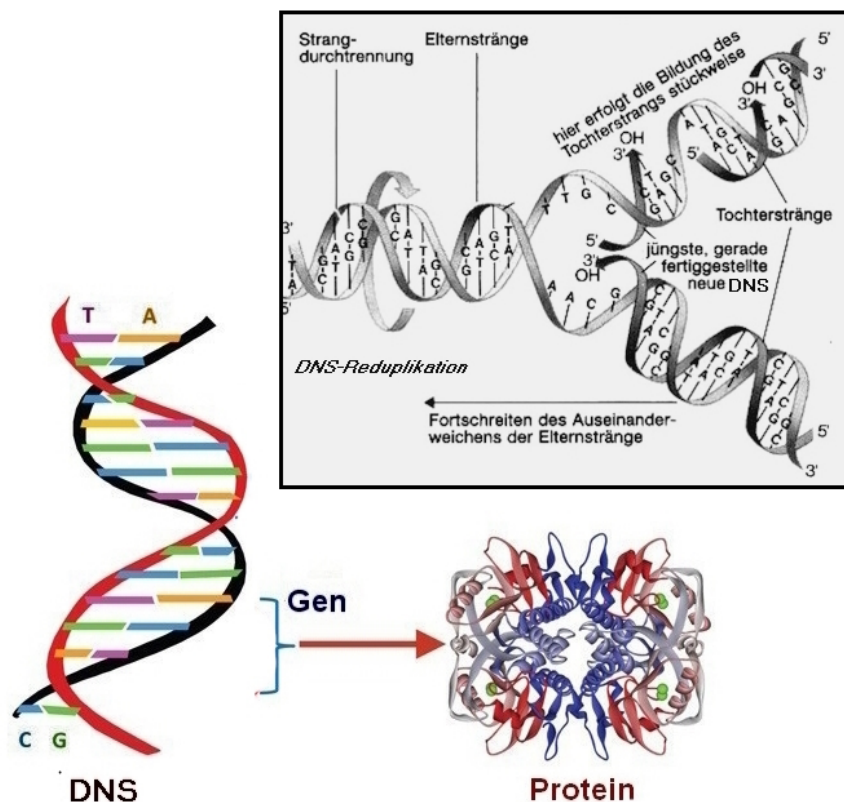
Auch wenn das Selbstheilungssystem des Organismus unsichtbar oder nur schwer erkennbar ist, ist seine Existenz offenkundig. Allein aus einer evolutionären Notwendigkeit heraus ist klar, dass der Organismus über verschiedene, mächtige Mechanismen der Selbstheilung verfügen muss, um Schädigungen und Krankheiten zu widerstehen, d.h. um Überleben zu können. Das Selbstheilungssystem umfasst mehrere zusammenspielende Funktionen:

- Es ist ständig aktiv (Wachsamkeit).
- Es kann defekte Strukturen ausfindig machen (Fehlererkennung).
- Es kann fehlerhafte Strukturen entfernen/ersetzen (Reparatur).

Es besitzt zusätzlich Fähigkeiten zur Diagnose und Therapie. Selbstheilung wird auf verschiedenen Ebenen wirksam.

## [12] (1.) Heilung auf der Ebene der Moleküle

Die Erbanlagen (Gene) sind durch die DNS-Moleküle (Desoxyribonukleinsäuren) in den Kernen der Zellen vorgegeben. Zur Weitergabe der genetischen Information redupliziert sich die DNS, so dass zwei identische Tochtermoleküle entstehen. Wird dieser komplizierte chemische Vorgang durch bestimmte Ereignisse gestört, dann werden die Tochtermoleküle falsch zusammengebaut. Die geschädigte DNS kann verheerende Folgen für den Organismus haben. Um genau das zu vermeiden, stehen verschiedene Enzyme (hochspezialisierte Eiweißmoleküle) zur Reparatur der DNS zur Verfügung. Diese Reparaturenzyme erkennen fehlerhafte Abschnitte der DNS, schneiden sie heraus und ersetzen sie durch richtige Strukturen. Damit ist eine fehlerfreie Weitergabe der genetischen Information sichergestellt.

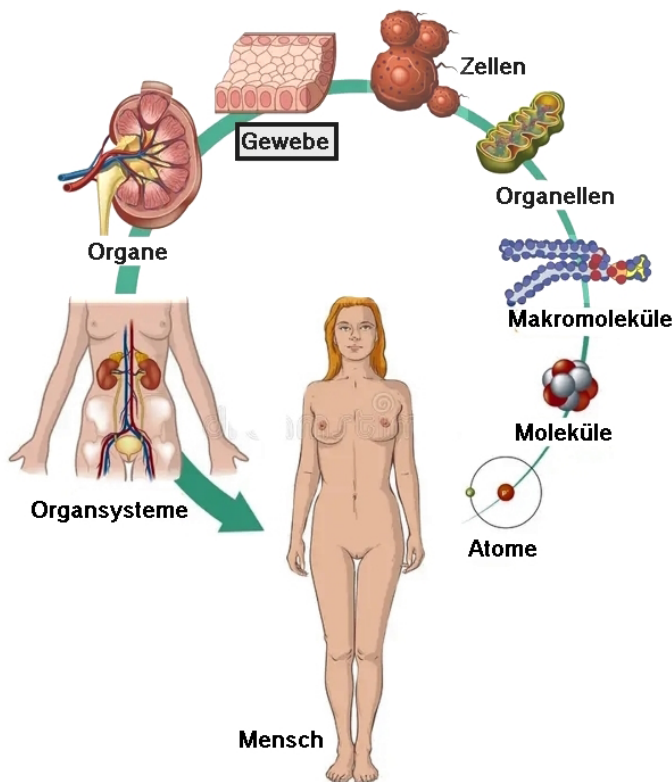


## [12] (2.) Heilung auf der Ebene der Zellen

Die Zellen bestehen aus dem Zellkern und dem Zellplasma und sind allseitig von Plasmahäuten (Membranen) umschlossen. Diese bilden die Grenzflächen zur extrazellulären Umwelt im Gewebe. In den Membranen findet der Transport von Stoffen zwischen der Zelle und ihrer Umgebung statt. Der Transport erfolgt mit Hilfe von Rezeptormolekülen in der Membran, welche aus spezifischen Eiweißstrukturen zur Bindung von Nährstoffen und von bestimmten Hormonen bestehen. Wenn sich die Leistung der Rezeptormoleküle verschlechtert und sie ihre Transportaufgaben nicht mehr erfüllen können, dann werden sie in das Innere der Zelle hineingesaugt und dort in eigenen Zelleinrichtungen (Lysosomen) abgebaut. Zuletzt werden sie durch neu synthetisierte Rezeptormoleküle ersetzt. Auf diese Weise können die Zellen ihre defekten Membranstrukturen reparieren.

### [12] (3.) Heilung auf der Ebene der Gewebe

Zellverbände bilden das Gewebe. Auf der Ebene der Gewebe verläuft die Selbstheilung komplexer, sie erfolgt aber nach den gleichen allgemeinen Prinzipien. Ein bekanntes Beispiel ist der Prozess der Wundheilung. Bei einer Verletzung des Gewebes beginnt das Immunsystem zu arbeiten. Zuerst werden die weißen Blutkörperchen (Leukozyten) zur Wundstelle geschickt, wodurch eine komplexe immunologische Abwehr eingeleitet wird, so dass eindringende Bakterien unschädlich gemacht werden. Dann folgen die Fresszellen (Makrophagen), welche abgestorbenes Gewebe aufnehmen und abbauen. Parallel zu dieser Immunreaktion setzt an den Wundrändern eine Erzeugung von neuen Zellen ein. Diese sogenannte Zellproliferation wird von kleinen spezialisierten Eiweißmolekülen (den Wachstumsfaktoren) reguliert. Ganz entscheidend für die Heilung ist das Gleichgewicht zwischen wachstumsfördernden und wachstumshemmenden Faktoren. Ein ungehemmtes Zellwachstum könnte zur Entartung in ein Krebsgewebe führen. Neben der Wundheilung ist der Heilungsprozess bei Knochenbrüchen ein anderes, gut untersuchtes Beispiel von Selbstheilung auf der Ebene von Geweben.



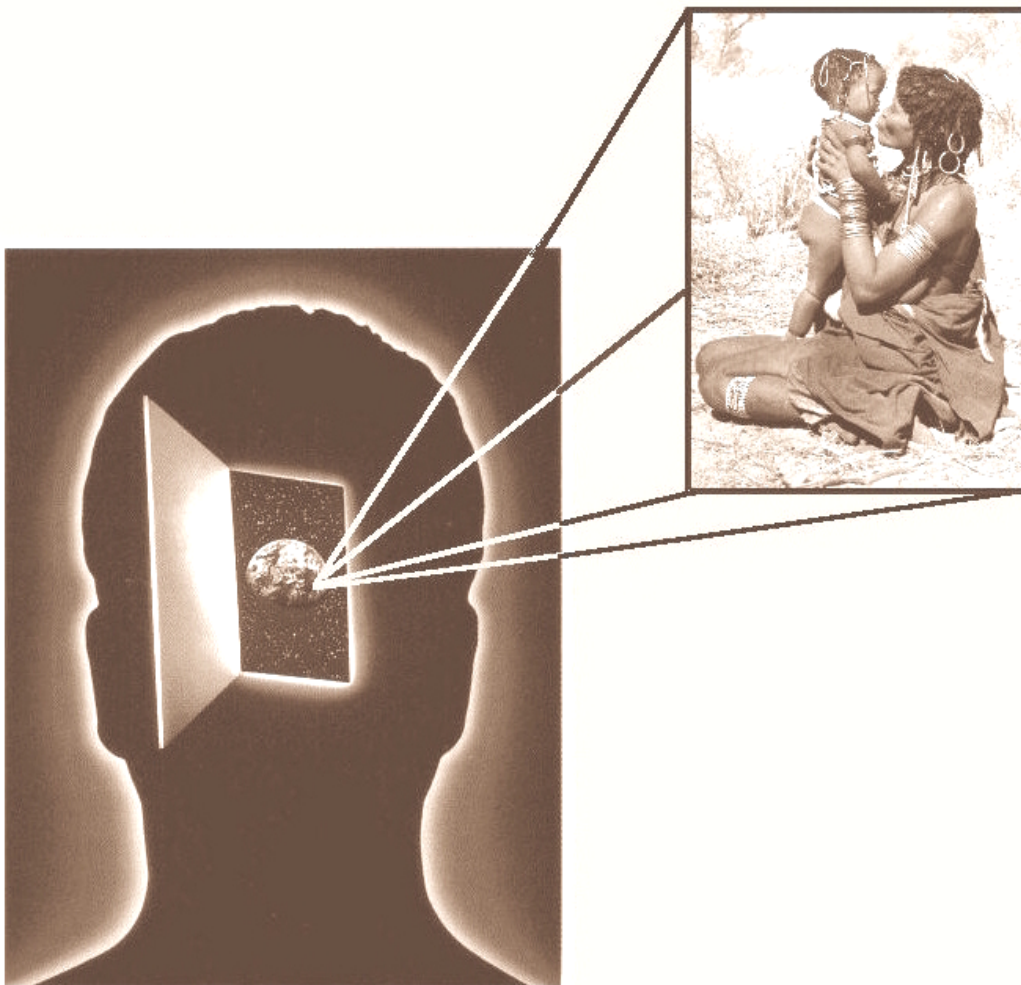
### [12] (4.) Heilung auf der Ebene der Organsysteme

Auf den Ebenen des Kreislauf-, Verdauungs- oder Immun-Systems begegnet man ebenfalls sehr beeindruckende Mechanismen der Selbstheilung. Durch bestimmte Entspannungstechniken können stressbedingte Erkrankungen gelindert werden. Durch eine Umstellung der Ernährung können oft Verdauungsprobleme behoben werden. Durch eine Veränderung des Lebensstils (z.B. mehr Bewegung) können Kreislaufbeschwerden (Bluthochdruck, Herzrhythmusstörungen) abgeschwächt werden.

## [12] (5.) Heilung auf der Ebene der Psyche

Als Beispiel sei »Trauer um einen Verlust« besprochen. Das kann die Trennung von einem Partner oder dessen Tod, aber auch der Verlust des Arbeitsplatzes usw. sein. Trauer ist eine menschliche Emotion, die als abgewandelte Form der Selbstheilung betrachtet werden kann. Sie durchläuft meistens unterschiedliche Phasen. Eine, sehr oft die erste, ist durch Schock und Leugnen gekennzeichnet. (»Furchtbar, das darf doch nicht wahr sein!«). Als ein zeitlich vorübergehender Mechanismus wird dadurch jedenfalls ein Mindestmaß an Weiterfunktionieren im täglichen Leben ermöglicht. Daraufhin folgt dann eine Phase von Wut und Zorn. (»Verdammt, warum muss das ausgerechnet mir passieren!«). Damit kann ein für den Organismus schädlicher Stau von Erregungen abgebaut werden.

Danach folgt oft eine Phase des Wunschdenkens. (»Wenn ich mich doch anders verhalten hätte, dann wäre das nicht passiert!«). Hier wird Schmerzvermeidung versucht, und zwar durch ein Ausweichen und einen in der Phantasie erzeugten Realitätsersatz. Dann folgt häufig eine Phase der Depression. (»Ich kann nicht mehr!«). In dieser Phase wird der Verlust akzeptiert und angenommen, und auch das Wunschdenken abgebrochen. Schließlich kann nach der bewussten Verarbeitung des Verlustes die Trauer beendet und ein neuer Zugang zum Leben eröffnet werden. Wichtig ist, dass Therapeuten den mehrphasigen Prozess der emotionalen Selbstheilung verstehen und ihren Klienten dabei helfen.

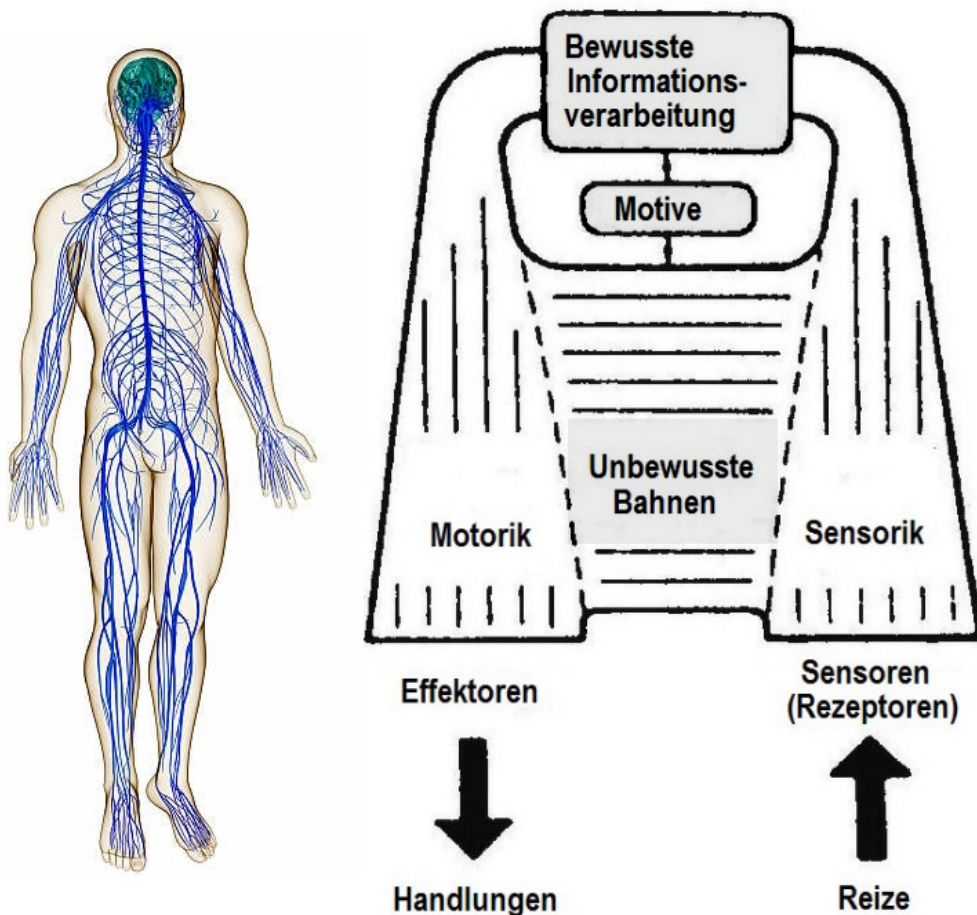


## [13] Das Nervensystem (1)

Das Nervensystem besteht aus somatischem und vegetativem Nervensystem. Das somatische Nervensystem steuert die Kommunikation mit der Umwelt und gliedert sich in zwei Bereiche, dem sensorischen und dem motorischen System. Dazwischen liegen assoziative Nervengeflechte, welche der reinen Informationsverarbeitung dienen. Zusätzlich wird zwischen einer zentralen Informationsverarbeitung (Gehirn und Rückenmark) und einer peripheren Informationsverarbeitung im Körper unterschieden. Im Gehirn, der obersten Instanz des Nervensystems, werden die Psyche und ihr Bewusstsein erzeugt.

Das sensorische System besteht aus den Sinnesorganen (Rezeptoren) und den von der Peripherie zur Zentrale führenden (afferenten) Nerven. Es dient somit zur Aufnahme und zur Verarbeitung von äußeren Reizen.

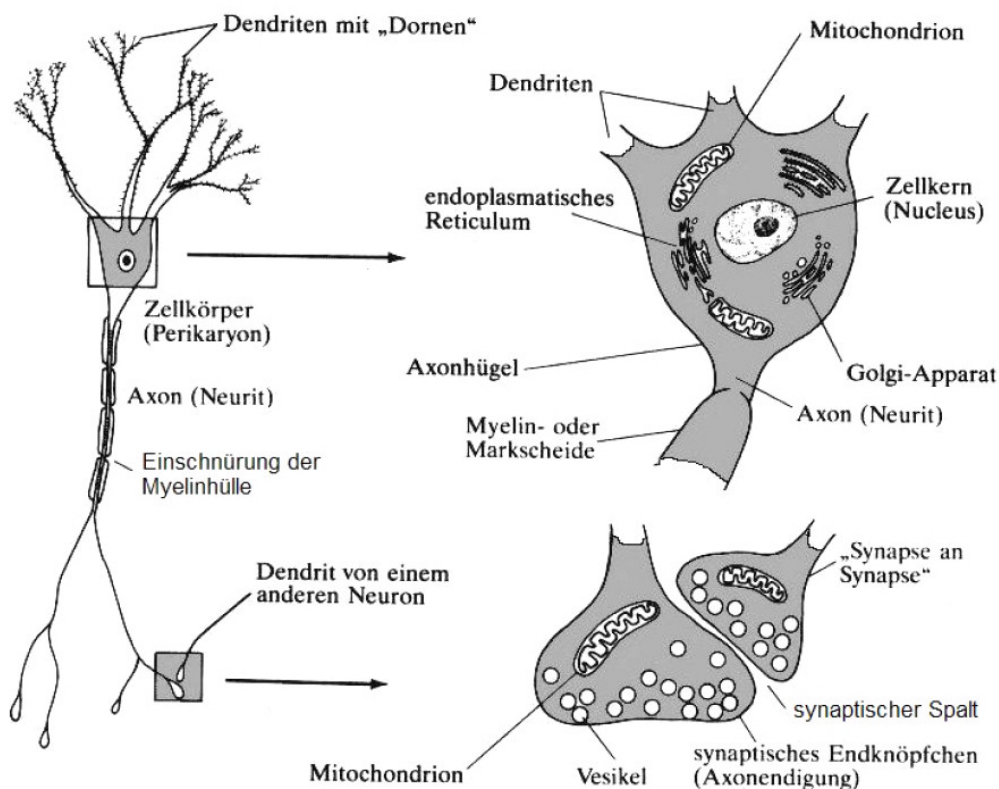
Das motorische System besteht aus, von der Zentrale zur Peripherie führenden (efferenten) Nerven und den Muskeln (Effektoren). Es dient der Steuerung der Bewegungen.



Das vegetative Nervensystem koordiniert autonom die Funktionen der inneren Organe (Verdauung, Atmung, Herzrätigkeit, usw.). Es besteht aus zwei gegensätzlich wirkenden Anteilen, dem Sympathikus (Nerv der Anspannung, fight or flight) und dem Parasympathikus (Nerv der Entspannung, feed or breed).

## [13] Das Nervensystem (2)

Die Bauelemente des Nervensystems sind die Neuronen. Das sind Nervenzellen mit Ausläufern. Ein Neuron enthält die Nervenzelle, viele zuleitende Fortsätze (Dendriten) und nur einen wegleitenden Fortsatz (Neurit, Axon). Die Neuriten sind von einer mit Einschnürungen versehenen Schutzschicht umhüllt. Neuronen können sich mit ihren Ausläufern zu neuronalen Netzen verbinden, welche bestimmte Aufgaben erfüllen. Die Information, die in den Nervenzellen erzeugt und dann über die Neuriten weitergeleitet wird, besteht aus elektrochemischen Erregungsvorgängen. Die Kontaktstellen zwischen zwei Neuronen heißen Synapsen.



In den Enden der Fortsätze befinden sich kleine Bläschen (Vesikel). Sie enthalten Transmitterstoffe, die die Übertragung von elektrischen Signalen an den Synapsen von einem Neuron zum anderen steuern.

Bei elektrochemischen Erregungsvorgängen entsteht an der Membran einer Nervenzelle durch Ionenverschiebungen eine elektrische Spannung (Aktionspotential) zwischen Außenraum und Innenraum der Zelle. Diese pflanzt sich sprunghaft entlang des Neuriten-Astes fort, d.h. von einer Einschnürung in der Myelinhülle zur nächsten. Wird dabei eine Nervenendigung erreicht, dann kommt es dort zur Freisetzung von bestimmten Transmitterstoffen, welche durch den synaptischen Spalt diffundieren. Diese Neurotransmitter können sich an entsprechende Rezeptormoleküle in der Membran einer benachbarten Nervenzelle binden, so dass dort Ionenkanäle geöffnet werden und ein neues Aktionspotential entsteht. Die weitergeleitete Information ist dann in der zeitlichen Aufeinanderfolge der Aktionspotentiale verschlüsselt (Frequenzmodulation).

### [13] Das Nervensystem (3)

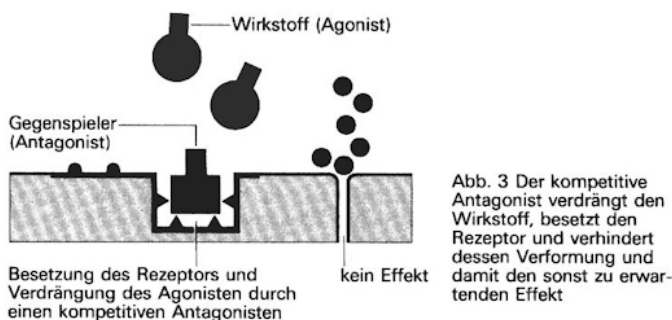
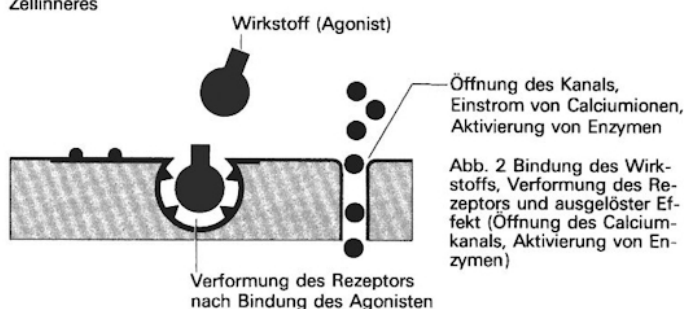
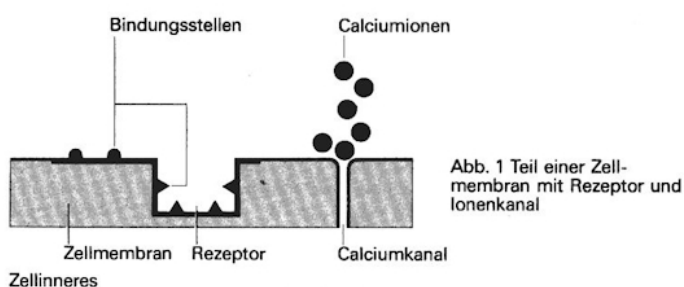
Grundsätzlich gibt es, abhängig vom Rezeptor und vom Transmitter, zwei verschiedenen Übertragungsformen: erregend (exzitatorisch, z.B. mit dem Transmitter GLUTAMAT) oder hemmend (inhibitorisch, z.B. mit dem Transmitter GABA).

Der Transmitter Acetylcholin (ACh) wirkt an der neuromuskulären Endplatte zwischen Nervenfasern und Muskelzelle. Er ist verantwortlich für die Signalübertragung von Nerv auf Muskel.

Wichtige Transmitter sind Glutamat, Gaba, Acetylcholin, Dopamin, Serotonin, Oxytocin, Endorphine,... Alle diese Neurotransmitter wirken auf das Gehirn und damit auch auf die Psyche.

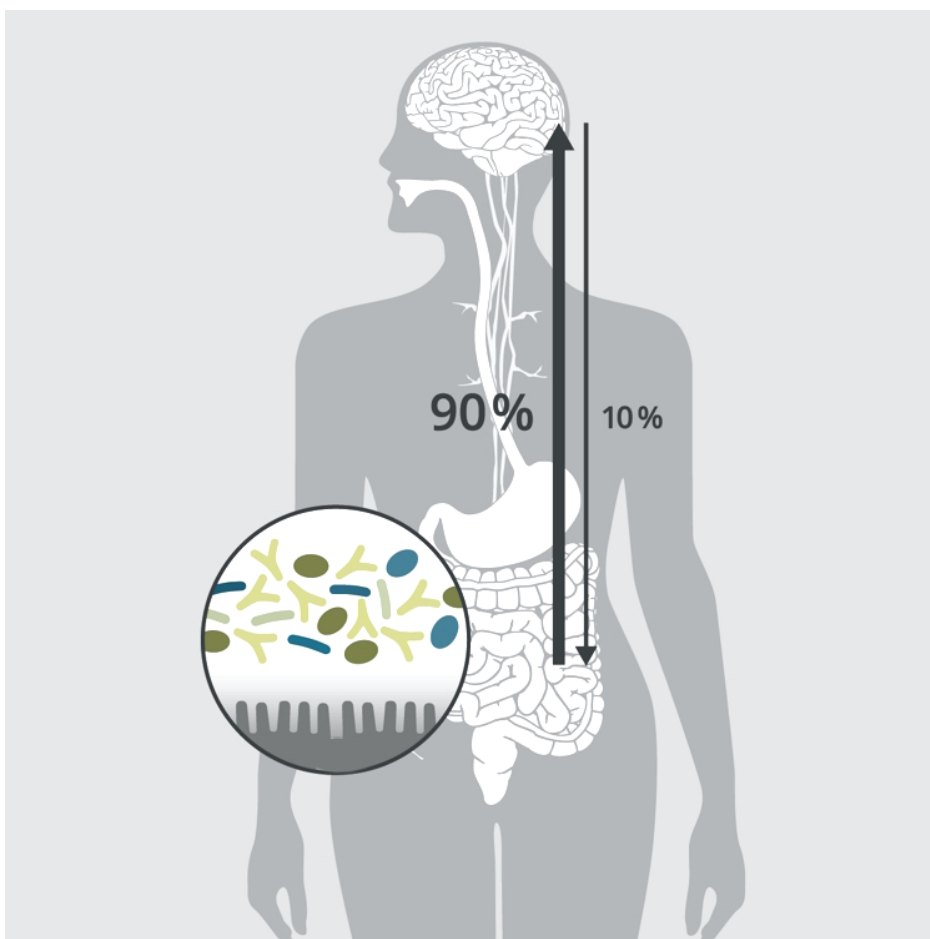
Die Wirkung vieler Medikamente beruht darauf, dass sie den natürlichen Transmittern nachgebaut werden und Rezeptoren besetzen. Agonistische Medikamente erzielen die gleiche Wirkung wie die Transmitter. Jedoch die Antagonisten besetzen die Rezeptoren und blockieren sie ohne eine Wirkung zu erzielen. Dadurch werden die Transmitter und auch deren unerwünschte Wirkung ausgeschaltet.

Beispielsweise wirken Tranquilizer (Benzodiazepine) auf GABA-Rezeptoren, indem sie dort die Hemmung der Erregungsübertragung verstärken und damit eine beruhigende Wirkung auf Angstzustände erzielen.



## [14] Das enterische Nervensystem (ENS)

Das enterische Nervensystem ist jener Teil unseres Nervensystems, welcher den Verdauungstrakt vom Mund abwärts bis zum After steuert. Es umfasst einige hundert Millionen Neuronen. Hervorzuheben ist dabei unser Darm. Er enthält Milliarden von Bakterien. Diese Bakterien dienen dem chemischen Abbau der Ernährungsendstoffe und der Abwehr von Krankheitserregern, wodurch sie auch das Immunsystem unterstützen. Die Neuronen des enterischen Nervensystems sind in der Darmwand eingebettet und arbeiten dort autonom: Sie kommunizieren untereinander durch eigene Botenstoffe (Serotonin, Dopamin, Gaba). Sie analysieren die zugeführte Nahrung auf ihre chemische Zusammensetzung, auf Salz- und Wassergehalt. Sie koordinieren Abbau, Aufnahme und Ausscheidung von Stoffen und steuern auch die Darmmotorik. Weiters stehen sie im wechselseitigen Informationsaustausch mit dem Hormonsystem und dem Immunsystem. Das Darmsystem (**Mikrobiom**) selbst produziert eine große Anzahl von Immunzellen.



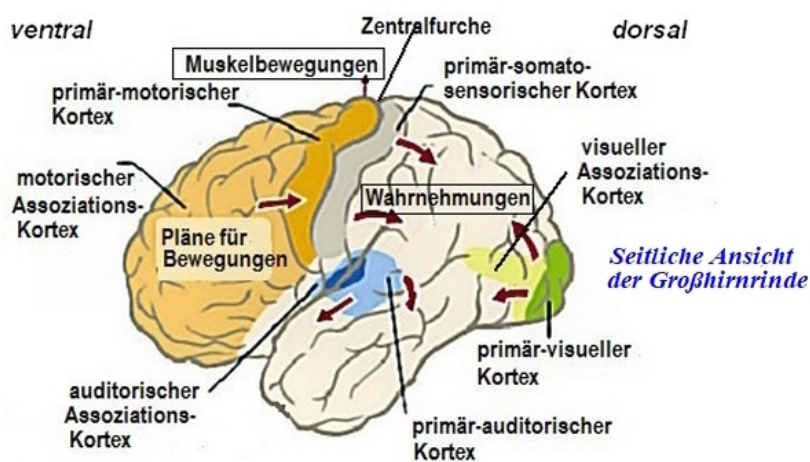
Über den **Vagusnerv** ist das enterische Nervensystem mit dem Gehirn verbunden. Dabei fließen ca. 90% der Information zum Gehirn und nur 10% vom Gehirn zurück. Allein daraus ist es ersichtlich, welchen bedeutsamen Einfluss der Darm auf das Gehirn, vor allem auf das limbische System ausübt. Dabei können unsere Gefühle beeinflusst werden (Bauchgefühle). Ein gesunder Darm trägt erheblich zu einer guten Stimmungslage bei. Ein kranker Darm hingegen kann zu chronischen Schlafstörungen, chronischer Müdigkeit und depressiver Verstimmung führen.

## [15] Die Großhirnrinde (1)

Von außen betrachtet scheint die Hauptmasse des Gehirns aus den zwei Großhirnhemisphären zu bestehen, welche die übrigen Teile überwölben. Beide Halbkugeln sind durch die Längsfurche getrennt, die tiefer bis zu den quer laufenden Fasermassen des Balkens (Corpus callosum) verläuft. Der dicke Balken enthält die Verbindungsbahnen der beiden Hirnhälften. Die Sprache und das Denken sind bei den meisten Menschen in der linken Hemisphäre des Großhirns lokalisiert. Die rechte Hemisphäre hingegen ist auf andere Funktionen spezialisiert - auf räumliche Orientierung, auf Musikalität, auf emotional besetzte Erlebnis- und Verhaltensweisen. Bei Rechtshändern liegen die Sprachzentren fast immer in der linken Hirnhälfte. Zur Feststellung der sprachdominanten Hirnhälfte gibt es verschiedene Tests.

Die Großhirnrinde (Cortex) ist durch Furchen (Sulcus) in Windungen (Gyrus) gegliedert. Diese Faltung bewirkt eine deutliche Vergrößerung der Oberfläche. Die großen Lappen der Rinde (Stirnlappen, Scheitellappen, Hinterhauptslappen und zwei Schläfenlappen) werden durch tiefe Furchen begrenzt. Zwischen Stirn- und Scheitellappen verläuft die Zentralfurche. Dahinter liegt die hintere Zentralwindung, davor die vordere Zentralwindung.

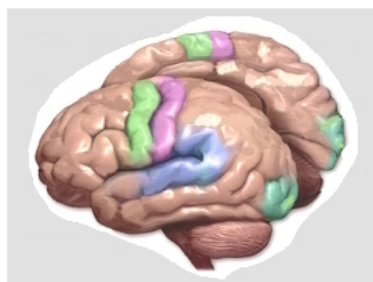
Die gesamte Körperfläche mit ihren einzelnen Teilen ist in der hinteren Zentralwindung sensorisch repräsentiert. In der vorderen Zentralwindung hingegen ist der Körper motorisch repräsentiert (Körper-Projektionen).



- Primäre motorische Felder sind Startpunkte der efferenten, motorischen Nerven. Sie liegen ventral.

- Primäre sensorische Felder sind Endpunkte der afferenten, sensorischen Nerven. Sie liegen dorsal.

- Die sekundären Felder dienen der Speicherung und der Assoziation. Hier sind Erinnerungen und auch Muster für komplexe Handlungen abgespeichert.



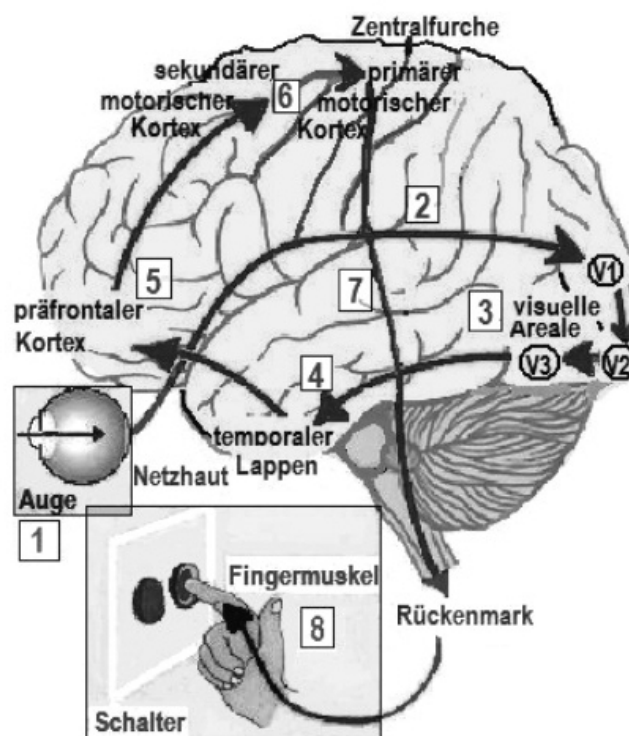
← *Ansicht der Großhirnrinde von oben dorsal (hinten)*

## [15] Die Großhirnrinde (2)

Ein Beispiel für die enorme Funktionalität der Großhirnrinde ist der Informationsfluss in der Großhirnrinde bei einer motorischen Reaktion der Finger, welche durch eine visuelle Wahrnehmung ausgelöst wird.

- (1) Ein optischer Reiz trifft auf das menschliche Auge und erzeugt eine elektrochemische Erregung in der Netzhaut.
- (2) Weiterleitung im Sehnerv zu den visuellen Arealen (V1, V2,...) im Hinterhauptslappen.
- (3) Dort kommt es zur Assoziation mit Erinnerungen und zu einer bewussten Wahrnehmung.
- (4) Weiterleitung der Signale zum Schläfenlappen und Stirnlappen.
- (5) Im Stirnlappen erfolgt dann die bewusste Entscheidung zu einer bestimmten Bewegung.
- (6) Weiterleitung über sekundäre motorische Rindenfelder zu den primären motorischen Feldern für die entsprechenden Finger.
- (7) Die Signale werden über die absteigende Pyramidenbahn zu den Fingermuskeln geleitet.
- (8) Dort erfolgt dann die Bewegung.

*Informationsfluss in der Großhirnrinde  
bei einer motorischen Reaktion der Finger,  
welche durch eine visuelle Wahrnehmung  
ausgelöst wird.*



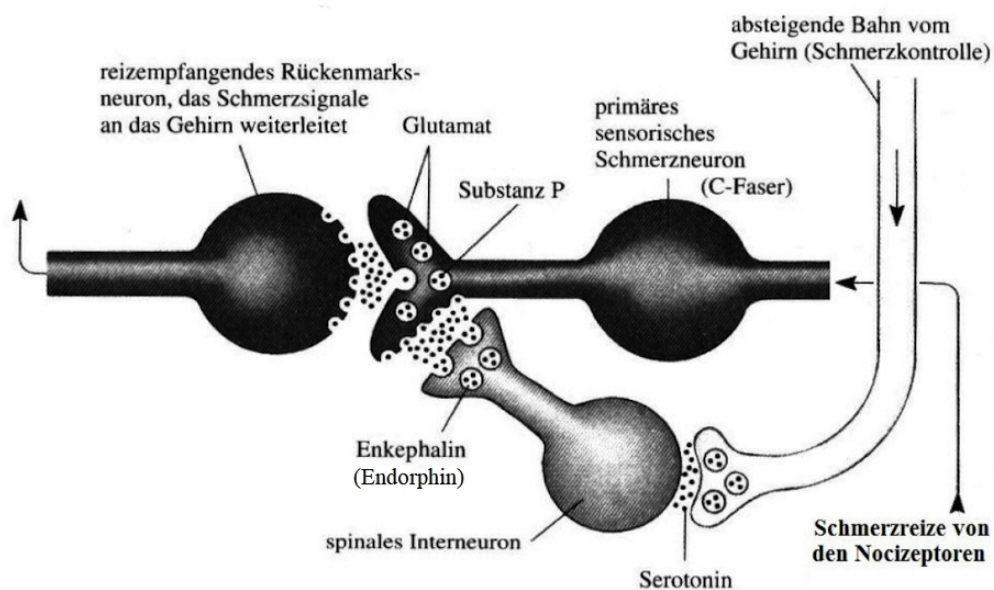
## [16] Der Schmerz (1)

Der Schmerz ist ein (lebens)wichtiger Funktionsbereich des Nervensystems. Ein akuter Schmerz beginnt mit einer intensiven Reizung von freien Nervenendigungen im Gewebe. Diese Schmerzrezeptoren (Nocizeptoren) sind in der Haut, im Bindegewebe, in den Muskeln, in Gelenken und Eingeweiden. Sie haben eine relativ hohe Erregungsschwelle und reagieren praktisch nur auf gewebsschädigende Reize (Noxen). Die elektrochemische Erregung wird von den Nocizeptoren zum Rückenmark geleitet. Dafür stehen zwei verschiedene Leitungssysteme zur Verfügung: eine schnelle und eine langsame Schmerzbahn.

Das schnelle System leitet stechende und gut lokalisierbare Schmerzen. Das langsame System leitet dumpfe und schlecht lokalisierbare Schmerzen. In den übergeordneten Gehirnregionen (Insula und Cingulum) werden das Schmerzgedächtnis und das emotionale Schmerzverhalten gespeichert.

Neben aufsteigenden Bahnen enthält das Schmerzsystem auch absteigende Bahnen, welche von der Großhirnrinde über den Hirnstamm bis ins Rückenmark führen. Sie leiten Signale, die der Schmerzhemmung und der Schmerzkontrolle dienen. Diese Hemmung erfolgt im Rückenmark, wo Hirnopiate (Endorphine) an die Opioidrezeptoren binden. Glutamat-Rezeptoren werden blockiert, was dann zu einer reduzierten Schmerzweiterleitung und zu einer Schmerzlinderung führt.

### *Schmerzleitung im Rückenmark*



Grundsätzlich kann man zwei verschiedene Arten von Medikamenten unterscheiden. Die nicht narkotischen Schmerzmittel hemmen direkt den lokalen Entzündungsprozess nach Gewebsverletzungen (z.B. Acetylsalicylsäure). Die narkotischen Medikamente sind Opiumderivate (z.B. Tramadol, Fentanyl). Neben ihrer analgetischen (schmerzlindernden) Wirkung besteht die Gefahr, dass sie zu einer zwanghaften Abhängigkeit führen können.

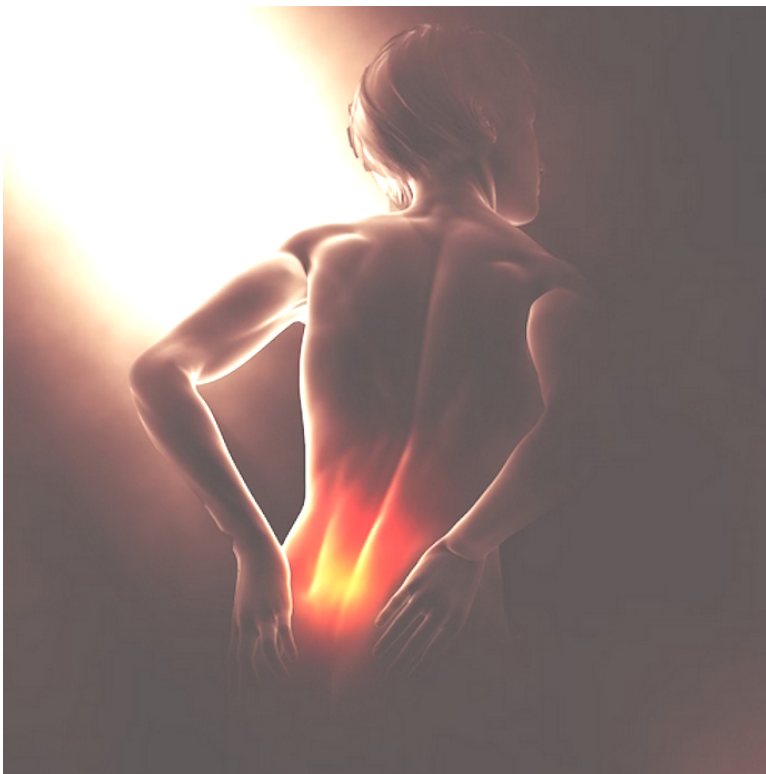
## [16] Der Schmerz (2)

Im Gegensatz zum **akuten Schmerz** ist die Warn- und Schutzfunktion bei **chronischen Schmerzen** weniger offensichtlich. Bei chronischem Schmerz besteht häufig keine eindeutige Beziehung mehr zwischen dem Ausmaß der spezifischen Organschädigung und der erlebten Schmerzintensität.

Chronische Schmerzen verselbständigen sich und werden als eigenständiges Krankheitsbild betrachtet. Dadurch entstehen dann zusätzliche psychosoziale Probleme für den Patienten. Der chronische Schmerz und seine Abwehr rückt immer mehr in den Mittelpunkt des Lebens und Erlebens, und andere Bereiche werden an den Rand geschoben. Die Menschen fühlen sich einsam, ängstlich, verzweifelt, hilflos, hoffnungslos. Sie ziehen sich zurück und verringern ihre sozialen Kontakte (Isolation).

Der Teufelskreis chronischer Schmerzen besteht darin, dass sie andauernd über Reflexbögen zu Muskelanspannungen und damit zu Haltungsänderungen führen. Daraus ergeben sich dann bleibende Verspannungen und Gelenksfehlstellungen. Parallel zur verspannten körperlichen Situation entsteht eine sehr starre kognitiv-emotionale Haltung, welche sich einer flexiblen Öffnung zum normalen Leben hin immer mehr verschließt und im Kreislauf des Schmerzes fixiert bleibt.

Viele Untersuchungen zeigten, dass bei chronischen Polyarthritis-Patienten unterschiedliche, ablenkende Aktivitäten und Beschäftigungen die Schmerzwahrnehmung verminderten (»Ablenkung schließt das Tor des Schmerzes«). Aus diesen psychosozialen Aspekten heraus ergibt sich auch die Botschaft des chronischen Schmerzes: »Tu etwas, ändere dein Leben«.



## [17] Die menschliche Psyche

Die Psyche ist eine **emergente Systemeigenschaft** des Gehirns. Durch das Zusammenspiel von Milliarden von komplex verschalteten Nervenzellen entstanden in der Evolutionsgeschichte neue Funktionsmerkmale des Gehirns, beispielsweise das Bewusstsein, das Denken, die Gefühle, . . . . .

Ein Emergenz-Beispiel ist die »Lichtung eines Waldes«, die kein Merkmal der einzelnen Bäume ist. Sie entsteht erst durch deren Anordnung. Emergenz bedeutet, dass das ganze System mehr ist als die bloße Summe seiner Einzelteile (Übersummativität).

**Hubert Rohracher** unterscheidet zwei Arten von psychischen Erlebnissen.

**(1) Psychische Kräfte** (Instinkte, Triebe, Interessen, Gefühle, Wille). Sie werden als drängend und zielsetzend erlebt. Diese Erregungen entstehen hauptsächlich im tiefer gelegenen Hirnstamm. Dabei spielt das limbische System mit seinen Arealen eine wichtige Rolle. So ist die Amygdala der Ausgangspunkt für die Emotionen Wut und Angst. Der Hippocampus ist wesentlich für die Gedächtnisbildung zuständig, insbesondere für die Umwandlung von Kurzzeit- in Langzeitgedächtnis.

**(2) Psychische Funktionen** (Wahrnehmen, Lernen, Denken, Sprechen). Sie sind Werkzeuge zum Erreichen der, von den Kräften gesetzten Ziele. Sie entstehen hauptsächlich in der äußeren Großhirnrinde.

Es gibt keine funktionale Aktivität im Gehirn ohne inneren Antrieb oder äußeren Anreiz. Der Bewusstseitsgrad der psychischen Prozesse reicht von unbewusst bis klar bewusst.

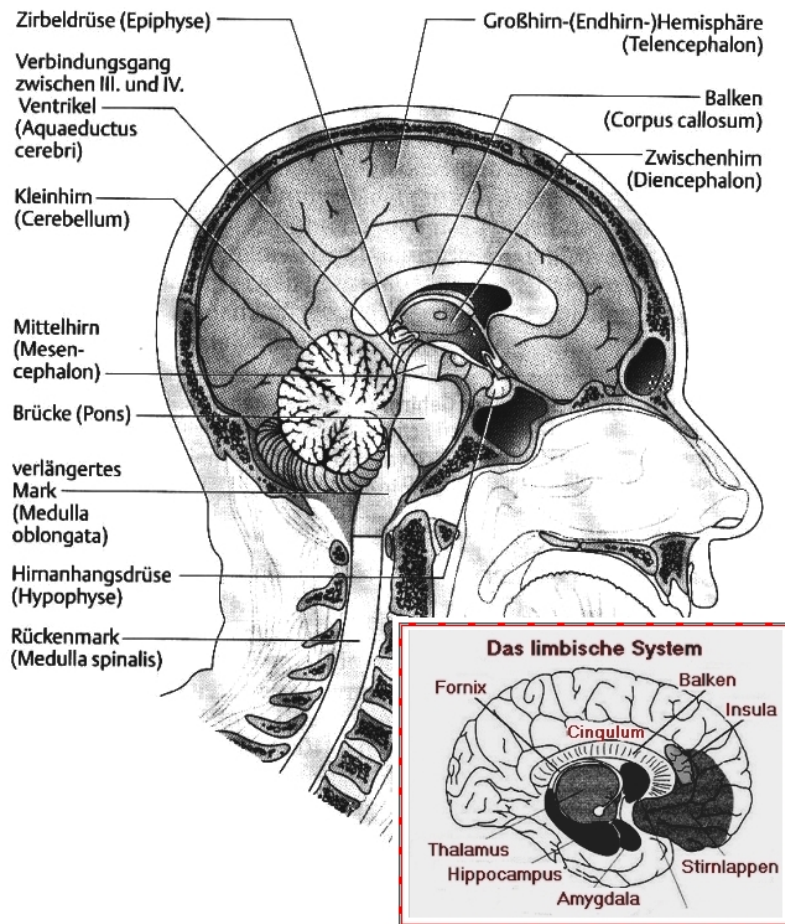
Als ein Beispiel sei die Situation nach intensiver Sportbetätigung angeführt. Durch Flüssigkeitsverlust beginnt über einen Regelkreismechanismus ein Nervenzentrum (Durstzentrum) im tiefer gelegenen Zwischenhirn zu feuern, d.h. elektrochemische Erregungen zu produzieren. Spezifische Neuronen im lateralen Nucleus supraopticus im Hypothalamus reagieren auf den Anstieg der Salzkonzentration und des osmotischen Druckes im Gewebe.

Die Erregungen steigen höher in die Großhirnrinde und erzeugen dort das unlustvolle Trieberlebnis des Durstes. Dadurch werden die Wahrnehmung, das Gedächtnis und auch das Denken aktiviert, um in der Umwelt nach durstlöschenden Objekten zu suchen. Nach deren Auffindung kommt es dann zur lustvoll erlebten Triebbefriedigung (Trinken). Dabei werden über motorische Steuerungen die passenden Verhaltensweisen ausgeführt.

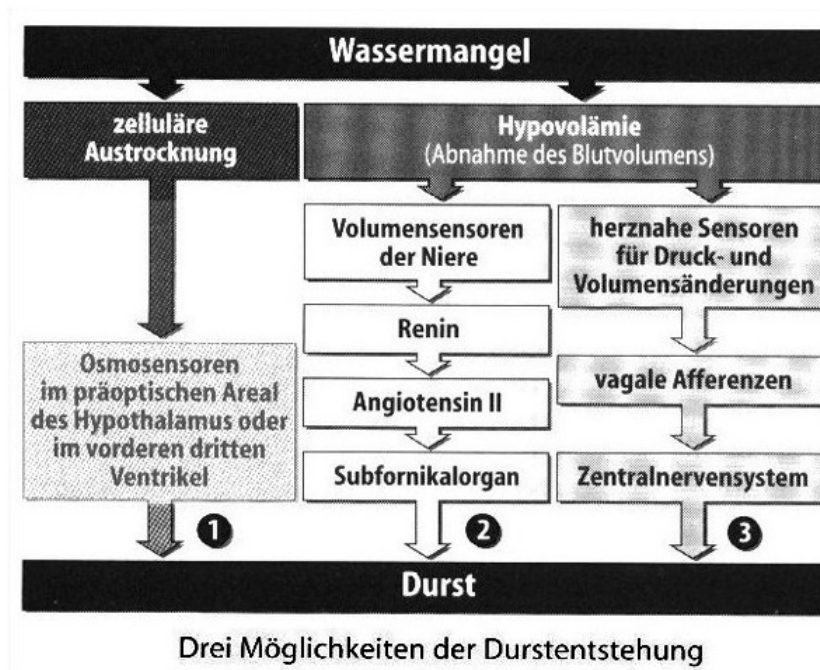
Durch Erhöhung des Wasservolumens beim erfolgreichen Trinken sinkt die Salzkonzentration und der osmotische Druck, und die Rezeptoren im Hypothalamus stellen ihre Tätigkeit ein. Damit ist der Regelkreis beendet.

Die Emotionen von Lust und Unlust dienen als sinnvolle Triebverstärkungen. Ursprünglich sind die gestellten Handlungsziele auf Lebens- und Arterhaltung ausgerichtet. Mit Hilfe des psychischen Apparates, insbesondere der Denkleistungen hat sich das menschliche Gehirn einen entscheidenden Leistungsvorteil im täglichen Daseinskampf geschaffen.

Die folgende Abbildung zeigt das menschliche Gehirn im Querschnitt und die wichtigsten Teile des limbischen Systems.



Die folgende Abbildung veranschaulicht die Entstehung des Dursttriebes.



## [17] Lernen, Denken, Sprechen

Das sind wichtige Funktionen, die im Daseinskampf unbestrittene Vorteile bringen. Grundsätzlich entwickeln sich diese Funktionen dadurch, dass in den beteiligten neuronalen Netzen **erstens** die Verbindungsstärken der Synapsen sich nachhaltig ändern (mehr Rezeptormoleküle und mehr Neurotransmitter) und **zweitens** auch die Anzahl der Synapsen größer wird. Gemeinsam aktive Neuronen verbinden sich stärker (»what fires together, wires together«). Dabei gibt es zwei Arten von Lernen:

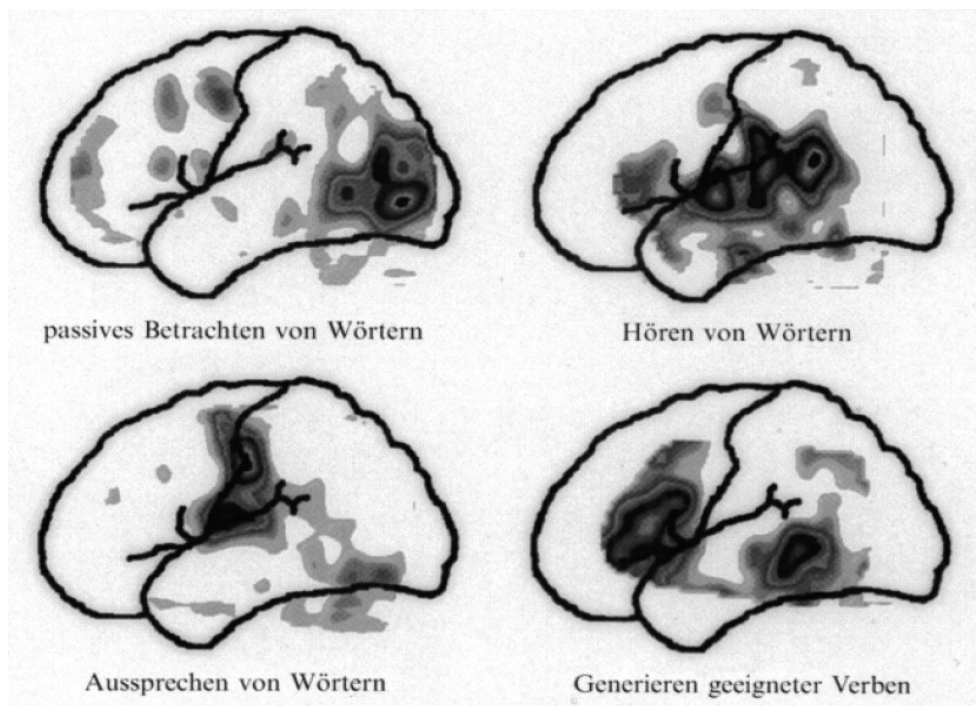
- (a) Überwachtes oder angeleitetes Lernen (d.h. mit einem Trainer).
- (b) Nicht überwachtes oder selbstorganisierendes Lernen ( d.h. ohne Trainer)

Die neuronalen Netze des Gehirns nehmen Inputmuster wahr. Sie sind dann zu Abstraktionen fähig, indem sie Regelmäßigkeiten von Inputmustern erkennen und diese entsprechend ihrer Häufigkeit, Ähnlichkeit und Wichtigkeit auf Eigenschaftskarten im Gehirn abbilden. Die Gehirne sind Regel-Erkennungs-Maschinen. Die Gedächtnisleistung erstreckt dabei sich vom Kurzzeit- bis zum Langzeit-Gedächtnis.

Beim Denken werden Wahrnehmungs- und Gedächtnisinhalte optimal zur Lösung von Problemen verknüpft (assoziiert). Dabei spielt die Sprachfunktion des Gehirns eine wichtige Rolle.

Die vier Grundleistungen der Sprache (Hören, Lesen, Sprechen und Schreiben) werden durch sensorische und motorische Strukturen in der Großhirnrinde gesteuert.

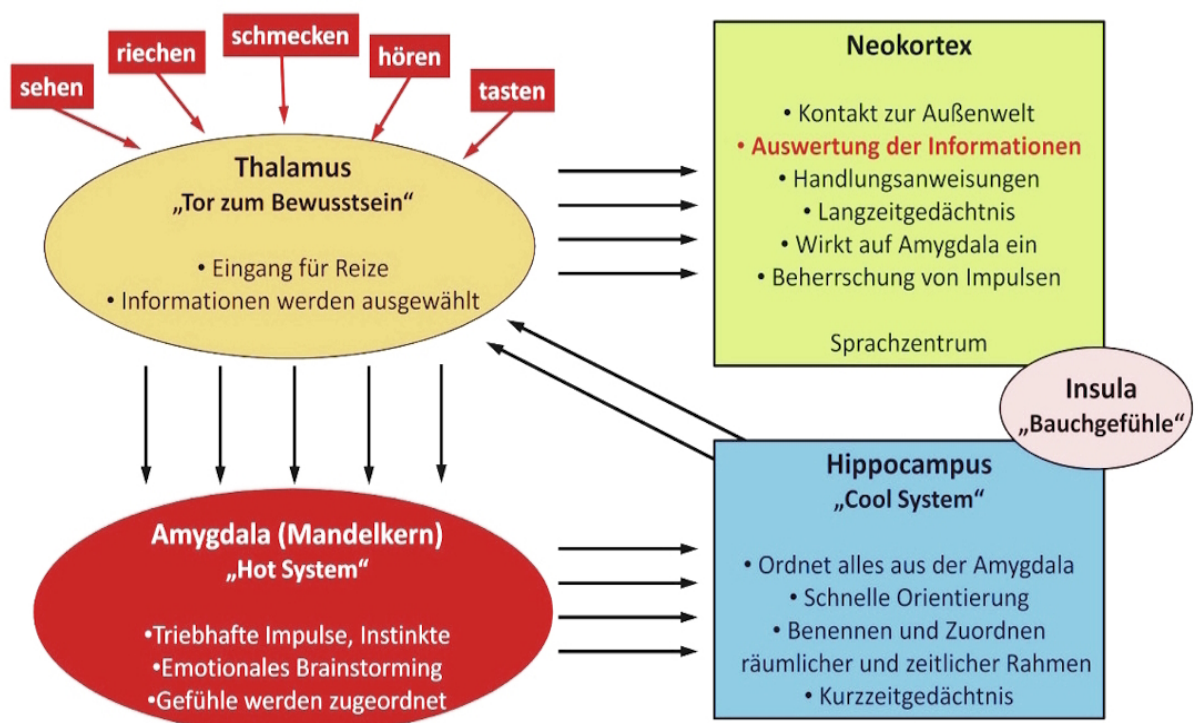
Das moderne Verfahren der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) misst die regionale Hirndurchblutung, und dadurch können Bilder von jenen Gehirngebieten erzeugt werden, welche bei bestimmten Erlebnissen und Verhaltensweisen aktiv sind. Im ersten Bild sind es die Sehzentren im Hinterhauptslappen, im zweiten Bild sind es die sensorischen Sprachzentren im Schläfenlappen (Wernike), im dritten Bild sind es die motorischen Sprachzentren in der oberen, vorderen Zentralwindung, im vierten Bild sind es die motorische Sprachzentren im hinteren Frontallappen (Broca).



## [18] Die psychoneuronalen Grundsysteme

**Gerhard Roth** unterscheidet genau sechs psychoneurale Grundsysteme, welche in den Regionen und Strukturen des Gehirns verankert sind. Sie erstrecken sich über den tiefen Hirnstamm (Thalamus, Hypothalamus, limbisches System mit Insula, Cingulum, Hippocampus, Amygdala, . . .) bis zur äußeren Rinde des Großhirns (Cortex, Neocortex). Sie stehen auch in engem Zusammenhang mit Neurotransmittern und Hormonen. Sie sind mitbestimmend für die Ausprägung von Persönlichkeitsmerkmalen und für den Leistungsgrad der psychischen Funktionen (Intelligenz).

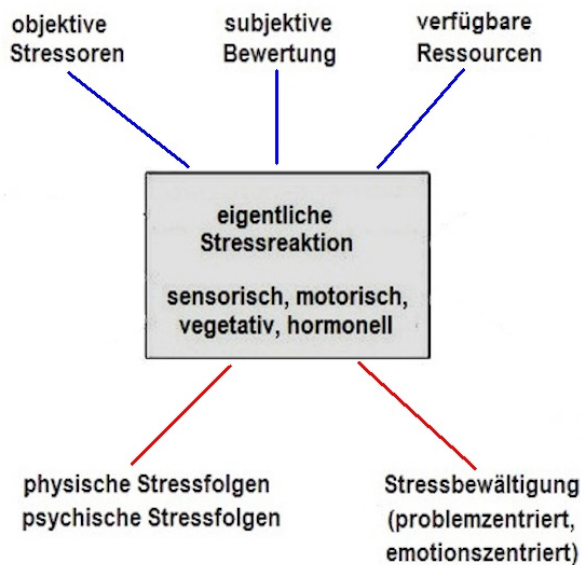
- (1) **Die Stressverarbeitung** (Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren)  
Bei starken Stressoren werden Cortison und Adrenalin produziert, welche z.B. die Zuckerverbrennung in den Muskelzellen verstärken.
- (2) **Das Beruhigungssystem** (Neurotransmitter Serotonin)  
Das Serotonin wirkt als Gegenspieler der Stresshormone. Bei Depressionen ist der Serotonin-Spiegel zu gering.
- (3) **Das Belohnungssystem** (Neurotransmitter Dopamin und Endorphine)  
Die Erregung des ventrolateralen Hypothalamus und die erhöhte Freisetzung von Dopamin vermitteln starke Lustgefühle.
- (4) **Das Bindungssystem** (Hormon Oxytozin im Hypothalamus)  
Das Oxytozin wirkt bei vertrauensvollen, sozialen Kontakten. Es ist eine wesentliche Grundlage für Empathie und Liebe.
- (5) **Die Impulskontrolle** (z.B. dämpft der präfrontale Cortex die Amygdala)  
In der Amygdala im limbischen System entstehen Wut und Angst. Impulskontrolle und Frustrationstoleranz sind wichtige erlernbare Verhaltensweisen. Sie sind daher ein vorrangiges Erziehungsziel.
- (6) **Die Realitätsprüfung** und Risikoabschätzung (Großhirn-Rinde)  
Für diese Leistungen ist ein erlernbares, selbstkritisches Denken verantwortlich (eine Funktion der Großhirnrinde).



## [18] Der Stress

Stress ist eine starke Belastung des Organismus. Die Antwort des Organismus auf solche Belastungssituationen besteht in verschiedenen Anpassungsreaktionen zur Wiederherstellung des durch Stressoren gestörten Gleichgewichtes (Homöostase).

Die verschiedenen Folgen der Stressreaktion hängen nicht nur von den eigentlichen Stressoren ab, sondern auch von anderen Bedingungen, den Moderatorvariablen. Dazu zählt man die subjektive Bewertung des Stressors und die Ressourcen. Das sind jene Mittel, welche für die Stressbewältigung jeweils zur Verfügung stehen, beispielsweise die medizinische Versorgung, die soziale Unterstützung und auch die persönlichen Kompetenzen wie Belastungstraining oder Entspannungstechniken.



Häufige Stressoren sind physische Bedrohungen, Verletzungen, Katastrophen, Krankheiten, zeitliche Hetze, optische Überreizung, Lärm, hässliche Umgebung, Gedränge, große Lebensveränderungen, kleine alltägliche Ärgernisse, Verlust, Tod, Hilflosigkeit, Enttäuschungen (Frustrationen), Mobbing, Konflikte und soziale Isolation.

Wenn in der Stadt im dichten Straßenverkehr ein Autofahrer in Zeitnot ist, dann kann die Konzentration der Hormone des Nebennierenmarkes (Noradrenalin, Adrenalin) im Blut auf das 50- bis 100-fache der Normalwerte ansteigen. Dabei ist auch die Cortisol-Ausschüttung der Nebennierenrinde deutlich erhöht. Dadurch wird eine Notfallreaktion des Körpers bewirkt (Beschleunigung der Herz-/Kreislaftätigkeit und Erhöhung des Blutzuckers zur Energielieferung). Besteht nun die Möglichkeit zu einer motorischen Abreaktion (Kampf, Flucht), dann können die freigesetzten Stoffe verbraucht werden.

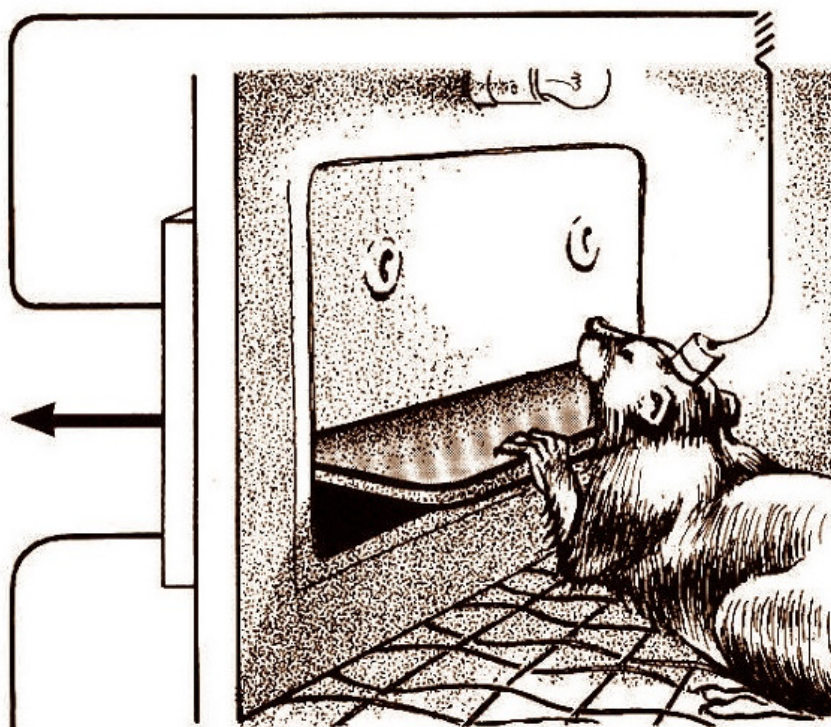
Andauernder Stress und die zivilisationsbedingte Hemmung der Abreaktion bewirken, dass die verstärkte Freisetzung der Energiestoffe (Zucker und Fette) und die erhöhte Herz-/Kreislaufbelastung dem menschlichen Organismus schaden (negative Stressfolgen).

Die Stresshormone wirken auf das vegetative Nervensystem und auf das Immunsystem und können bei Dauerstress zu psychosomatischen Erkrankungen führen. Beispiele dafür sind Gastritis (Entzündung der Magenschleimhaut) oder Bluthochdruck.

## [18] Das Lustsystem

Eine der aufregendsten Entdeckungen der Gehirnforschung machten **James Olds** und **Peter Milner** 1953 in den USA. Bei frei im Käfig umherlaufenden Ratten versetzten sie bestimmten Hirnregionen im ventrolateralen Hypothalamus milde Stromstöße und sie beobachteten dann das Verhalten der Tiere.

Die Tiere konnten sich auch selbst stimulieren, indem sie durch einen mechanischen Hebeldruck den elektrischen Stromkreis schlossen (**ICSS**, Intercranielle Selbststimulation). Es zeigte sich, dass die Tiere bis zu 5000 Mal und mehr pro Stunde die Selbstreizung durchführten - so lange bis sie vor Erschöpfung einschliefen. Olds und Milner hatten ein neuronales Lust- und Belohnungssystem gefunden. Die ICSS wurde allen anderen Verhaltensweisen vorgezogen. Die Tiere nahmen das Überqueren elektrisch geladener Platten auf sich und ließen ihre Sexualpartner und Jungen im Stich. Zusätzlich zeigte die ICSS eine angstreduzierende Wirkung.



**ICSS - Intercranielle Selbststimulation**

Bemerkenswert war, dass nach einer relativ kurzen Lernzeit von nur wenigen Minuten eine starke Einspeicherung jener Orte und Hebelbewegungen stattfand, durch welche die Lustempfindung ausgelöst worden war. Damit wurden die anatomisch-biologischen Grundlagen für jene Verstärkersysteme gefunden, welche bei jeder instrumentellen Konditionierung wirksam sind. Diese Mechanismen erfolgen auch beim Suchtverhalten.

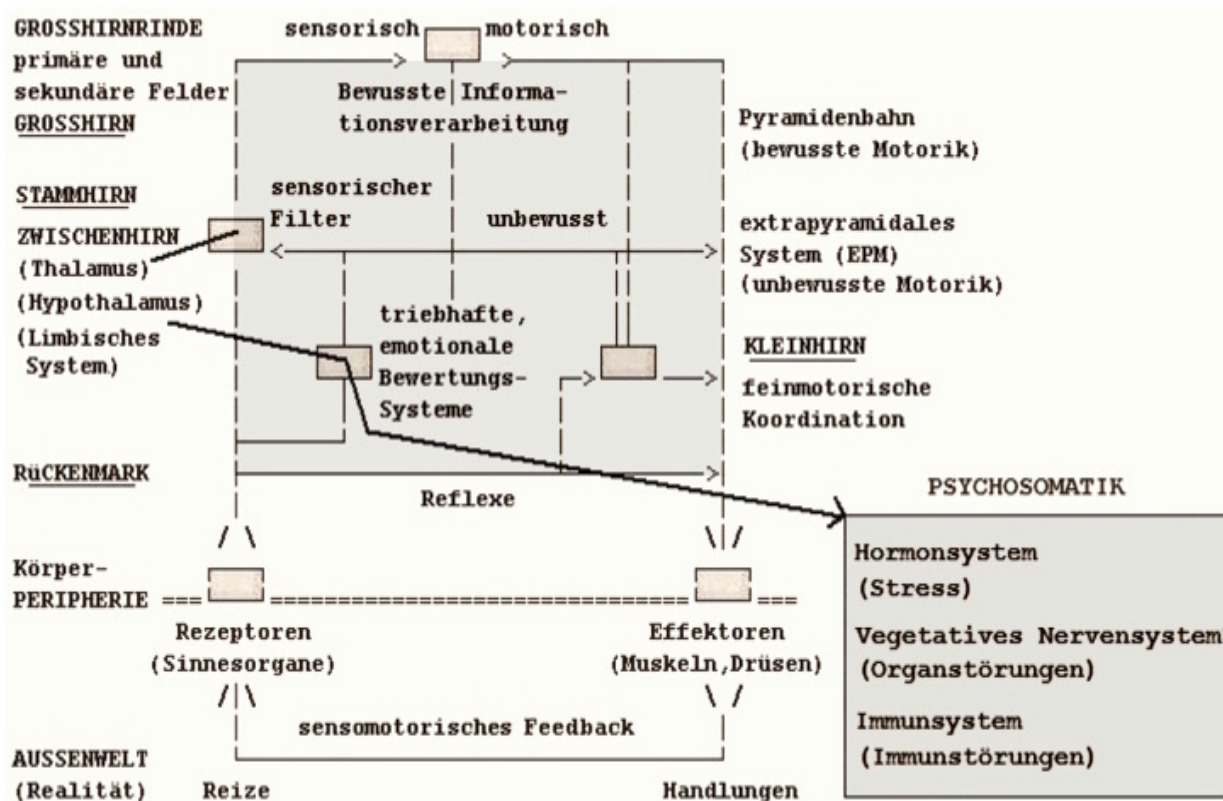
In den Lustzentren im ventrolateralen Hypothalamus und im Nucleus accumbens spielt der Neurotransmitter Dopamin eine entscheidende Rolle bei der Erregungsübertragung. Künstliche Gaben von Dopamin-Antagonisten (Neuroleptika) blockieren die Dopaminrezeptoren und heben die Wirkung der ICSS auf. Sie schalten sogar den belohnenden Effekt von Nahrung und Wasser aus, so dass bei Triebbefriedigung keine Lustgefühle mehr entstehen (Anhedonie).

## [19] Ein neuropsychologischer Überblick

Nur passende (adäquate) Reize lösen in den Sinnesorganen (Rezeptoren) elektrochemische Erregungen aus (erster Filter). Diese sensorischen Signale gelangen über aufsteigende Nervenbahnen in den Thalamus im Zwischenhirn. Die sensorischen Signale fließen auch zum Hypothalamus und zum limbischen System und erregen dort jene Nervenzentren, wo Triebe und Gefühle entstehen. Es kommt zu einer emotionalen Bewertung der sensorischen Inputs. Diese Zentren senden ihrerseits Signale zum Thalamus, wodurch es zu einer neuerlichen Selektion (zweiter Filter) kommt. Die nunmehr emotional bewerteten und gefilterten sensorischen Inputs fließen vom Thalamus aufwärts in entsprechende Wahrnehmungszentren in der Großhirnrinde. Gleichzeitig werden Erinnerungsspuren aktiviert. In der Großhirnrinde entstehen die bewussten Wahrnehmungen.

Der Thalamus kann als das Vorzimmer zum Bewusstsein angesehen werden, die Großhirnrinde ist dann das Wohnzimmer des Bewusstseins.

Das limbische System und der Hypothalamus wirken auf das vegetative Nervensystem, das Hormonsystem und das Immunsystem. So können Stress und psychosomatische Erkrankungen entstehen.



Weil jeder sensorische Input durch die psychischen Kräfte bewertet wird, kommt es immer zu einer Sensibilisierung der Wahrnehmung, d.h. zu einer Filterung (Einengung) der Information. Verschiedene Individuen haben oft sehr unterschiedliche bewusste Bilder von ein- und demselben Bereich der Außenwelt. Was subjektiv für wirklich gehalten wird, hängt somit von den individuellen Gefühlen, Trieben und Interessen ab. Die resultierenden Divergenzen der subjektiven Weltbilder führen nicht selten zu Konflikten.

## [19] Die menschliche Psyche als Energiequelle

Der Langstreckenlauf ist ein gutes Beispiel dafür, wie die Psyche des Menschen als Energiequelle wirkt, und welche Energie der Mensch wegen seines Ehrgeizes, seiner Interessen und seines Willens aufwenden kann.

Umgekehrt kann ein moderater Langstreckenlauf in einer sehr schönen Umgebung über die Wahrnehmung zu einem emotionalen Wohlbefinden führen. Zusätzlich ist er auch förderlich für die Gesundheit, weil er das Herz-Kreislauf-System, das Lungen-Atmungs-System und das Muskel-System anregt und kräftigt.

## [20] Nachtrag zu den großen Organsystemen

### [20] Das Knochensystem

Der passive Bewegungsapparat dient der Stützung und Bewegung des Körpers. Er besteht aus 200 Knochen und Verbindungen zwischen den Knochen (Gelenken). Zusätzlich gibt es noch für den Zusammenhalt Bänder und Sehnen, an denen die Muskeln ansetzen.

Im Knochengewebe findet man drei Arten von Knochenzellen: Die Osteoblasten bilden die organische Grundsubstanz des Knochens sowie alkalische Phosphatase, welche die Mineralisation des Knochens (vor allem mit Calciumsalzen) steuert. Aus den Osteoblasten entwickeln sich die reifen Knochenzellen (Osteozyten), die in der Knochenmatrix eingeschlossen sind und über Fortsätze miteinander kommunizieren. Schließlich gibt es noch die großen Osteoklasten, die sich in eigenen Resorptionszonen befinden und für den Abbau des Knochens verantwortlich sind. Die knochen-aufbauenden und knochenabbauenden Zellen halten sich die Waage und sorgen dafür, dass die Knochen permanent umgebaut werden.

Grundsätzlich können 4 Arten von Knochen unterschieden werden: Lange Knochen (z.B. die Röhrenknochen von Oberarm oder Oberschenkel, kurze Knochen (z.B. die Wurzelknochen an Händen und Füßen), platte Knochen (z.B. Schädeldach, Schulterblätter, Hüftpfannen) und die unregelmäßigen Knochen (z.B. Wirbel, Rippen).

Die Knochen sind durch Gelenke beweglich verbunden. Die Bewegung erfolgt mit Hilfe von Muskeln, die mit ihren Sehnen an den Knochen ansetzen. Grundsätzlich werden vier Arten von Knochengelenken unterschieden: Die Scharniergelenke mit Bewegungen um nur eine Querachse (z.B. Ellbogengelenk oder Kniegelenk), die Drehgelenke mit Bewegungen um nur eine Längsachse (z.B. Speichen-Ellen-Gelenk), die Eigelenke mit Bewegungen um zwei Achsen (z.B. Handgelenk oder Schädel-Atlas-Gelenk) und Kugelgelenke mit Bewegungen um drei Achsen (z.B. Schultergelenk oder Hüftgelenk).



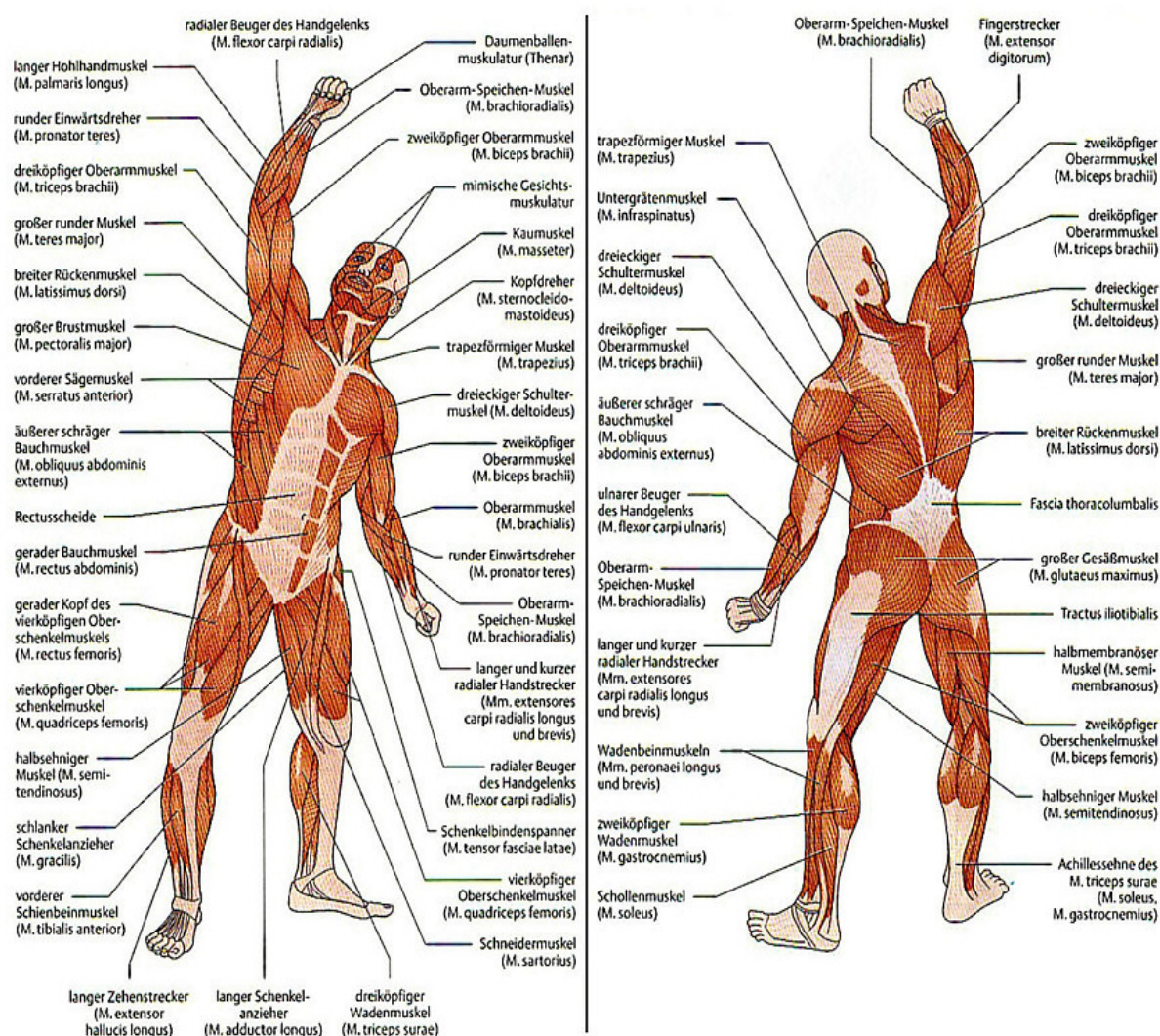
**[20] Das Muskelsystem**

Der aktive Bewegungsapparat besteht aus 650 Muskeln, die mithilfe von Sehnen an den Knochen befestigt sind und diese um die Gelenke bewegen. Die Kontraktion der Muskeln wird durch das Nervensystem gesteuert. Man unterscheidet eine automatische Stütz- und Haltemotorik und eine willkürliche Zielmotorik.

Muskeln sind aus Muskelfasern (Muskelzellen) aufgebaut. Im Bindegewebe zwischen den Muskelfasern verästeln sich Blutgefäße und Nerven, welche den Muskel versorgen. Der ganze Muskel ist von einer straffen bindegewebigen Hülle (Faszie) umgeben. Innerhalb der Faszie kann der Muskel bei der Kontraktion hin und her gleiten.

Die motorischen Nerven steuern die Kontraktion der Muskelfasern. Wenn eine elektrische Erregung (Aktionspotential) die Kontaktstelle des Nerven mit der Muskelfaser (motorische Endplatte) erreicht, kommt es zur Ausschüttung des Neurotransmitters Acetylcholin. Dann werden die Filamente in den Myofibrillen der Muskelfaser ineinander geschoben, so dass sich die Muskelfaser verkürzt. Erfolgt keine Erregung, dann erschlafft die Muskelfaser.

Neben der quergestreiften Skelettmuskulatur gibt es noch die glatte Muskulatur als Wandauskleidung von Blutgefäßen und inneren Hohlorganen. Ihre Steuerung erfolgt autonom über das vegetative Nervensystem. Das gilt auch für die Herzmuskulatur.



**[20] Das Verdauungssystem**

Dieses System dient der Aufnahme von Nahrungsstoffen. Die Nahrung wird durch den Mund aufgenommen und über die Speiseröhre in Magen und Darm weitergeleitet. Mithilfe der Verdauungsenzyme aus Magen und Bauspeicheldrüse wird die Nahrung in ihre chemischen Bestandteile zerlegt, die in eigenen Depots gespeichert werden. Die unbrauchbaren Endprodukte werden als Stuhl über Dickdarm und After aus dem Körper entfernt.

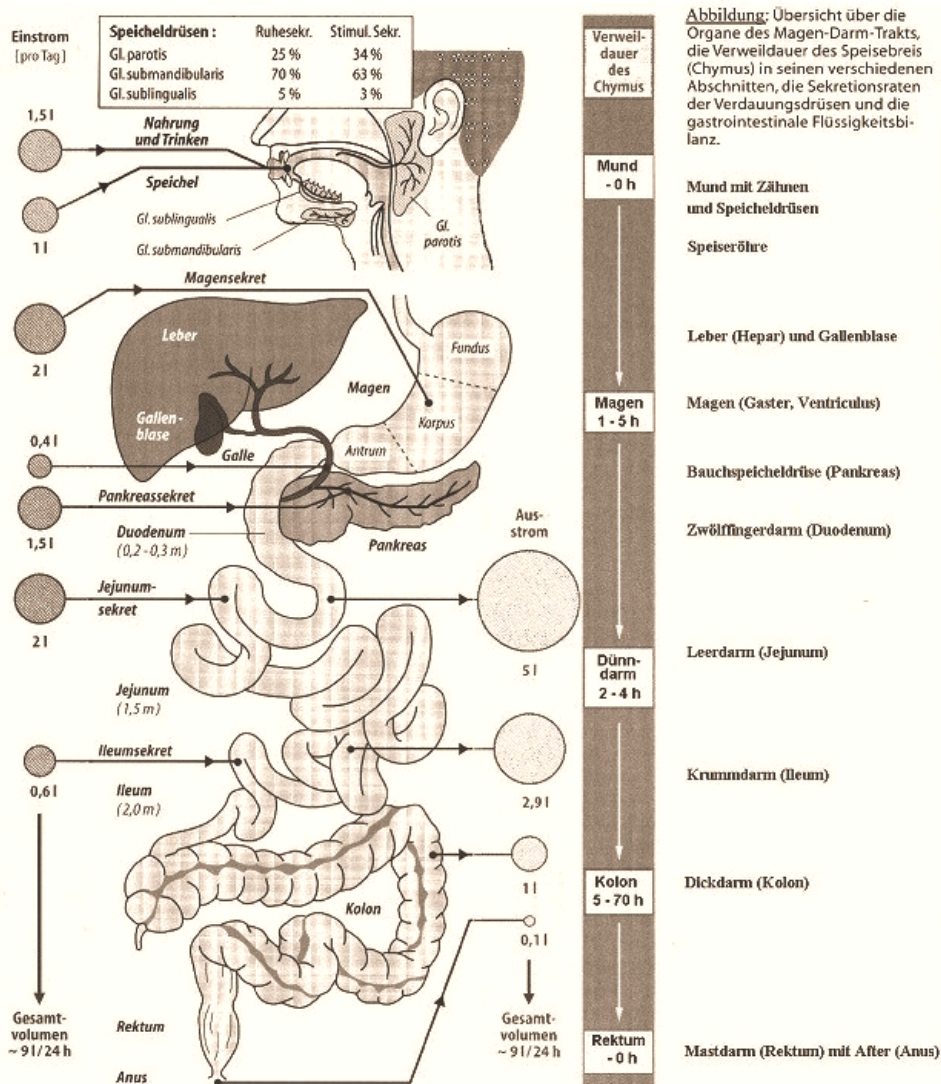


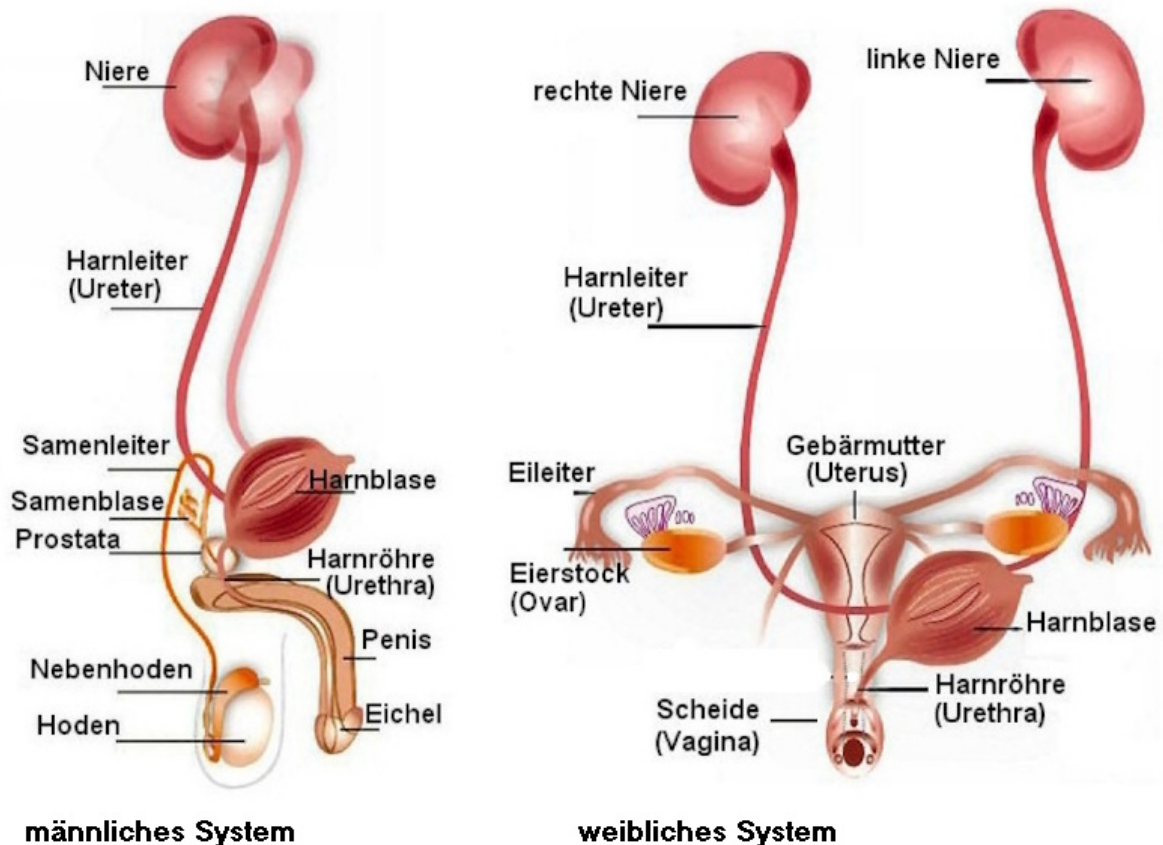
Abbildung: Übersicht über die Organe des Magen-Darm-Trakts, die Verweildauer des Speisebreis (Chymus) in seinen verschiedenen Abschnitten, die Sekretionsraten der Verdauungsdrüsen und die gastrointestinale Flüssigkeitsbilanz.

Die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) ist ein keilförmiges Organ, das sich unterhalb von Magen und Leber befindet. Sie besteht aus exokrinen und endokrinen Drüsenzellen. Die exokrinen Drüsenzellen erzeugen die Verdauungsenzyme, welche die Nahrung chemisch aufspalten. Die Verdauungsenzyme bilden den Pankreassaft. Dieser enthält hauptsächlich Vorstufen der Enzyme, welche dann erst im Darm aktiviert werden.

Die endogenen Drüsenzellen produzieren erstens das Insulin in den Betazellen und zweitens das Glucagon in den Alphazellen. Durch das Insulin wird der Zuckergehalt im Blut gesenkt, indem der Zucker in der Leber und der Muskulatur aufgenommen und als Glykogen gespeichert wird. Bei einem zu starken Blutzuckerabfall wird das Glucagon ausgeschüttet, welches die Freisetzung von Zucker aus der Leber bewirkt. Die häufigste Erkrankung der Bauchspeicheldrüse ist die Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus). Dabei liegt ein Mangel an Insulin vor, der zu einem erhöhten Zuckerspiegel im Blut führt. Als Therapie wird medikamentöses Insulin täglich dosiert verabreicht.

## [20] Das Ausscheidungssystem

Ein spezifisches Ausscheidungssystem besteht aus den Nieren, den Harnleitern, der Harnblase und der Harnröhre. In den Nieren werden aus dem Blut lebenswichtige Stoffe gefiltert und ein großer Anteil an Wasser resorbiert. Der Rest an unbrauchbaren oder giftigen Abfällen wird als Harn (Urin) ausgeschieden.



## [20] Das Fortpflanzungssystem

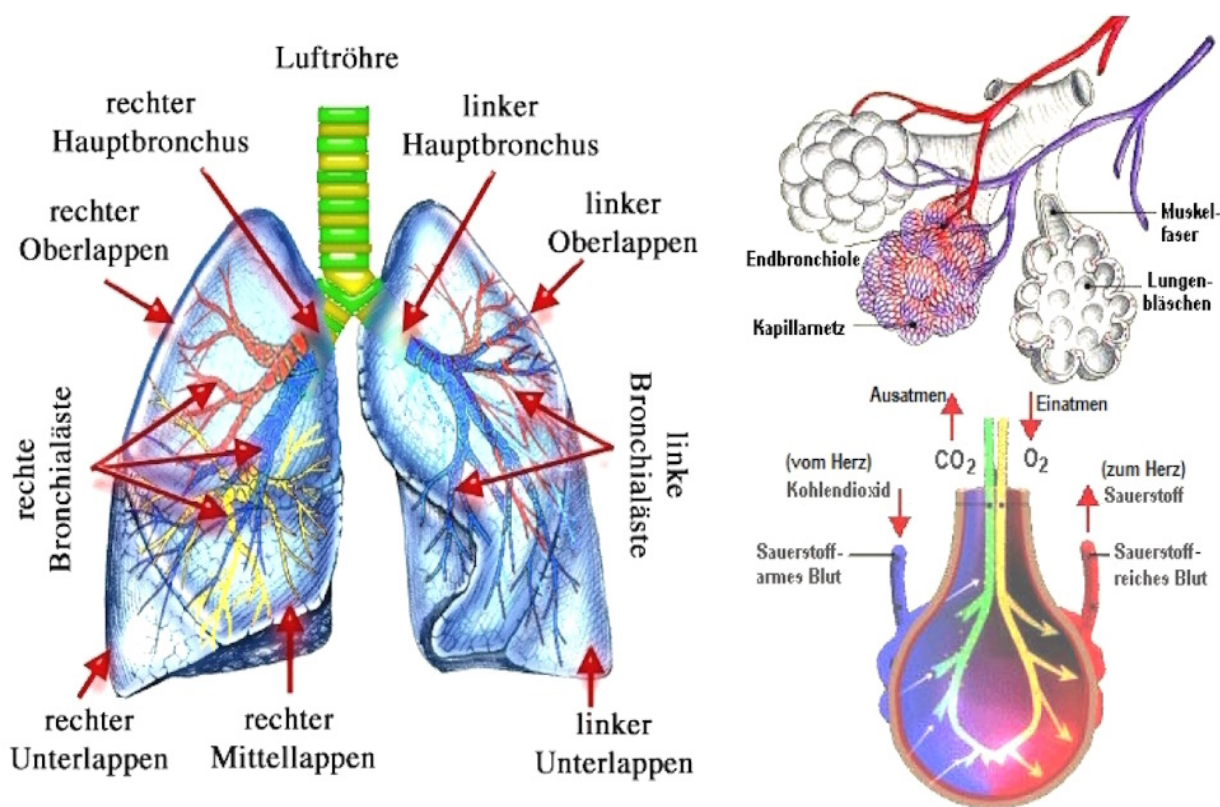
Dieses System besteht aus Organen, welche der Fortpflanzung (Befruchtung) und der Versorgung des Kindes durch den mütterlichen Organismus dienen. Dazu gehören beim Mann der Penis, die Samenleiter und die Hoden, wo die Spermien gebildet werden. Bei der Frau sind es die Scheide, die Gebärmutter, die Eileiter und die Eierstöcke, wo die Eizellen produziert werden.

## [20] Das Atmungssystem

Es besteht aus den Atemwegen und der Lunge. Über Nase/Mund und Luftröhre wird der Sauerstoff aus der Luft in die Lunge geleitet. Dort wird erstens der Sauerstoff in den Blutkreislauf befördert. Zweitens wird das Kohlendioxid aus dem Blutkreislauf ausgeatmet.

Die Lunge wird von einer zweischichtigen Hülle (Pleura) umgeben, die außen aus Rippenfell und innen aus Lungenfell besteht, welche luftdicht aneinander liegen. Die Lunge besteht aus zwei Lungenflügeln. Der linke Lungenflügel ist kleiner als der rechte Lungenflügel. Er enthält nur zwei statt drei Lappen. Von oben kommt die Luftröhre und verzweigt in die Äste der Bronchien. Dieses Röhrensystem endet in den kleinen Lungenbläschen (Alveolen), wovon es etwa 300 Millionen gibt.

An der von den Lungenbläschen gebildeten Gesamtläche (ca. 140 m<sup>2</sup>) findet der Gasaustausch zwischen den in der Luft befindlichen und den im Blutkapillarnetz befindlichen Gasen statt. Beim Einatmen diffundiert der Sauerstoff ins Blut, wo er von den roten Blutkörperchen aufgenommen und mit dem roten Blutfarbstoff (Hämoglobin, Hb) verbunden wird. Das Blut wird nun aus der Lungenvene durch das Herz über den großen Kreislauf in die arteriellen Gefäße des Körpergewebes und dann in die Körperzellen gepumpt. Beim Ausatmen diffundiert das Kohlendioxid aus den Zellen in die venösen Blutgefäße und gelangt weiter in die Lungenbläschen. Von dort wird es dann über die Bronchialäste in die Luft hinaus befördert.



Bronchialbaum in der Lunge

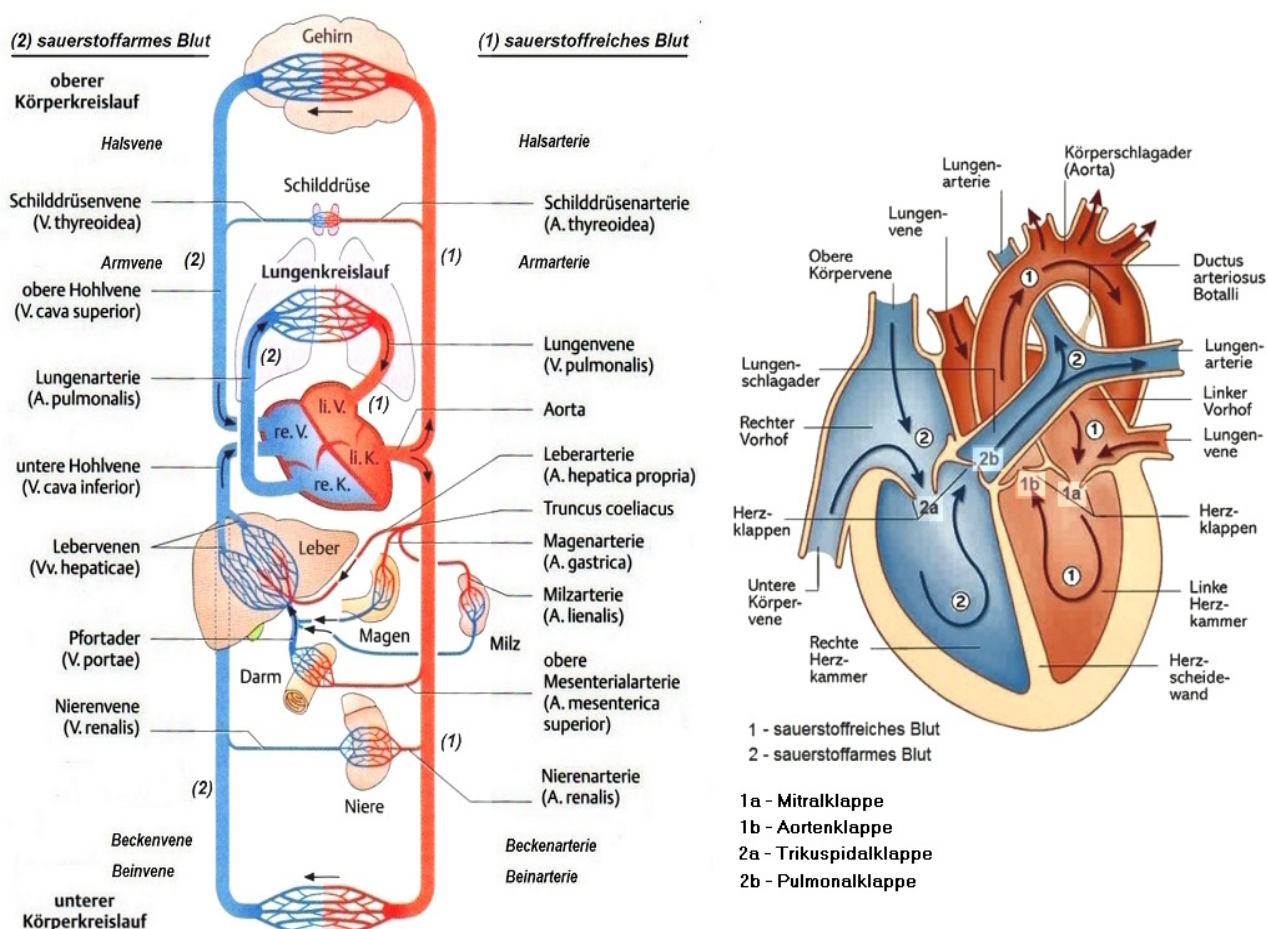
Gasaustausch in den Lungenbläschen

## [20] Der Blutkreislauf

Er dient grundsätzlich dem Stofftransport (Nahrungsbestandteile, Hormone, Sauerstoff, Kohlendioxid, Abwehrzellen, usw.). Das Herz wirkt dabei als Pumpe, welche das flüssige Blut mit den gelösten Stoffen zum Fließen bringt und über das Gefäßsystem zu den Körperzellen befördert.

Beim Einatmen gelangt der Sauerstoff aus der Luft über Nase bzw. Mund und Luftröhre in die Lungen. Zum Transport wird er an den roten Blutfarbstoff (Hämoglobin) gebunden. Über die Lungenvenen (1) fließt das sauerstoffreiche Blut zum linken Vorhof des Herzens (V1) und dann in die linke Herzkammer (K1). Von dort wird es durch Muskelkontraktionen in obere und untere Hauptschlagader gepumpt. Dabei verhindern die Herzklappen einen Rückfluss des Blutes. Arterien sind Blutgefäße, die vom Herzen weg führen. Venen hingegen führen zum Herz.

Ausgehend von der Hauptschlagader verteilt sich das sauerstoffreiche Blut dann im Körper und versorgt so die Zellen mit Sauerstoff aus den Lungen und auch mit Zucker aus der Leber. Umgekehrt geben die Zellen die Stoffwechsel-Endprodukte Kohlendioxid und Wasser an das Blut ab. Das so angereicherte Blut gelangt über die Hohlvene zum rechten Vorhof (V2) und dann in die rechte Herzkammer (K2). Von dort aus wird es durch Kontraktionen in die zwei Lungenarterien (2) gepumpt. Beim Ausatmen gelangt das Kohlendioxid aus den Lungen über Luftröhre und Mund bzw. Nase in die Luft.



Ein Herzzyklus besteht aus einer Systole und einer Diastole. Bei einer Systole kontrahiert die Herzmuskulatur und treibt das Blut aus den gefüllten Herzkammern in die Arterien. Dann entspannt sich die Muskulatur (Diastole) und das Blut fließt wieder aus den Vorhöfen in die Herzkammern.

## [21] Die Krankheiten

Krankheiten sind Störungen der normalen physischen oder psychischen Funktionen, die einen solchen Grad erreichen, dass Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden eines Lebewesens deutlich reduziert sind. Sie können akut oder chronisch verlaufen.

Jede Krankheit hat 5 wichtige Merkmale: Anamnese (Vorgeschichte), Symptomatik (Anzeichen), Diagnose (Erkennung), Prognose (Aussicht), Therapie (Behandlung).

### (1) Innere Krankheitsursachen

(1a) Genetische Defekte, Vererbung und vorgeburtliche Entwicklungsstörungen. Beispielsweise verursacht bei der Bluter-Krankheit ein genetischer Defekt einen Mangel an Gerinnungsfaktoren, so dass schon leichte Verletzungen zu schweren Blutungen führen können.

(1b) Unkontrolliertes Zellwachstum  
Krebszellen vermehren sich unkontrolliert zu wachsenden Tumoren, die das umliegende Gewebe schädigen können. Über das Blutsystem und das Lymphsystem gelangen sie in andere Körperregionen und erzeugen dort Tochtergeschwülste.

(1c) Autoimmunerkrankungen  
Dabei verliert das Immunsystem seine Unterscheidungsfähigkeit zwischen körpereigenen und fremden Zellen, so dass Immunzellen das eigene Gewebe angreifen.

### (2) Äußere Krankheitsursachen

(2a) Infektionen durch Mikroorganismen  
Viren, Bakterien, Pilze oder Einzeller dringen in den Organismus ein und führen dann zu einer Schädigung oder Zerstörung von Zellen und Geweben des Körpers.

(2b) Chemische und physikalische Einflüsse  
Dazu zählen Schadstoffe, aber auch Lärmbelastungen, als krankmachende Stressoren.

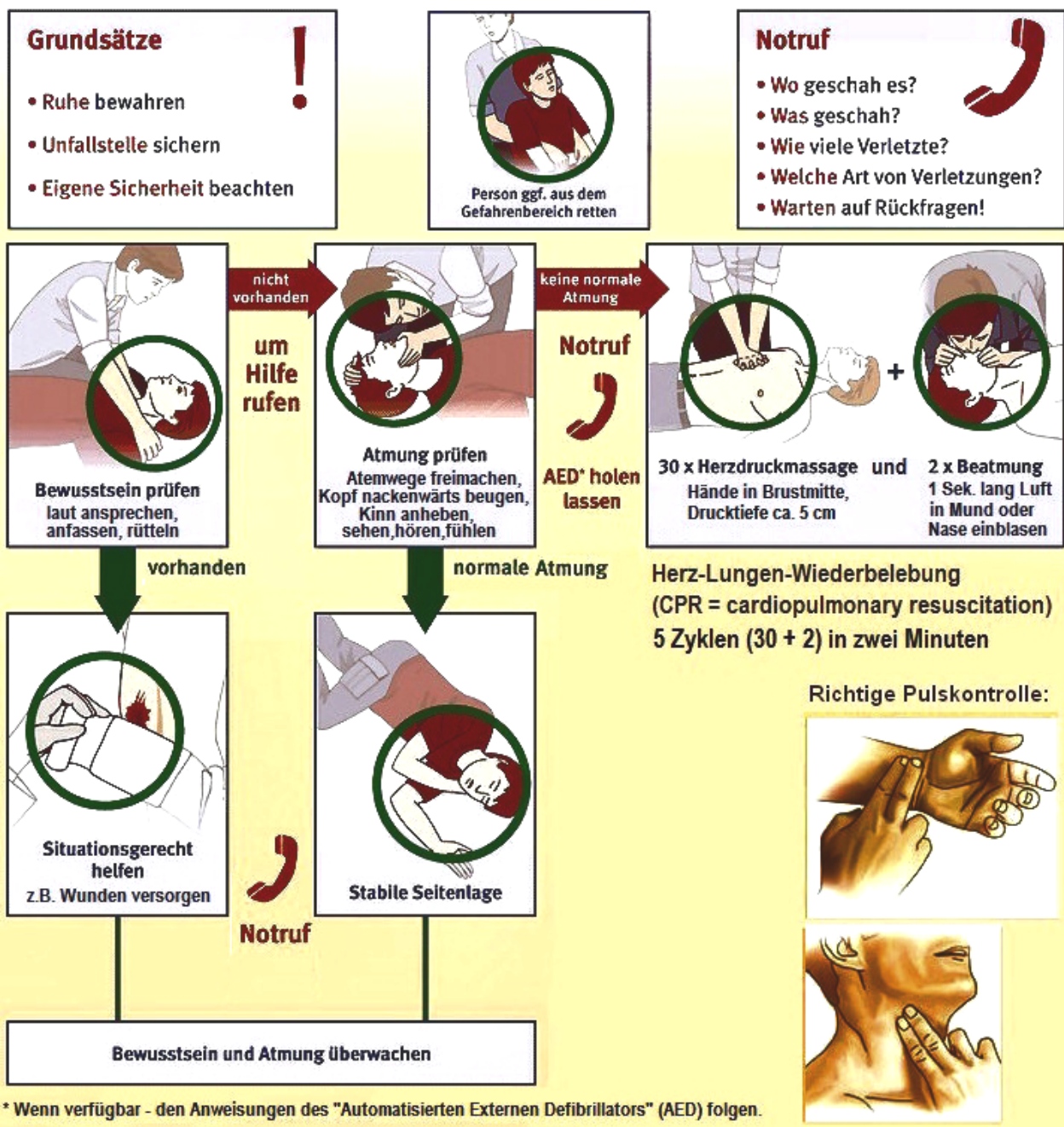
(2c) Abnutzung und Verschleiß  
Sich sehr häufig wiederholende Bewegungen oder sehr starke einseitige mechanische Beanspruchungen führen zur einer Abnutzung von Muskeln, Sehnen und Gelenken.

(2d) Traumatische Erlebnisse  
Starke psychische Belastungen wie Naturkatastrophen, Kriege oder Lebenskrisen erzeugen Stress, welcher dann physische und psychische Erkrankungen verursacht.



## [22] Die Erste Hilfe

Ein unbedingter Notfallcheck zur Ersten Hilfe umfasst die Bewusstseinskontrolle (Ansprechen, Berühren, Schmerzreizung), die Atemkontrolle (Sehen, Hören und Fühlen) und die Kreislaufkontrolle (Messen von Blutdruck und Puls). Neben der Feststellung von Herzfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz und Körpertemperatur ist die Messung von Zuckergehalt und Sauerstoffsättigung des Blutes bedeutsam.



### • Beispiel: Kreislaufkollaps

Bei Überwärmung durch hohe Umgebungstemperaturen (Hitzschlag) kann ein Kreislaufkollaps vorliegen, wenn die arteriellen Blutgefäße der Haut (und der Baueingeweide) stark erweitert werden. Dadurch kommt es zu einem Blutdruckabfall und zu verminderter Blut- und Sauerstoffzufuhr im Gehirn. Eine erste Abhilfe schafft »Liegen mit hochgelagerten Beinen«.

**• Beispiel: Schlaganfall**

Ein Schlaganfall (Apoplexie) wird entweder durch einen Verschluss eines Blutgefäßes durch einen Thrombus (ischämischer Anfall) oder durch das Zerplatzen eines Blutgefäßes (hämorrhagischer Anfall) im Gehirn verursacht. Dann erhalten die Nervenzellen im Gehirn zu wenig Sauerstoff und Nährstoffe und gehen zu Grunde. Dies kann zum Ausfall von Teilfunktionen des Zentralnervensystems führen, wie z.B. zu Lähmungen und Sprachstörungen. Ein solcher Schlaganfall kann mithilfe des FAST-Tests diagnostiziert werden:

- » Face: Beim Versuch zu lächeln wird das Gesicht einseitig verzogen.
- » Arms: Beim Versuch die Arme zu heben, sinken diese wieder herab.
- » Speech: Beim Versuch zu sprechen kommt es zu Sprachstörungen.
- » Time: Sehr wichtig ist die möglichst schnelle Verständigung des Notarztes.

Eine Therapie besteht dann in der medikamentösen Auflösung der Blutgerinnsel.

**[23] Sterben und Tod**

Das menschliche Leben ist zeitlich begrenzt. Die Gewebe und die Organe des Körpers unterliegen einem Alterungsprozess. Die Telomere an den Enden der Chromosomen der Zellkerne werden mit jeder Zellteilung kürzer und verlieren dadurch ihre Schutzfunktion für die Chromosomen.

Das Sterben ist ein mehr oder weniger lang dauernder Prozess, an dessen Ende der Tod steht. Beim Eintritt des Todes erlöschen die wichtigsten Vitalfunktionen (das Bewusstsein, die Atmung und der Kreislauf). Das endgültige Erlöschen der Gehirntätigkeit wird als biologischer Tod bezeichnet.

Sterben und Tod sind ein Teil des Lebens. Ein Auflehnen oder Verdrängen dieser Tatsache ist sinnlos. Wenn es soweit ist, dann sollte der Mensch ohne Zögern loslassen und in Würde sterben. Dazu und zum Schluss ein Gedicht eines indischen Philosophen:

*Wenn es soweit ist,  
lässt das Blatt seinen zarten Halt los  
und grüßt sein Sterben voller Anmut:  
Ist das die Zeit, wo das Tor aufgeht,  
und das Leben sein Eigenliches empfängt,  
noch ehe das Blatt den Boden berührt?*

**[24] Literaturquellen**

Alle Texte und alle Grafiken dieses Skriptums entstammen dem Psychologie-Lehrbuch »Wege zum ICH«. Das Buch kann von der Homepage »www.paukert.at« kostenlos heruntergeladen werden.