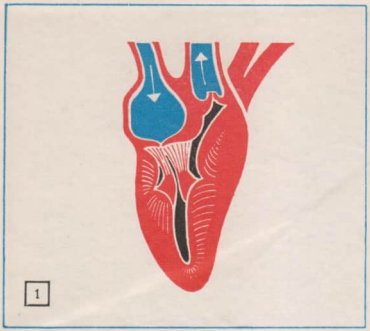
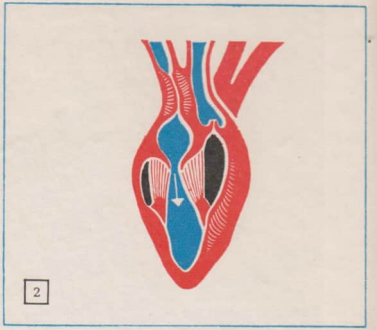
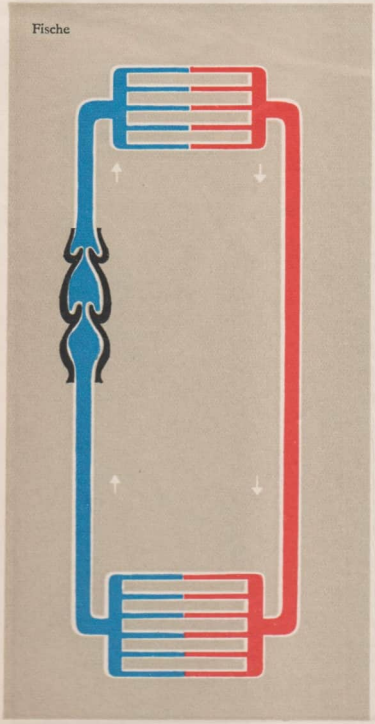
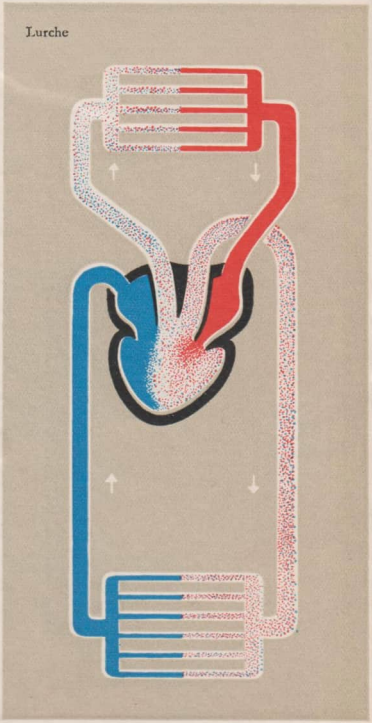
BIOLOGIE

Vorbereitungsklassen

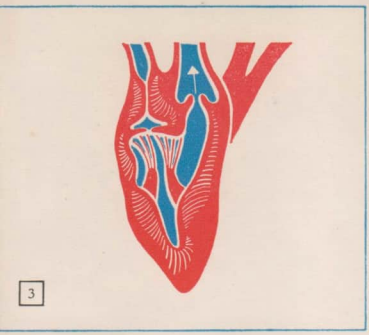

1

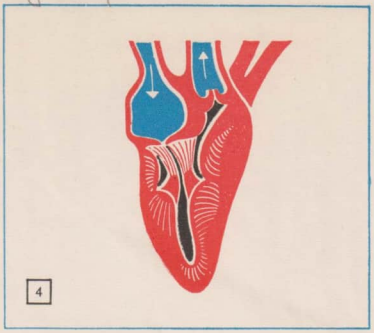

2


Fische

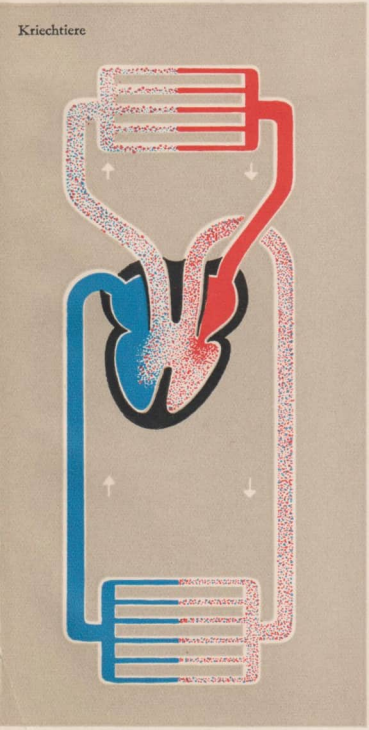

Lurche

8204

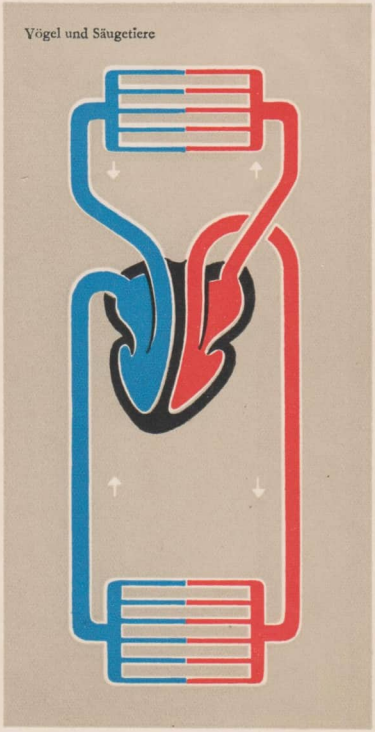




Kriechtiere



Vögel und Säugetiere



BIOLOGIE

9. Klasse · Vorbereitungsklassen

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1968

Autor: Gertrud Kummer
Redakteur: Manfred Gemeinhardt

Bei der Entwicklung des Manuskripts wurde das Lehrbuch Biologie 3 (11. Kl. EOS) teilweise mit herangezogen.

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt.

2., unveränderte Auflage
Lizenz-Nr. 203 · 1000/67 (UN)
ES-Nr. 11 H
Einband: Günter Wolff und Karl-Heinz Wieland
Vorsätze: Karl-Heinz Wieland
Typografische Gestaltung: Atelier Volk und Wissen Berlin
Satz und Druck: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden (III/9/1)
Gesetzt aus der Garamond-Antiqua
Redaktionsschluß: 20. 9. 1967
Bestell-Nr. 01 09 53-2 · Preis: 3,—

Inhaltsverzeichnis

Einführung 5

Der Aufbau des menschlichen Körpers 6

Stoff- und Energiewechsel . . . . . .

Eigenschaften des Kohlenstoffs 8
Stoffliche und energiemäßige Verbindung der Lebewesen mit ihrer Umwelt 9
Zellen sind Grundeinheiten der Lebenstätigkeit 10
Stoffwechsel und Energieumsatz der Zellen 10
Stoffwechsel des Menschen 18
Verdauung 24
Grundregeln einer gesunden Ernährung 32
Atmung und Atmungsorgane 33
Atmungshygiene 37
Das Blut und seine Funktionen 38
Hygiene der Kreislauforgane 48
Erste Hilfe bei Verletzungen 48

Wasserhaushalt und Nierentätigkeit 50

Harnorgane 52
Haut 54
Hauthygiene 57
Übersicht über die Grundvorgänge des Stoff- und Energiewechsels 57

Körperhaltung und Bewegung 59

Bau und Funktion des Muskelgewebes 59
Stützsystem 63
Erste Hilfe bei Knochenbrüchen 70
Zusammenwirken von Skelett und Muskulatur 70

Regelung der Körperfunktionen 73

Reizbarkeit als Grundeigenschaft der lebenden Materie 73
Sinnesorgane 75
Augenhygiene 81
Die anderen Sinnesorgane des Menschen 81
Das Zentralnervensystem 85

Hygiene des Nervensystems 95
Hormone 97
Wirkungsweise von Regulationssystemen 100

Fortpflanzung des Menschen 102

Weibliche Geschlechtsorgane 103
Männliche Geschlechtsorgane 104
Krankheiten der Geschlechtsorgane 106
Die Embryonalentwicklung des Menschen 106
Entwicklung des Neugeborenen 110
Die Sorge für Mutter und Kind 111
Probleme der Entwicklung der Erdbevölkerung 112

Einige bedeutende Wissenschaftler 115

Aufgaben und Fragen 119

Anleitung für Versuche und Sektionen 123

Register 126

Erläuterungen zu den Abbildungen auf den inneren Umschlagseiten 128

① Aufgabe oder Frage

1 ▼ Anleitung zu Versuch oder Sektion

Abbildungsnachweis

Zeichnungen: Deutsches Hygiene-Museum, Dresden, Tafel Nr. 2035 (Abb. S. 93); Harri Förster, Berlin (Abb. S. 115 bis 118); Eberhard Graf, Berlin (Abb. S. 6 oben, 8, 11 bis 14, 17, 42 bis 44, 45 unten rechts, 49, 51, 55 unten, 58, 61, 72, 87, 102); Kurt Herschel, Holzhausen bei Leipzig (Abb. S. 25 oben rechts, 26, 30, 47, 52 oben, 55 oben, 59, 64 unten, 81, 84, 121); Horst Link, Berlin (Abb. S. 6 unten, 7 oben, 24, 25 unten, 26 oben und Mitte, 27 bis 29, 34, 45, 46, 52 unten, 53, 54, 60, 65, 68, 69, 71, 76 bis 78, 80, 82, 83, 86, 87, 90, 91, 103 bis 105, 108, 109); Franz Frank-Renée, Berlin (Abb. S. 25 oben links, 35, 36, 38, 64 oben, 66, 71, 74, 98, 107); Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin (Abb. S. 49) Beschriftung der Zeichnungen: Eberhard Graf, Berlin

Einführung

Der menschliche Körper ist deutlich in Kopf, Rumpf und Gliedmaßen gegliedert; er besitzt ein zentrales inneres Stützorgan, die Wirbelsäule. Im System der Organismen wird der Mensch deshalb den Wirbeltieren zugeordnet. Er bringt lebende Nachkommen zur Welt, deren Entwicklung mit einer inneren Befruchtung beginnt, die sich im Körper der Mutter in einem besonderen Organ, der Gebärmutter, entwickeln und nach der Geburt gesäugt werden. Der Mensch gehört also innerhalb des Stammes der Wirbeltiere zu den Säugern.

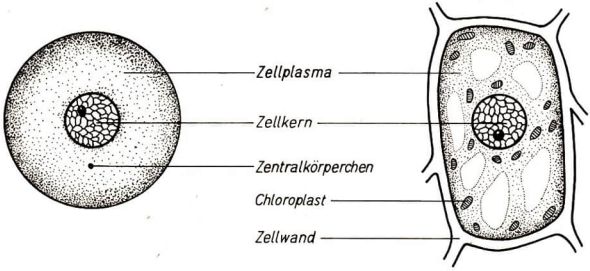
Zwischen den verschiedenen Ordnungen der Säuger ist die Übereinstimmung in den Merkmalen unterschiedlich groß. Besonders ähnlich sind sie bei Menschenaffen und Menschen. Das gilt vor allem für die Körperhaltung, die Fortbewegungsweise, den Bau und die Anordnung der Organe sowie die Zusammensetzung körpereigener Stoffe. Menschenaffen und Menschen gehören zur Ordnung der Herrentiere (Primaten).

Der Mensch unterscheidet sich jedoch durch eine Reihe wesentlicher Merkmale von den Menschenaffen. Ein charakteristisches Merkmal des Menschen ist der aufrechte Gang. Dadurch können die Vordergliedmaßen eine neue Funktion ausüben, den Gebrauch und die Herstellung von Werkzeugen. Durch die Arbeit kann der Mensch seine Umwelt entsprechend seinen Bedürfnissen beeinflussen und verändern. Die gemeinsame Arbeit der Menschen führte zum Leben in einer festgefügten Gemeinschaft, der menschlichen Gesellschaft. Im Prozeß der gemeinsamen Arbeit entwickelten sich die Sprache und das Denken. Arbeit, Sprache und Denken unterscheiden den Menschen von allen übrigen Lebewesen.

Die gesellschaftlichen Beziehungen der Menschen untereinander lassen neue Gesetzmäßigkeiten wirksam werden, die nur für die menschliche Gesellschaft gelten. Der Mensch untersteht also biologischen und gesellschaftlichen Gesetzmäßigkeiten, er ist ein biologisches und ein gesellschaftliches Wesen.

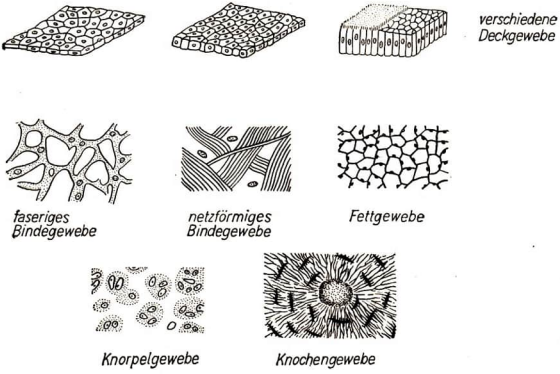
Der Bau und die Funktionen des menschlichen Organismus verdienen unsere besondere Aufmerksamkeit. Erst genaue Kenntnisse darüber ermöglichen es, unser Leben so zu gestalten, daß wir uns gesund und leistungsfähig erhalten.

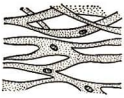
1 **Tierische Zelle** **Pflanzliche Zelle**



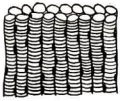
Alle Lebewesen bestehen aus Zellen. Die einzelligen Organismen führen in einer **Zelle** alle Lebensfunktionen aus: Stoffwechsel, Wachstum, Bewegung, Fortpflanzung und Reizreaktion. Bei den mehrzelligen Organismen übernehmen bestimmte Zellen oder Zellgruppen nur noch bestimmte Funktionen. Sie sind in ihrem Bau diesen Funktionen angepaßt. Gruppen gleichartig ausgebildeter Zellen mit gleicher Funktion bilden **Gewebe**. Wir unterscheiden Deckgewebe, Bindegewebe, Stützgewebe, Muskel- und Nervengewebe.

Verschiedene Gewebe des menschlichen Körpers





glattes Muskelgewebe



quergestreiftes Muskelgewebe

Herzmuskelfasern

Nervenzelle mit Fortsätzen

Verschiedene Gewebe mit gleicher Funktion bilden **Organe**. Verschiedene Organe bilden jeweils ein **Organsystem**. Die Organsysteme üben gemeinsam die Grundfunktionen des lebenden Organismus aus.

Es dienen

dem **Stoffwechsel** das Verdauungs-, das Atmungs-, das Blut-, das Kreislauf- und das Hautsystem;

der **Bewegung** das Muskel- und das Stützsystem;

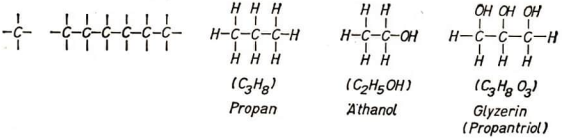
der **Reizbarkeit** das Sinnes- und das Nervensystem;

der **Fortpflanzung** das Geschlechtssystem.

Stoff- und Energiewechsel

Die Substanz der Lebewesen besteht aus vielen verschiedenen chemischen Verbindungen. Sie sind aus den gleichen chemischen Elementen zusammengesetzt wie die Verbindungen der nichtlebenden Natur. Die chemischen Verbindungen der Lebewesen unterscheiden sich von denen der nichtlebenden Materie dadurch, daß die Mengenverhältnisse der Elemente und die Art und Weise, wie diese Elemente zusammengefügt sind, anders sind als im anorganischen Bereich. Wenige Elemente herrschen mengenmäßig in den Lebewesen stark vor: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Der Kohlenstoff kommt in allen organischen Verbindungen vor. Er bildet stets das strukturelle Gerüst der Moleküle. Die Eigenarten im Bau chemischer Verbindungen der lebenden Natur bilden die Grundlage dafür, daß die Stoffe in den Lebewesen in bestimmter Weise zusammengefügt sind und regelmäßig geordnet miteinander reagieren.

Eigenschaften des Kohlenstoffs



Kohlenstoff ist vierwertig. Seine Atome können sich untereinander zu langen Ketten verbinden. Sind alle freien Bindungen mit Wasserstoff besetzt, spricht man von Kohlenwasserstoffverbindungen (z. B. Propan). Oxydationsprodukte der Kohlenwasserstoffe sind beispielsweise Äthanol und Propantriol (Glyzerin). Beide Verbindungen kommen in den Lebewesen vor. Derartige Kohlenstoffverbindungen nennt man organische Verbindungen. Die Anzahl der organischen Verbindungen ist praktisch unendlich groß.

Die chemischen und physikalischen Vorgänge laufen in den Lebewesen nach den gleichen chemischen und physikalischen Gesetzen ab wie im nichtlebenden Bereich der Materie. Es gelten zum Beispiel das Massenwirkungsgesetz, die stöchiometrischen Gesetze, die Gesetze der elektrolytischen Dissoziation, die Gesetze der Wärmelehre oder das Gesetz von der Erhaltung der Masse.

Für die Gültigkeit dieses letzten Gesetzes zeugt folgendes Beispiel:
Das Element Kohlenstoff gelangt durch die Assimilation des Kohlendioxids bei der Photosynthese der

grünen Pflanzen in die Lebewesen. Kohlendioxid ist aber nur mit 0,03% an der Zusammensetzung der Erdatmosphäre beteiligt. Der Kohlendioxidvorrat der Luft wäre also in einigen Jahrhunderten erschöpft, wenn es nicht mit Atmung und Gärungen Lebensprozesse gäbe, bei denen Kohlendioxid aus den Lebewesen abgegeben wird. Natürlich kann nicht mehr Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid abgegeben werden, als in den Lebewesen vorhanden ist. Da der Kohlenstoff bei der Photosynthese assimiliert wird, kann also auch nur so viel bei der Atmung ausgeschieden werden, wie assimiliert worden ist. Es wird aber auch nicht weniger Kohlenstoff abgegeben, denn der Kohlendioxidvorrat der Luft ist seit Jahrhunderten praktisch unverändert. Also müssen die vielen chemischen Umsetzungen, denen der Kohlenstoff zwischen Aufnahme und Abgabe des Kohlendioxids in den Lebewesen unterworfen ist, nach dem Gesetz von der Erhaltung der Masse vor sich gegangen sein.

Stoffliche und energiemäßige Verbindung der Lebewesen mit ihrer Umwelt

Eine typische Lebenserscheinung der Organismen ist das Wachstum. Dabei vergrößert sich ihr Volumen, die Volumenzunahme ist nicht umkehrbar. Wachstum bedeutet Substanzzunahme. Die Vermehrung der lebenden Substanz erfolgt durch die Aufnahme anorganischer Verbindungen durch autotrophe Lebewesen aus ihrer Umgebung. Die aufgenommenen chemischen Verbindungen und Elemente werden in den Zellen der Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen durch chemische Reaktionen in körpereigene, oft komplizierte hochmolekulare Verbindungen umgewandelt. Da die Zusammensetzung der aufgenommenen Nährstoffe selten dem Bedarf des betreffenden Lebewesens entspricht, treten Abfälle oder Überschüsse auf, die ausgeschieden werden.

Die Vorgänge der Stoffaufnahme, der chemischen Umwandlung und der Stoffausscheidung durch Lebewesen bezeichnen wir als Stoffwechsel.

Wachstum und Entwicklung eines Lebewesens sind Ergebnisse des Stoffwechsels. Wachstum, Entwicklung und Stoffwechsel sind einige der grundlegenden Lebensfunktionen, an denen wir die lebende Natur von der nichtlebenden unterscheiden können. Dazu gehören außerdem Fortpflanzung, Reizbarkeit und Bewegung.

Mit den Vorgängen des Stoffwechsels sind nicht nur Stoffumwandlungen verbunden. Diese werden ständig von Energieumsetzungen begleitet. Die Synthese hochmolekularer organischer Verbindungen erfordert von den Lebewesen einen großen Energieaufwand. Er kann nur durch Energiezufuhr für diese Reaktionen aufgebracht werden. Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie müssen energiebedürftige Prozesse durch energieliefernde gespeist werden. Ebenso wie den Stoffbedarf decken die Lebewesen auch ihren Energiebedarf aus ihrer Umgebung. Die allgemeine Energiequelle des Lebens auf der Erde ist heute die Sonnenstrahlung. Mit ihrer Hilfe vollzieht sich die Photosynthese in den grünen Pflanzen, bei der aus anorganischen Verbindungen hochmolekulare organische Kohlenstoffverbindungen aufgebaut werden. Aus diesen Verbindungen kann durch Oxydation bei der Atmung oder Gärung „portionsweise" und meist „nach Bedarf" Energie für alle anderen Lebensvorgänge in Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen freigesetzt werden. Die Energiefreisetzung ist mit dem Abbau der hochmolekularen Verbindungen verbunden. Aufbau, Umwandlung und Abbau der chemischen Verbindungen in den Lebewesen gehen ständig vor sich und befinden sich in einem wandelbaren Gleichgewicht. Sie sind mit ständigen Energieumsetzungen verknüpft, welche die Grundlage für die außerordentlich große Arbeit bilden, die von den Organismen im Verlaufe ihres Lebens aufgewendet werden muß, um Wachstum, Entwicklung, Stoffwechsel, Fortpflanzung und Reizbarkeit durchführen zu können.

Zellen sind Grundeinheiten der Lebenstätigkeit

Die Grundlage der Struktur und Funktionen aller Lebewesen bilden die Zellen. In ihnen vollziehen sich auf kleinstem Raum außerordentlich viele verschiedene Lebensvorgänge in regelmäßiger und geordneter Weise. Diese Ordnung kommt dadurch zustande, daß biologische Steuerungs- und Regelungsmechanismen wirksam sind und daß verschiedene Lebensprozesse räumlich auf die verschiedenen Organelle der Zelle verteilt ablaufen. Der Zellkern dient hauptsächlich der Steuerung von Vererbung, Zellentwicklung und Stoffwechsel. Die Plastiden der Pflanzenzellen stehen im Dienst der Assimilation des Kohlendioxids, andere Zellorganelle, Mitochondrien genannt, sind die Zentren des Energieumsatzes. Zwischen den Zellbestandteilen werden die chemischen Verbindungen hin- und herttransportiert. In den Zellen laufen in bestimmter zeitlicher Aufeinanderfolge und auf verschiedene Bestandteile räumlich aufgeteilte gesteuerte Reihen von chemischen Reaktionen ab, deren Energiebedarf durch Stoffumsetzungen gedeckt wird. Ständig wird in der Zelle lebende Substanz neu produziert, die Baustein ist für Wachstum und Vermehrung und zum Ersatz „abgenutzter" und abgebauter Teile dient. Man nennt diesen Teil des Stoffwechsels Baustoffwechsel. Die energieliefernden chemischen Umsetzungen werden als Betriebs- oder Leistungsstoffwechsel bezeichnet.

Ebenso wie die Körper aller höheren Lebewesen aus vielen Zellen zusammengesetzt sind, sind auch die Lebensvorgänge eines ganzen Organismus das Ergebnis der Lebenstätigkeit vieler Zellen. Bei den Einzellern kann eine einzige Zelle alle Lebensfunktionen ausüben.

Stoffwechsel und Energieumsatz der Zellen

Stoff- und Energiequellen der Lebewesen

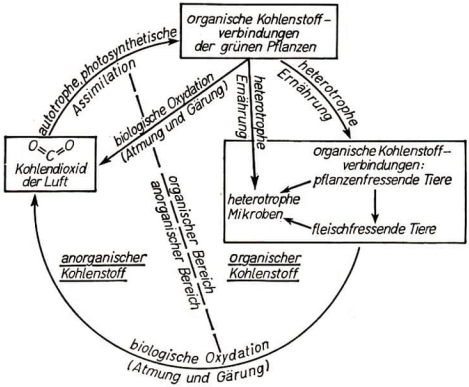
Nach ihren Nahrungsquellen lassen sich die Lebewesen in zwei Gruppen einteilen: die eine Gruppe ernährt sich von lebenden oder toten Organismen, also von organischen Stoffen, die andere aber von mineralischen oder gasförmigen Verbindungen des Bodens und der Luft, also von anorganischen Verbindungen. Zur zweiten Gruppe, den **autotrophen** Organismen, gehören die grünen Pflanzen und verschiedene Arten Bakterien. Alle übrigen Lebewesen – Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen, also auch der Mensch – gehören zur ersten Gruppe, zu den **heterotrophen** Organismen.

Die Lebenstätigkeiten beider Gruppen von Lebewesen bedingen sich gegenseitig. In den grünen Zellen der autotrophen Pflanzen vollzieht sich die Synthese aller jener organischen Verbindungen, die allen nicht grünen, heterotrophen Zellen als Nahrung dienen. Diese Synthese bedarf der Energiezufuhr. Die erforderliche Energie stammt aus der Sonnenstrahlung. Der Syntheseprozeß heißt deshalb Photosynthese. Die Photosyntheseprodukte sind energiereiche organische Verbindungen. Von den darin enthaltenen Stoff- und Energiemengen ernähren sich direkt oder indirekt alle heterotrophen Lebewesen.

Die Stoffquellen der Lebewesen sind unter den heutigen Bedingungen auf der Erde Mineralstoffe des Bodens, gasförmiges Kohlendioxid und der Sauerstoff der Luft; Energiequelle ist die Sonnenstrahlung.

Alle heterotrophen Zellen und Lebewesen decken ihren Stoff- und Energiebedarf aus den aufgenommenen organischen Verbindungen, indem sie diese umwandeln oder zur

Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur



Energiefreisetzung oxydieren. Dabei werden die Stoffe so weit abgebaut, daß bei der Atmung und Gärung als Oxydationsprodukte Wasser und Kohlendioxid entstehen und gasförmig in die umgebende Atmosphäre ausgeschieden werden. Das Kohlendioxid steht den autotrophen grünen Pflanzenzellen zu erneuter photosynthetischer Assimilation zur Verfügung.

Das Leben existiert unter den heutigen klimatischen und stofflichen Bedingungen auf der Erde im Gleichgewicht der auf- und abbauenden Lebensprozesse und durch dauernde Energiezufuhr aus dem Sonnenlicht.

Biologisch wichtige chemische Verbindungen und ihre Eigenschaften

Die wichtigsten anorganischen Verbindungen, welche von den grünen Pflanzen aufgenommen und aus denen organische Verbindungen synthetisiert werden, sind Kohlendioxid (CO_2), Wasser (H_2O), die Anionen der Nitrate (NO_3^-), Phosphate ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}) und Sulfate (SO_4^{2-}). Daneben werden aus dem Boden viele Kationen aufgenommen, z. B. Ca^{2+}, $Fe^{2+/3+}$, K^+, Mg^{2+}, Mn^{2+}, NH_4^+.

Produkte der Synthesevorgänge in den Lebewesen sind organische Verbindungen. Die wichtigsten sind Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette. Daneben entstehen verschiedene Farbstoffe, Vitamine, Gerbstoffe, ätherische Öle und Alkaloide (basische, stickstoffhaltige Verbindungen, z. B. Koffein, Nikotin).

Kohlenhydrate. Kohlenhydrate sind organische Kohlenstoffverbindungen, die neben Kohlenstoff (C) die Elemente Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) enthalten. Wasserstoff und Sauerstoff kommen in Kohlenhydraten meist in dem Mengenverhältnis 2:1, also im gleichen Verhältnis wie im Wasser vor, was auch den Namen Kohlenhydrate bedingt hat. Sie werden von den grünen Pflanzen aus Kohlendioxid und Wasser synthetisiert. Dabei dient der Wasserstoff des Wassers zur Reduktion des Kohlendioxids, und Sonnenlicht liefert die Energie für die Reduktionsvorgang. (2) ▼

Zu den Kohlenhydraten gehören Traubenzucker, Fruchtzucker (beide haben die Summenformel $C_6H_{12}O_6$), Rohrzucker, Malzzucker, Milchzucker (alle drei haben die Summenformel $C_{12}H_{22}O_{11}$), Stärke, Glykogen, Zellulose [alle drei haben die Summenformel $(C_6H_{10}O_5)_n$].

Die einfachen Zucker bezeichnet man als Monosacharide (z. B. Traubenzucker und Fruchtzucker). Sie bestehen aus einem Kohlenhydratmolekül. Besitzen die zusammengesetzten Kohlenhydrate zwei Monosacharidbausteine (z. B. Rohrzucker, Malzzucker oder Milchzucker), dann spricht man von Disachariden. Enthalten zusammengesetzte Kohlenhydrate viele Monosacharidmoleküle, dann nennt man diese Verbindungen Polysacharide. Sie sind meist nicht in Wasser löslich. Zu den Polysachariden gehören die Speicherkohlenhydrate der Tiere und Pflanzen, das Glykogen und die Stärke, die in ihren chemischen Eigenschaften sehr ähnlich sind, und Zellulose als wichtiges Strukturelement der pflanzlichen Zellwände.

Mono- und Disacharide sind meist gut wasserlöslich. Sie können daher in den Zellen und Organismen transportiert werden. Sie bilden Zwischenverbindungen der vielen chemischen Umsetzungen, die sich im Stoffwechsel der Zellen abspielen, und sind daher meist nur in geringen Konzentrationen in den Zellen enthalten. Die Speicher- und Strukturkohlenhydrate sind nicht wasserlöslich und kommen teilweise in erheblichen Mengen vor.

<u>Monosacharid</u> $C_6H_{12}O_6$ (z.B. Traubenzucker)

<u>Disacharid</u> $C_{12}H_{22}O_{11}$ (z.B. Rohrzucker)

Monosacharid + Monosacharid ⟶ Disacharid + Wasser

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

<u>Polysacharid</u> $(C_6H_{10}O_5)_n$ (z.B. Stärke)

Monosacharid + Monosacharid + Monosacharid + Monosacharid

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

⟶ Polysacharid + n Wasser

$$\longrightarrow C_{24}H_{40}O_{20} + 4\ H_2O$$

Eiweiße. Eiweiße bestehen aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff (N) und Schwefel (S). Die Synthese der Eiweiße setzt voraus, daß Kohlenhydrate vorhanden sind, die im Verlaufe komplizierter Folgen von chemischen Stoffwechselreaktionen umgewandelt und mit stickstoff- und schwefelhaltigen Gruppen verbunden werden. Diese Gruppen heißen Amino- bzw. Sulfhydrylgruppen. Sie haben die Formeln $-NH_2$ bzw. $-SH_2$. Vergleicht man diese Formeln mit denen der stickstoff- und schwefelhaltigen Mineralstoffe, die von den Pflanzen aufgenommen werden (z. B. NO_3^- und SO_4^{--}) und aus denen die organischen Verbindungen synthetisiert werden müssen, so erkennt man, daß die Sulfate und Nitrate reduziert werden müssen, ehe die stickstoff- und schwefelhaltigen organischen Verbindungen entstehen können. Die

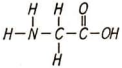
3 2

Biosynthese der Eiweiße benötigt also außer der Energie für die Synthese der Kohlenhydrate, von denen der Eiweißaufbau ausgeht, zusätzlich einen Energieaufwand für die Reduktion der Nitrate und Sulfate.

Ähnlich wie bei den Kohlenhydraten können wir niedermolekulare Bausteine der Eiweiße und die daraus zusammengesetzten hochmolekularen Verbindungen, die Eiweiße, unterscheiden. Die niedermolekularen Bausteine heißen Aminosäuren, weil sie neben der Atomgruppierung –COOH, die für die organischen Karbonsäuren charakteristisch ist, die Aminogruppe $-NH_2$ besitzen. Einige dieser Aminosäuren tragen außerdem noch eine schwefelhaltige Gruppe –SH.

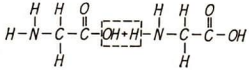
Beispiel für Aminosäuren:

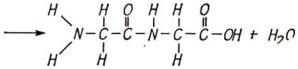
Bauformel *Summenformel*



Aminoäthansäure $H_2N - CH_2 - COOH$

Unter Abgabe von Wasser können Aminosäuren miteinander unter Bildung von Eiweißen reagieren:





In den Eiweißen der Lebewesen findet man regelmäßig 20 verschiedene Aminosäuren. Diese Eiweißbausteine kommen in verschiedener Reihenfolge vor. Gäbe es nur 10 verschiedene Aminosäuren und aus jeweils 5 davon würden niedermolekulare Eiweiße gebildet, dann wären $10^5 = 100\,000$ verschiedene Kombinationsmöglichkeiten vorhanden. Besäßen die synthetisierten Eiweiße 20 Bausteine, dann gäbe es bereits $10^{20} =$ 100 Trillionen verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. Die natürlich in den Lebewesen vorkommenden Eiweiße bestehen aber meist aus vielen Hunderten oder Tausenden Aminosäurebausteinen. Die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten ist also praktisch unendlich groß. Es gibt daher in den Lebewesen unendlich viele verschiedene Eiweiße. Sie besitzen alle unterschiedliche Eigenschaften und deshalb auch unterschiedliche Funktionen.

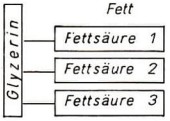
Eine dieser Funktionen ist die Katalyse der Stoffwechselreaktionen, die in den seltensten Fällen von allein ablaufen. Die große Anzahl verschiedenartiger Stoffwechselreaktionen setzt voraus, daß auch eine große Anzahl spezialisierter und verschiedenartiger Biokatalysatoren vorhanden ist. Die notwendige Vielfalt dieser Verbindungen ist bei den Eiweißen möglich. Sie erfüllen die Funktionen der Biokatalysatoren oder Fermente (Enzyme).

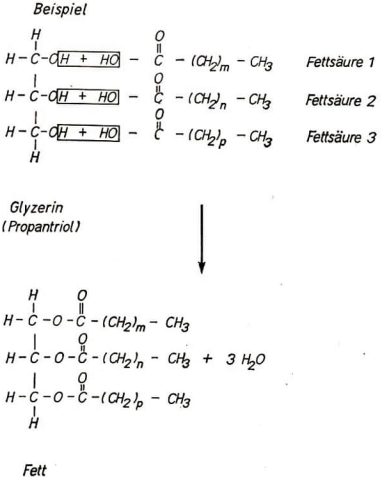
Die Eiweiße sind eine der charakteristischsten Verbindungen der lebenden Natur. Leben ist an das Vorhandensein der Eiweißverbindungen gebunden. Wir finden Ei-

weiße und Kohlenhydrate in allen lebenden Zellen. Kohlenhydrate und Eiweiße sind deshalb die wichtigsten Nährstoffe für alle heterotrophen Lebewesen, besonders für die Tiere und den Menschen.

Fette. Fette bestehen aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Obwohl die Fette aus den gleichen Elementen aufgebaut sind wie die Kohlenhydrate, bilden sie doch eine Gruppe von chemischen Verbindungen mit ganz anderen Eigenschaften. Die Mengenverhältnisse der Elemente und ihre Zusammensetzung sind anders als bei den Kohlenhydraten. Verglichen mit diesen, ist besonders der Anteil des Sauerstoffs in den Fetten außerordentlich gering. Sie sind gegenüber den Kohlenhydraten also noch weiter reduziert. Fette entstehen im Stoffwechsel der Lebewesen hauptsächlich durch Reduktionsvorgänge aus Kohlenhydraten. Diese Vorgänge erfordern einen Energieaufwand von den Zellen. Fette sind daher energiereicher als Kohlenhydrate. Infolgedessen speichern die Lebewesen bei gleicher Masse in Fetten mehr Energie als in Kohlenhydraten. Sie sind daher einer der bedeutendsten Reservestoffe der Lebewesen. Fast alle Tiere und rund 80 Prozent aller Pflanzen speichern in irgendeiner Form und an irgendeiner Stelle Fett in ihrem Körper.

Fette bestehen aus Glyzerin (Propantriol) und den damit verknüpften Fettsäuren. An ein Glyzerinmolekül können maximal drei verschiedene Fettsäuren gebunden sein. Art und Mengenanteile der Fettsäuren können jedoch bei den verschiedenen Fetten sehr unterschiedlich sein.





In geringen Mengen sind auch anorganische Verbindungen in den Zellen vorhanden. Oft liegen sie elektrisch geladen als Ionen vor (z. B. Kalium-, Kalzium-, Phosphationen).

Wasser. Besondere Bedeutung hat das Wasser. Es ist durchschnittlich mit 75 Prozent an der Zusammensetzung der Lebewesen beteiligt. Aktives Leben gibt es nur in wäßrigem Milieu. Wäßrige Lösungen bilden die Basis für alle Transportvorgänge, beispielsweise in den Adern der Tiere oder in den Leitbündeln der Pflanzen. Häufig ist Wasser auch an chemischen Umsetzungen im Stoffwechsel beteiligt. Bei der Atmung entsteht Wasser als Folge eines Oxydationsprozesses, bei der Photosynthese der grünen Pflanzen wird Wasser verbraucht.

Energiefreisetzung bei der Zellatmung

Bei allen bisherigen Betrachtungen über die wichtigsten chemischen Verbindungen und deren Funktionen in den Lebewesen haben wir immer nur die Synthese berücksichtigt und festgestellt, daß dafür Energie aufgewendet werden muß. Mit der Anreicherung von Masse in den hochmolekularen organischen Verbindungen ist aber gleichzeitig eine Energiespeicherung verbunden.

Dienen diese organischen Verbindungen irgendeinem Lebewesen oder dem Teil eines Lebewesens als Nahrung, so nehmen sie damit nicht nur Nährstoffmasse, sondern auch die lebenserhaltende Energie in sich auf. Diese Energie muß jedoch aus den aufgenommenen Verbindungen freigesetzt werden, damit sie in den Zellen des betreffenden Lebewesens zur Verrichtung von Arbeit eingesetzt werden kann. Ein Teil der aufgenommenen Nährstoffe wird in den Zellen aller Lebewesen durch chemische Umsetzungen so umgewandelt, daß der Bedarf der Zellen an chemischen Verbindungen für den Ersatz des „Verschleißes" und zum Aufbau neuer Stoffe und Strukturen mengen- und qualitätsmäßig gedeckt werden kann (Baustoffwechsel). Der übrige Teil der aufgenommenen Nährstoffe durchläuft chemische Reaktionen, die der Energiefreisetzung dienen (Betriebsstoffwechsel). Mit dieser Energie werden unter anderem die Arbeiten zum Ersatz des „Verschleißes" („Reparatur"), zur Speicherung von Reservestoffen und zum Aufbau zusätzlicher Verbindungen verrichtet. Bau- und Betriebsstoffwechsel sind unlösbar miteinander verknüpft und können nicht scharf voneinander getrennt werden.

Die biologische Synthese hochmolekularer organischer Verbindungen erfordert einen besonders hohen Energieaufwand für die Reduktion der Ausgangsstoffe. Reduktionsreaktionen sind stets mit Oxydationsreaktionen gekoppelt. Wird eine chemische Verbindung oxydiert, so wird gleichzeitig eine andere reduziert und umgekehrt. Die Umkehrbarkeit von Oxydations-Reduktions-Reaktionen und die Möglichkeit ihrer zeitlichen sowie räumlichen Trennung bilden die wichtigsten Grundlagen für die Energiespeicherung bei der Biosynthese hochmolekularer organischer Verbindungen in Lebewesen, für den Transport dieser Stoffe innerhalb des Körpers oder in den Körper anderer Organismen und für die spätere Energiefreisetzung und Verwendung der Energie.

Der wichtigste Prozeß zur Energiefreisetzung durch Oxydation in den Zellen der Lebewesen ist die Atmung. Sie ist der verbreitetste und komplizierteste Oxydationsprozeß auf der Erde. Hinsichtlich der später mit der freigesetzten Energie verrichteten Arbeit ist die Atmung auch der effektivste Oxydationsprozeß, verglichen mit ähnlichen Vorgängen auf technischem Gebiet. Die biologische Oxydation ist einer der wichtigsten Lebensprozesse und der bedeutendste Oxydationsprozeß überhaupt.

Durch die biologische Oxydation wird in den Zellen aller Lebewesen besonders jene Energie freigesetzt, die bei der photosynthetischen Assimilation des Kohlendioxids in grünen Pflanzenzellen zur Reduktion des Kohlendioxids mit Hilfe des Wasserstoffs aus dem Wasser aufgewendet wurde. Die Freisetzung dieser Energie geschieht meist erst längere Zeit nach der Energiespeicherung und oft auch in irgendeinem anderen Lebewesen, dem die synthetisierten organischen Verbindungen direkt oder auf Umwegen als Nahrung dienten. Zum Beispiel verwenden die Menschen Rindfleisch als Nahrungsmittel. Damit nehmen sie Nährstoffmasse und Energie in sich auf, die aus dem Futter der Rinder, aus grünen Pflanzen, stammen und bereits im Tier eine Umwandlung erfahren haben. In den Zellen des menschlichen Körpers wird ein Teil dieser Nahrung in körpereigene organische Verbindungen umgewandelt, während ein anderer Teil oxydiert. Die dabei freigesetzte Energie dient dem Aufbau körpereigener Stoffe und der Erhaltung der Lebensvorgänge im menschlichen Körper.

Biologische Oxydation

Verbrennt man in einer kalorimetrischen Bombe 1 Mol Glukose (Traubenzucker), so wird dabei eine Energie von 674 kcal freigesetzt. Daraus geht hervor, daß mindestens diese Energie aufgewendet werden muß, um durch photosynthetische Assimilation von Kohlendioxid 1 Mol Glukose zu synthetisieren. Bei der späteren und räumlich von der Synthese getrennten Oydation von 1 Mol Glukose können demnach auch nur maximal 674 kcal je Mol Glukose gewonnen werden.

Die biologische Oxydation des Traubenzuckers muß auf andere Weise vor sich gehen als die Verbrennung der Glukose in der kalorimetrischen Bombe, denn das Leben ist hauptsächlich an Temperaturen von 0 °C bis 50 °C gebunden und setzt Druck- und Klimaverhältnisse voraus, die den normalen Bedingungen an der Oberfläche der Erde entsprechen. Unter diesen Bedingungen sind die meisten organischen Verbindungen aber außerordentlich reaktionsträge, eine Eigenschaft, die Voraussetzung für den Bestand des Lebens unter solchen Bedingungen ist. Die biologische Oxydation ist durch eine Reihe von Eigenarten ausgezeichnet, die es gestatten, daß unter normalen Klimabedingungen auf der Erde chemische Umsetzungen in den Zellen ablaufen, die Energiefreisetzung und damit gekoppelt Energiespeicherung und Verrichtung von Arbeit gestatten.

Die biologische Oxydation von organischen Verbindungen läuft in den Zellen in einer großen Zahl von Einzelreaktionen ab, die in einer bestimmten Reihenfolge vor sich gehen und Teilschritte der vollständigen Oxydation sind. Jede dieser Reaktionen kann unter den Klimabedingungen vor sich gehen, die Voraussetzung für die Existenz des Lebens auf der Erde sind.

Ein Traubenzuckermolekül wird in einer ganzen Reihe von Umsetzungen schrittweise oxydiert.

Diese Oxydationsschritte sind dadurch ausgezeichnet, daß kein Luftsauerstoff beteiligt ist, sondern daß Wasserstoff und Kohlendioxid abgespalten werden. Dabei stammt ein Teil des Sauerstoffs des Kohlendioxids aus zelleigenem Wasser. Die oxydative Zerlegung des Traubenzuckermoleküls führt also zur Bildung von Kohlendioxid und Wasserstoff und benötigt Wasser. Der Energiegewinn ist bis hierher noch verhältnismäßig klein.

Die eigentliche Energiefreisetzung erfolgt bei der Oxydation des entstandenen Wasserstoffs mit dem Sauerstoff der Luft.

Diese „Knallgasreaktion" ist als Explosionsreaktion in den Laboratorien gefürchtet. Die beiden Elemente Wasserstoff und Sauerstoff vereinigen sich unter plötzlicher Energiefreisetzung und starker Hitzeentwicklung. In den Zellen der Lebewesen verläuft die Vereinigung von Wasserstoff aus dem Traubenzucker und Sauerstoff aus der Luft völlig ohne Explosionserscheinungen. Die Energie wird schrittweise durch eine regelmäßige Folge von Teilreaktionen freigesetzt. Die Umsetzungen, welche Energie freisetzen, sind mit solchen Reaktionen gekoppelt, die Energie speichern. Wie bei der Knallgasreaktion im Laboratorium ist Wasser das Reaktionsprodukt der biologischen Oxydation des Wasserstoffs. Es werden jene Wassermoleküle damit ersetzt, die beim Abbau der Glukose für die Oxydation des Kohlenstoffs zum Kohlendioxid benötigt wurden, und darüber hinaus noch freie Wassermoleküle gebildet.

Die vielen aufeinander abgestimmt und regelmäßig ablaufenden Teilreaktionen der vollständigen biologischen Oxydation von Glukose lassen sich in folgenden Gleichungen zusammenfassend darstellen:

$$1 \quad C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O \longrightarrow 6\,CO_2 + 12\,H_2$$

$$2 \quad 12\,H_2 + 6\,O_2 \longrightarrow 12\,H_2O \text{ (Hauptteil der biologischen Oxydation)}$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$$

Die überwiegende Anzahl der vielen Teilreaktionen, die zusammen zur vollständigen Oxydation des Traubenzuckers führen, geht unter normalen Klimabedingungen nur sehr langsam oder gar nicht vor sich. Durch chemische Katalyse wird die Reaktionsgeschwindigkeit jedoch so stark erhöht, daß die Umsetzungen unter den Bedingungen, die in den Zellen herrschen, ablaufen. Die einzelnen Teilreaktionen werden durch spezielle biologische Katalysatoren beschleunigt. Man nennt die biologischen Katalysatoren Biokatalysatoren, Fermente oder Enzyme.

Die vielen chemischen Umsetzungen, welche zusammen die biologische Oxydation vollziehen, werden durch spezifische biologische Katalysatoren in erforderlichem Maße beschleunigt. Gleichzeitig sind diese Katalysatoren (Fermente) an der Steuerung der Reaktionsfolgen beteiligt.

Fast alle organischen Verbindungen der lebenden Zellen können biologisch oxydiert werden. Hochmolekulare Verbindungen, wie Polysacharide, Eiweiße oder auch Fette werden zuerst ohne großen Energieumsatz in ihre Bausteine zerlegt. Diese werden dann nach den oben beschriebenen Regeln biologisch oxydiert.

Enthalten die oxydierbaren Verbindungen nur die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, so entstehen als Produkte ihrer vollständigen Oxydation Kohlendioxid und Wasser. Das trifft auf die Fette und Kohlenhydrate zu.

In den Eiweißen ist außerdem Stickstoff enthalten, der als Ammoniak (Aminogruppe — NH_2 → Ammoniak NH_3) vor der Oxydation der Aminosäuren abgespalten wird. Ammoniak wirkt zellvergiftend. Es wird beispielsweise im Körper des Menschen mit Kohlendioxid zusammen in Harnstoff (H_2N–CO–NH_2) verwandelt, der mit dem Urin ausgeschieden wird.

Kohlendioxid (CO_2), Wasser (H_2O) und Harnstoff (H_2N-CO-NH_2) sind die mengenmäßig überwiegenden Endprodukte der biologischen Oxydation von körpereigenen Verbindungen beim Menschen.

Der Mensch benötigt wie alle anderen Lebewesen Nährstoffe, Wasser, Mineralstoffe, Vitamine und Sauerstoff; er ißt, trinkt und atmet. Die aufgenommenen Stoffe werden im Körper umgewandelt. Sie bilden und erhalten im Stoffwechselprozeß die Zellsubstanz, sie liefern auch die Energie zur Erhaltung des Lebens.

Energiebedarf

Sorgfältige Messungen an vielen Menschen haben ergeben, daß der Energiebedarf des Körpers bei Erwachsenen in vollständiger Ruhe ohne Nahrungsaufnahme etwa 24 kcal je kg Körpergewicht in 24 Stunden beträgt. Dieser **Grundumsatz** ist innerhalb bestimmter Grenzen vom Alter, von der Körpergröße und dem Geschlecht abhängig (bei Frauen liegt er durchschnittlich 1 bis 10 % niedriger als bei Männern gleicher Körpergröße).

Täglicher Kalorienbedarf in verschiedenen Lebensaltern (Grundumsatz)

Lebensjahr	Kalorienbedarf in kcal	
	männlich	weiblich
1.	700	700
7.	1600	1600
11.	2100	1900
15.	2500	2200
19.	2800	2400

Jede zusätzliche Tätigkeit, wie Sitzen, Laufen, ja schon die Verdauungsvorgänge selbst, erhöhen den Stoffumsatz. Der **Gesamtumsatz** ist von der körperlichen Tätigkeit abhängig. Bei durchschnittlichem Körpergewicht und durchschnittlicher Arbeitsleistung hat man für verschiedene Tätigkeiten den durchschnittlichen Energieumsatz ermittelt.

Täglicher Kalorienverbrauch bei verschiedener Tätigkeit

Tätigkeit	Energieumsatz in kcal
Ohne wesentliche körperliche Anstrengung (z. B. Schneider, Optiker, Chemiker)	etwa 2800
Mit mäßiger körperlicher Anstrengung (z. B. Drucker, Lehrer, Arzt)	etwa 3000
Mittelschwere körperliche Arbeit (z. B. Traktorist, Tischler, Schlosser, Fleischer)	etwa 3400
Schwerste körperliche Arbeit (z. B. Landarbeiter, Bergmann, Gleisbauarbeiter — bei der Arbeit ohne moderne techn. Ausrüstung)	etwa 4200 bis 4500

Wissenschaftler und Praktiker haben wiederholt versucht, eine Schätzung des Wertes der Arbeitsleistung des Menschen nach dem Energieverbrauch vorzunehmen. Das ist jedoch nicht möglich. Der Energieverbrauch ist hauptsächlich von der Muskelarbeit abhängig. Diese ist aber nur eine Seite des Arbeitsprozesses, der gesellschaftlich nützlichen Tätigkeit des Menschen. Die wirkliche Leistung eines Menschen in Kalorien auszudrücken ist unmöglich.

Zusammensetzung der Nahrung

Die Nahrung des Menschen enthält neben den Nährstoffen, welche die notwendigen Kalorien liefern, noch Ergänzungsstoffe, Gewürze und Genußmittel.

Nährstoffe. Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße werden als Nährstoffe bezeichnet. Sie sind in den verschiedenen Nahrungsmitteln in unterschiedlicher Menge enthalten.

Eiweiße sind wichtige Bestandteile der Zelle. Da im Körper des Menschen ständig neue Zellen aufgebaut werden, muß immer eine bestimmte Eiweißmenge in der Nahrung enthalten sein. Man rechnet beim Erwachsenen je kg Körpergewicht etwa 1 g Eiweiß täglich; Kinder und Jugendliche benötigen etwas mehr (Wachstum). Aminosäuren können nicht gespeichert werden. Sie werden teilweise in körpereigene Eiweiße umgewandelt. Nur ein kleiner Teil der aufgenommenen Aminosäuren wird im Energiestoffwechsel verbraucht. Zuviel aufgenommene Eiweiße belasten den Organismus, ohne ihm zu nützen.

Ein Drittel bis die Hälfte der in der Nahrung enthaltenen Eiweiße soll tierischer Herkunft sein, um den Bedarf an solchen Aminosäuren zu decken, die für den Aufbau lebensnotwendiger Eiweiße unbedingt erforderlich sind. Die wichtigsten tierischen Eiweiße sind in Milch, Milchprodukten, Fleisch und Fisch enthalten.

Pflanzliche Eiweiße sind häufig von Zellulose umgeben und deshalb besonders schwer verdaulich. Kartoffeln, Hülsenfrüchte, Nüsse und wenig ausgemahlene Mehlprodukte enthalten viel pflanzliches Eiweiß.

Kohlenhydrate werden als Traubenzucker, Rübenzucker, Stärke, Glykogen oder Zellulose aufgenommen. Sie sind in zahlreichen Nahrungsmitteln enthalten (Mehl und Mehlprodukte, Kartoffeln). Bei einer richtig zusammengesetzten Nahrung werden 60 % des Kalorienbedarfs durch Kohlenhydrate gedeckt. Zuviel aufgenommene Kohlenhydrate werden in Fett umgewandelt und im Körper gespeichert.

Zellulose kann im menschlichen Körper nicht verdaut werden. Als Ballaststoff regt sie jedoch die Tätigkeit der Verdauungsorgane an und ist deshalb unentbehrlich. Auch aus diesem Grunde soll unsere Nahrung aus viel Gemüse und Rohkostsalaten bestehen.

Fette können tierischer oder pflanzlicher Herkunft sein. Von allen Nährstoffen liefern sie bei der Umsetzung im Körper die meisten Kalorien. Man rechnet für den Erwachsenen etwa 0,3 bis 0,5 g Fett je kg Körpergewicht täglich. Unsere Nahrung muß unbedingt pflanzliche Fette enthalten, um dem Stoffwechsel die erforderliche Menge lebensnotwendiger Fettsäuren zuzuführen.

Gleiche Mengen verschiedener Nährstoffe liefern bei ihrer Verbrennung verschieden große Mengen von Energie.

1 kg Kohlenhydrate	ergibt bei vollständiger Verbrennung	4100 kcal
	beim Abbau im Körper	4100 kcal
1 kg Fett	ergibt bei vollständiger Verbrennung	9300 kcal
	beim Abbau im Körper	9300 kcal

1 kg Eiweiß ergibt bei vollständiger Verbrennung 5500 kcal
beim Abbau im Körper 4100 kcal

Vergleicht man die Nährstoffe nach ihrem Kaloriengehalt, so zeigt sich: 100 g Fett sind in bezug auf die Energielieferung 227 g Kohlenhydraten oder 227 g Eiweiß gleichwertig. Dennoch können sich diese Nährstoffe nur innerhalb gewisser Grenzen gegenseitig ersetzen. Zwar können Fette und Kohlenhydrate im Stoffwechsel weitgehend ineinander übergeführt werden, trotzdem ist eine gewisse Mindestmenge an Fett in der Nahrung notwendig, um beispielsweise die Aufnahme der fettlöslichen Vitamine zu ermöglichen. Auch Eiweiße müssen in einer bestimmten Mindestmenge aufgenommen werden, da der menschliche Körper nur einen Teil der lebensnotwendigen Aminosäuren selbst aufbauen kann.

Zusammensetzung wichtiger Nahrungsmittel

(Die Angaben beziehen sich auf 100 g Ware)

Nahrungsmittel	Kalorien in kcal	Eiweiß in g	Fett in g	Kohlenhydrate in g	Wasser in g	Vit. A I.E.	Vit. B_1 in mg	Vit. B_2 in mg	Vit. C in mg	Kalzium in mg
(5) Schweinefleisch	238	11,2	20,6	0,2	37,3	—	0,6	0,25	—	10
Rindfleisch	101	17,4	3,0	0,5	51,5	150	0,15	0,25	—	19
(6) Kalbfleisch	140	17,1	7,4	0,3	52,0	50	0,18	0,25	—	12
Schweineleber	137	19,2	5,2	2,5	71,5	8000	0,40	3,00	20	10
Niere (Rind)	119	18,4	4,5	0,4	75,6	750	0,40	1,32	11	10
Geflügel	185	15,3	13,1	—	55,1	100	0,12	0,20	—	10
Hühnerei	152	12,3	10,7	0,5	65,6	1400	0,10	0,34	—	60
Blutwurst	463	13,9	43,6	0,2	40,0	400	0,09	0,05	—	20
Leberwurst	211	6,9	19,5	0,3	42,0	400	0,09	0,13	—	20
Bockwurst	177	12,4	13,6	—	68,0	150	0,09	0,07	—	10
Seefisch	43	10,0	0,2	—	47,0	300	0,09	0,20	—	20
Süßwasserfisch	52	7,3	2,4	—	41,9	150	0,05	0,25	1,0	20
Vollmilch	59	3,4	2,7	4,8	88,5	150	0,04	0,20	1,3	120
Magermilch	37	3,7	0,2	4,8	90,6	—	0,04	0,15	1,3	120
Buttermilch	37	3,7	0,7	3,7	90,9	30	0,03	0,15	0,8	110
Joghurt	56	3,3	2,8	4,0	88,3	—	0,04	0,17	—	120
Quark (E-Milch)	90	17,6	0,1	4,1	77,1	—	0,03	0,08	0,9	300
Käse (40%)	338	26,3	23,6	2,5	41,0	1330	0,05	0,36	—	675
Butter	751	0,9	80,0	0,9	17,0	3000	—	—	—	15
Schweineschmalz	926	0,3	99,4	—	0,3	—	—	—	—	—
Pflanzenöl	925	—	99,5	—	0,4	375	—	—	—	—
Margarine	729	0,5	78,0	0,4	12,3	—	—	—	—	15
Zucker	409	—	—	99,8	0,1	—	—	—	—	—
Bienenhonig	334	0,4	—	81,0	18,5	—	0,66	0,82	2,0	5
Marmelade	274	0,7	—	65,2	30,1	15	0,03	—	—	20
Vollkornbrot (Roggen)	247	7,4	1,1	50,4	37,3	—	0,20	0,07	—	25
Roggenmischbrot	251	6,3	0,9	52,9	38,5	—	0,12	0,07	—	20
Weißbrot	244	8,2	1,2	48,6	41,6	—	0,07	0,05	—	10
Weizenmehl, 40%	341	9,2	1,0	71,8	12,0	—	—	—	—	15

Nahrungsmittel	Kalorien in kcal	Eiweiß in g	Fett in g	Kohlenhydrate in g	Wasser in g	Vit. A I.E.	Vit. B_1 in mg	Vit. B_2 in mg	Vit. C in mg	Kalzium in mg
Weizenmehl, 70%	342	11,1	1,5	68,8	12,0	—	0,10	0,05	—	15
Weizengrieß	354	9,4	1,0	74,6	13,0	400	0,15	—	—	15
Teigwaren	360	9,6	1,0	75,9	12,5	—	0,12	—	—	15
Haferflocken	393	13,8	6,5	67,2	10,2	—	0,20	0,10	—	10
Reis (poliert)	358	6,9	0,5	79,4	12,6	—	0,02	0,08	—	10
Kartoffeln (gekocht)	72	1,5	0,2	15,7	81,0	—	0,10	0,07	7	10
Grüne Bohnen	37	2,5	0,2	6,0	89,1	500	0,09	0,24	4	40
Grüne Erbsen	33	2,6	0,2	5,0	85,4	400	0,12	0,30	20	20
Blumenkohl	20	1,6	0,2	2,9	90,9	33	0,10	0,10	50	20
Karotten	19	0,5	0,1	3,9	88,1	8000	0,06	0,06	1,5	40
Spinat	15	1,8	0,2	1,4	93,3	10000	0,17	0,25	20	130
Weißkohl	20	1,2	0,2	3,2	92,1	—	0,10	0,12	25	50
Kopfsalat	10	0,9	0,2	1,2	94,9	5000	0,10	0,10	5	30
Pfifferlinge	24	2,1	0,3	3,0	91,4	—	0,01	0,16	—	7
Tomaten	19	0,9	0,2	3,4	93,4	1670	0,08	0,05	25	10
Äpfel	57	0,4	—	13,0	82,0	—	0,12	0,05	6	10
Kirschen, süß	68	0,8	—	15,3	77,2	150	0,12	—	4	20
Pflaumen	72	0,8	—	15,9	75,6	100	0,12	0,05	5	10
Erdbeeren	43	1,3	—	7,6	85,4	—	0,12	—	44	30
Johannisbeeren (rot)	44	1,3	—	7,4	83,8	100	0,09	—	24	30
Johannisbeeren (schwarz)	68	1,0	—	13,7	79,0	400	0,09	0,02	140	30
Zitrone	37	0,05	—	5,5	53,1	—	0,05	0,01	50	10
Apfelsine	42	0,6	—	8,9	59,9	—	0,05	0,01	50	40
Birne	56	0,4	—	13,0	79,0	—	0,18	0,05	4	20

Ergänzungsstoffe. Wasser, Mineralstoffe und Vitamine werden vom menschlichen Körper unbedingt benötigt. Sie dienen jedoch nicht unmittelbar der Energiegewinnung. Man bezeichnet sie deshalb als Ergänzungsstoffe.

Wasser dient im Körper als Lösungsmittel für viele wasserlösliche Stoffe. Der Anteil des Wassers am Körpergewicht eines Menschen beträgt etwa 60% (Blut enthält etwa 80%, Muskulatur 76%, Knochen 21% Wasser).

Durch die Abgabe von Schweiß, Harn, Kot und bei der Atmung verliert der Körper ständig Wasser. Bei schwerer körperlicher Arbeit können bei hohen Außentemperaturen 10 bis 12 Liter Schweiß täglich abgegeben werden.

Sinkt der Gesamtwassergehalt des Körpers nur um 10 bis 15%, so verlaufen die Stoffwechselvorgänge nicht mehr normal. Der Tod kann eintreten.

Der Mensch kann 30 Tage hungern, wenn er während dieser Zeit Wasser aufnimmt; völlig ohne Flüssigkeit kann er nur kurze Zeit — etwa 3 Tage — auskommen.

Der Bedarf an **Mineralstoffen** ist unterschiedlich; er ist abhängig von der Funktion der darin enthaltenen Elemente.

Von besonderer Bedeutung für den Körper sind Eisenionen, sie sind vor allem an der Bildung des roten Blutfarbstoffes beteiligt. Kalziumionen und Phosphationen sind für den Aufbau der Knochen wichtig. Auch viele andere Elemente haben für den Organismus Bedeutung. Fehlen sie, kann es zu schweren Stoffwechselstörungen kommen.

Vitamine sind lebenswichtige organische Wirkstoffe, von denen die meisten mit der Nahrung aufgenommen werden. Viele Vitamine werden im Körper (z. B. in der Leber) gespeichert. Sie greifen in eine Reihe lebenswichtiger Prozesse als Katalysatoren ein. Sie sind für den normalen Stoffwechsel unentbehrlich und teilweise am Aufbau der Enzyme beteiligt.

Der Bedarf an Vitaminen ist nicht zu jeder Zeit gleich groß; bei schwerer Arbeit, bei Infektionen, während der Schwangerschaft steigt er beispielsweise stark an. Das Fehlen von Vitaminen in der Nahrung führt zu Mangelkrankheiten.

Im Jahre 1880 gewann der russische Gelehrte LUNIN aus Milch reine Eiweißstoffe, Fett, Milchzucker und Mineralstoffe. Tiere, die nur mit diesen Stoffen ernährt wurden, verloren an Gewicht, erkrankten und starben schließlich. Das Hinzufügen einer kleinen Menge Vollmilch zur Nahrung stellte, sofern sie rechtzeitig gegeben wurde, ihre Gesundheit wieder her. LUNIN kam auf Grund seiner Versuche zu der Schlußfolgerung, daß der Körper nicht nur Eiweißstoffe, Fette, Kohlenhydrate und Mineralstoffe benötigt, sondern auch noch andere, bis dahin unbekannte Substanzen. Der polnische Forscher FUNK gab diesen lebenswichtigen Wirkstoffen die Bezeichnung „Vitamine", weil er annahm, daß es Lebensstoffe (vita = das Leben) seien, die Stickstoff enthalten. Man bezeichnete die Vitamine mit den Buchstaben A, B, C, K usw. So werden sie auch jetzt noch bezeichnet.

Heute tragen die Vitamine meist außerdem Bezeichnungen, die sich auf ihre Wirkung, ihre chemische Zusammensetzung und ihr Vorkommen beziehen. Zur Zeit der Entdeckung als ein Wirkstoff aufgefaßte Vitamine (z. B. Vitamin B) sind heute in verschiedene Wirkstoffgruppen unterteilt (z. B. Vitamin B_1, B_2, B_{12}).

Viele Vitamine werden in den Werken unserer pharmazeutischen Industrie, beispielsweise im VEB Jenapharm, synthetisch hergestellt (z. B. Dekristol, Askorvit). Diese Vitaminpräparate können als Heilmittel bei den ersten Anzeichen einer Vitaminmangelerkrankung vom Arzt verabreicht werden.

Die industrielle Synthese der Vitamine ist eine bedeutende wissenschaftliche Leistung. Sie ermöglicht es, Millionen von Menschen bei schweren, früher nahezu kaum heilbaren Erkrankungen schnell zu helfen.

Vitamin C ist wasserlöslich und hitzeempfindlich. Es wird auch von Sauerstoff zerstört; Schwermetallsalze wirken als Katalysatoren beschleunigend auf die Oxydation ein (Gefäße zur Aufbewahrung!). Deshalb darf man Nahrungsmittel, die Vitamin C enthalten, nicht längere Zeit zerschnitten im Wasser oder an der Luft liegenlassen und nicht lange kochen (Gemüsewasser nicht weggießen!). Vitamin C ist vor allem in Früchten (Schwarze Johannisbeeren, Erdbeeren, Äpfelsinen, Zitronen, Tomaten, Paprika, Hagebutten), Blattgemüse, Kartoffeln, Zwiebeln und Petersilie enthalten. Nach langer Lagerung enthalten die Nahrungsmittel weniger Vitamin C als im frischen Zustand. Der tägliche Vitamin-C-Bedarf eines Erwachsenen beträgt 75 bis 125 mg.

Vitamin C stärkt die Widerstandsfähigkeit des Organismus, sein Fehlen führt besonders im Frühjahr zu Frühjahrsmüdigkeit oder erhöhter Anfälligkeit gegen Infektionen, da im Winter vitaminreiche Nahrungsmittel seltener genossen werden.

In besonders schweren Fällen von Vitamin-C-Mangel treten Blutungen in der Haut, der Muskulatur und den Schleimhäuten auf. Schließlich kann es auch zu Zahnausfall

kommen. Diese extremen Mangelerscheinungen wurden zuerst als Skorbut unter den Seefahrern bekannt, die lange Zeit ohne Frischgemüse auskommen mußten.

Wichtige Vitamine

Vitamin	wasser-löslich	fett-löslich	hitze-empfind-lich	ist enthalten	Mangel verursacht
A		×	×	in Butter, Milch, Eigelb, Lebertran	Hornhauterkrankung des Auges, Nachtblindheit
B_1	×		×	in Kleberschicht von Weizen, Roggen, Reis; Eigelb, Milch	Nervenentzündungen, Muskel- und Herzschwäche
B_{12}				in frischer Leber und vielen Mikroorganismen	perniziöse Anämie
C	×		×	in Früchten (Schwarze Johannisbeeren, Erdbeeren, Zitronen, Paprika, Hagebutten), Kartoffeln, Zwiebeln, Petersilie	Frühjahrsmüdigkeit, erhöhte Anfälligkeit gegen Infektionen
D		×		in Eigelb, Lebertran, Butter, im Hering	Stoffwechselstörungen
E		×		in Getreidekeimlingen, Frühgemüse, im Eidotter, in der Milch	Mangelerkrankungen beim Menschen nicht bekannt
K		×		in Grünkohl, Blumenkohl, in der Leber	Störungen der Blutgerinnung

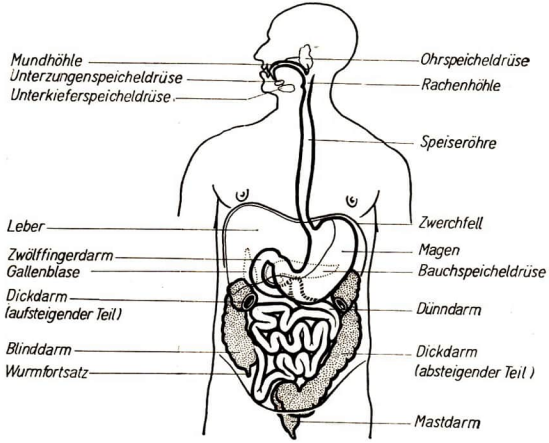
Genußmittel. Genußmittel sind Stoffe, die meist keinen Nährwert haben, jedoch gute geschmackliche Eigenschaften besitzen und eine anregende Wirkung auf das Nervensystem ausüben. Die bekanntesten Genußmittel sind Bohnenkaffee, Tabak und Alkohol. Alle Genußmittel wirken jedoch nur anregend, wenn sie in geringen Mengen genossen werden. In größeren Mengen aufgenommen, wirken sie als gefährliche Gifte und verursachen bei andauerndem übermäßigem Genuß bleibende Schädigungen des Körpers. Vor allem der sich entwickelnde Organismus ist gegen diese Gifte sehr empfindlich. Es können Schäden an inneren Organen auftreten, die sich nicht mehr beseitigen lassen. Deshalb sollten Kinder und Jugendliche Genußmittel überhaupt nicht zu sich nehmen. Jugendliche sollten insbesondere Alkohol und Tabak meiden. (7)

Gewürze. Gewürze gehören wegen ihrer geschmacksverbessernden, oft auch appetitanregenden oder verdauungsfördernden Wirkung zu einer vollwertigen Kost. Sie ent-

halten ätherische Öle und Bitterstoffe. Zu den einheimischen Gewürzen gehören beispielsweise Kümmel, Dill, Anis, Senf, Knoblauch, Bohnenkraut, Majoran und Petersilie. Die bei uns vorkommenden Gewürze haben volle Würzkraft, sie sollten viel stärker bei der Zubereitung von Speisen benutzt werden. Verwendet werden außerdem Paprika, Zimt, Muskatnuß, Vanille, Ingwer und Pfeffer. Pfeffer sollte nur in sehr geringen Mengen verwendet werden. Diese Gewürze werden in tropischen und subtropischen Gebieten angebaut.

Verdauung

Verdauungsorgane

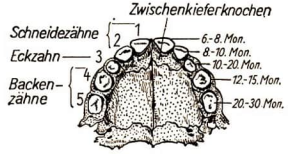


Mundhöhle

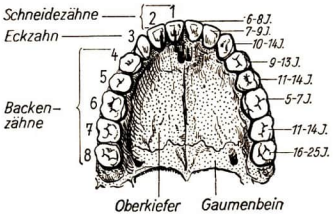
In der Mundhöhle wird die Nahrung mechanisch zerkleinert, eingespeichelt und damit wesentlich für die Verdauung vorbereitet. Im Mundboden liegt die stark verformbare, muskulöse Zunge, die mit der Wangenmuskulatur wesentlich am Kauvorgang, an der Formung des Bisses und am Schluckvorgang beteiligt ist.

Zähne. Die Zähne dienen dem Zerkleinern der Nahrung. Mit den Schneidezähnen wird die Nahrung in einzelne Bissen zerteilt, die dann durch die Mahlzähne weiter zerrieben werden.

Milchgebiß

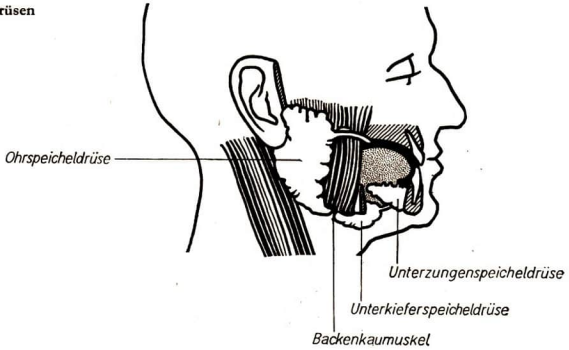


bleibendes Gebiß

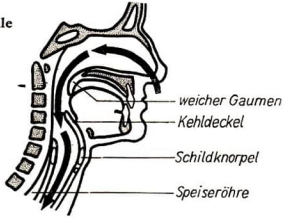


Speicheldrüsen. In der Mundhöhle befinden sich drei Paar große Mundspeicheldrüsen, die täglich 1 bis 2 l Speichel absondern. Sie liegen unter der Mundschleimhaut, sind also in der Mundhöhle nicht zu sehen. Die Ausführungsgänge der Ohrspeicheldrüsen münden rechts und links in der Wangenschleimhaut gegenüber den oberen Backenzähnen, die Ausführungsgänge der anderen Speicheldrüsen unter der Zunge.

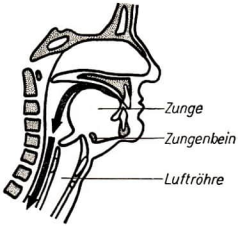
Speicheldrüsen



Mundhöhle

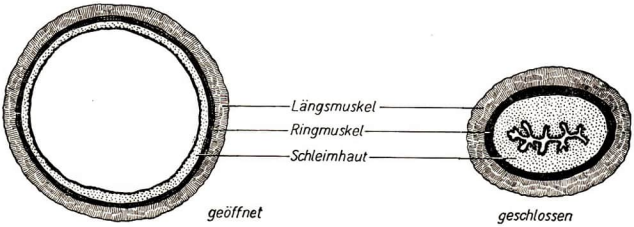


beim Atmen



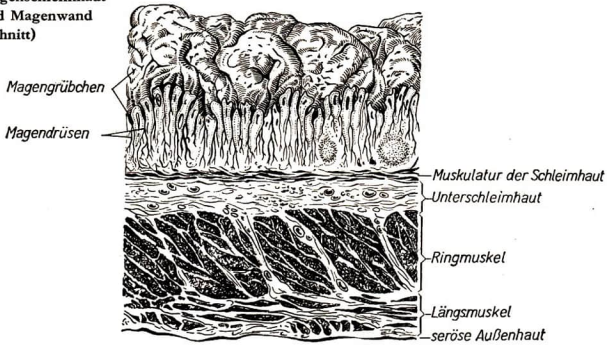
beim Schlucken

Speiseröhre

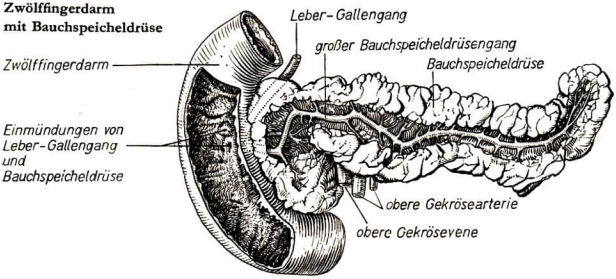


Magen

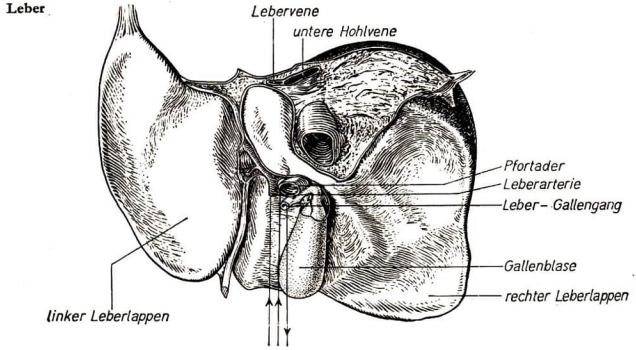
Magenschleimhaut und Magenwand (Schnitt)



Darm und Anhangsorgane



Durch den verästelten Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse gelangt der Bauchspeichel in den Anfangsabschnitt des Dünndarms, den Zwölffingerdarm. Der Bauchspeichel enthält einige wichtige Verdauungsfermente. Im Drüsengewebe der Bauchspeicheldrüse liegen wie Inseln die Langerhansschen Zellen, die ein Hormon bilden, das unmittelbar ins Blut abgegeben wird. Es wird als Insulin bezeichnet und ist wesentlich an der Regulierung des Kohlenhydratstoffwechsels beteiligt (Zuckerkrankheit). Diese Langerhansschen Inseln stehen nicht mit dem Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse in Verbindung.



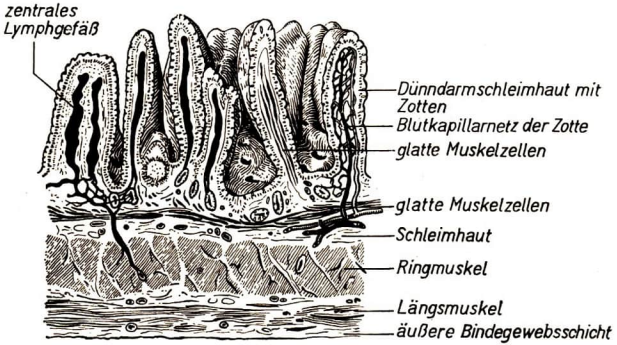
Die **Leber** ist die größte Drüse des menschlichen Körpers. Ihr Drüsengewebe besteht aus etwa einer Million kleiner Leberläppchen, die sich aus feinen Strängen feiner Leber-

zellen zusammensetzen. Durch die Pfortader wird der Leber vom Darm und von der Milz Blut zugeführt. Die Äste der Pfortader umspinnen die Leberzellen. Dadurch kommt das Blut mit dem Lebergewebe in engste Berührung.

Das Pfortaderblut führt der Leber die im Darm aufgenommenen Stoffe (Kohlenhydrate und Eiweiße) zu. Sie werden von den Leberzellen aufgenommen, in denen sich verschiedene Stoffwechselvorgänge abspielen. So wird Traubenzucker zu Glykogen umgebaut, Eiweiße werden abgebaut. Aus Abbaustoffen der roten Blutkörperchen bilden die Leberzellen Gallenfarbstoffe, die zusammen mit verschiedenen anderen Stoffen als Gallensaft in der Gallenblase gesammelt werden. Bei Bedarf wird der Gallensaft an den Dünndarm abgegeben.

Der **Dünndarm** hat eine lichte Weite von etwa 3 cm und ist beim lebenden Menschen etwa 3 bis 5 m lang. Er liegt in zahlreichen Windungen in der Bauchhöhle. An der rechten unteren Bauchseite mündet er etwas oberhalb von dessen Anfangsteil in den weiten Dickdarm. Der Anfangsteil des Dickdarms bildet einen blind endenden Sack, den Blinddarm mit dem Wurmfortsatz.

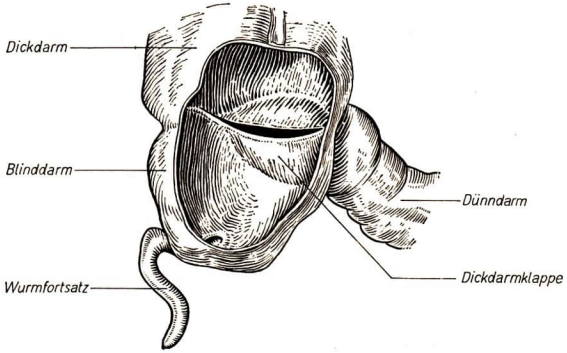
Längsschnitt durch die Dünndarmwand



Am **Dickdarm** unterscheidet man einen aufsteigenden, einen querliegenden und einen absteigenden Teil, dessen letzter Abschnitt als Mastdarm bezeichnet wird. Die Schleimhaut des Dickdarms ist ohne Zotten.

Bauchfell. Das Bauchfell ist eine allseitig geschlossene, sackartige Haut mit einem spaltähnlichen Innenraum, der Bauchfellhöhle. Diese Haut überzieht mit ihrer Außenfläche die Wandungen der Bauchhöhle und die Oberfläche der meisten in der Bauchhöhle gelegenen Organe. Sie besteht aus Bindegewebe, das an der Innenseite des Bauchfellsackes von einem einschichtigen, eine seröse Flüssigkeit absondernden Epithel überzogen ist. Diese Flüssigkeit macht die Innenseite des Bauchfellsackes glatt und feucht. Dadurch können die Bauchorgane, besonders der Magen und der Darm, bei Lage- und Größenänderungen reibungslos aneinander gleiten.

Blinddarm



Verdauungsvorgänge

Durch die Verdauungsvorgänge wird die Nahrung so umgewandelt, daß sie von den Körperzellen aufgenommen und zur Energiegewinnung oder zur Bildung körpereigener Substanzen benutzt werden kann. Verdauungssäfte durchdringen die Nahrung, die in ihnen enthaltenen Fermente lösen verschiedene chemische Reaktionen aus, durch die eine Veränderung der Nährstoffe erfolgt.

In der **Mundhöhle** wird die Nahrung zunächst durch die Zähne zerkleinert, so daß sie von den Fermenten besser angegriffen werden kann. Die 3 Paar Mundspeicheldrüsen sondern Speichel ab, der beim Kauen mit der Nahrung vermischt wird. Der Speisebrei wird dünnflüssiger und läßt sich leichter schlucken. Die im Mundspeichel enthaltenen Fermente beginnen, die in der Nahrung enthaltenen Polysacharide (Stärke) in einfachere Kohlenhydrate (Zucker) umzuwandeln. Dieser Vorgang wird jedoch nicht abgeschlossen, weil die Nahrung nur kurze Zeit im Mund verbleibt. Intensives, längeres Kauen fördert die Verdauung! (8) 4 ▼

Der gut gekaute, eingespeichelte Speisebrei wird verschluckt. Das **Schlucken** läuft normalerweise ohne unseren Willen ab. Wir beginnen zu schlucken, wenn der Nahrungsbrei die hintere Rachenwand berührt. Schlucken kann jeder Mensch schon, wenn er gerade geboren wurde. Solche angeborenen, unabhängig von unserem Willen ablaufenden Körperfunktionen bezeichnen wir als unbedingte Reflexe. Beim Schlucken wirken die Ringmuskeln und die Längsmuskeln der Speiseröhre zusammen. Die magenwärts gelegenen Ringmuskeln erschlaffen, die mundwärts gelegenen ziehen sich zusammen und drücken den Speisebrei nach unten. Gleichzeitig kontrahieren sich die Längsmuskeln, sie verkürzen die Speiseröhre und beschleunigen so die Weiterbewegung des Speisebreies. Auf diese Weise wird die Nahrung im gesamten Verdauungskanal weiterbefördert (Peristaltik). Feste Stoffe durchlaufen die Speiseröhre in 6 bis 8, Flüssigkeiten in etwa 1,5 Sekunden.

Im **Magen** verweilt der Speisebrei je nach seiner Zusammensetzung längere Zeit.

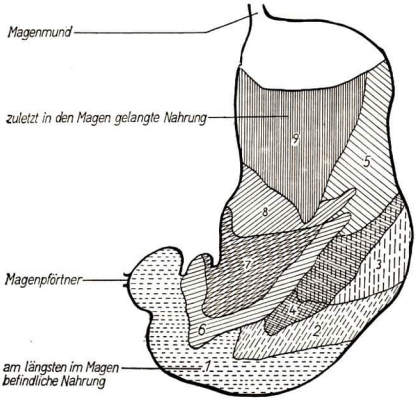
Verweildauer der Nahrung im Magen

1 bis 2 Std.	2 bis 3 Std.	4 bis 5 Std.	etwa 8 Std.
Fleischbrühe	Milch	Rindfleisch (gebraten)	Ölsardinen
Reis	Fisch (gekocht)	Linsen	
	Kartoffeln	Schnittbohnen	
	Weißbrot	Salzhering	
Wein	Blumenkohl	Gänsebraten	
	Kaffee mit Sahne		

Der Speisebrei ist schwach alkalisch, wenn er in den Magen kommt. Der Magensaft jedoch reagiert sauer. Er enthält die Magensäure, beim Menschen eine etwa 0,5- bis 1 %ige Salzsäure, und ein eiweißspaltendes Ferment, das Pepsin. Die Nahrung wird im Magen so geschichtet, daß der alkalische Mundspeichel noch eine Weile weiter wirken kann. Neu in den Magen gekommene Nahrung liegt ziemlich in der Mitte, sie wird durch nachfolgende Nahrung und die Peristaltik des Magens allmählich an die Magenschleimhaut gebracht und immer mehr vom Magensaft durchsetzt. Das durch Salzsäure aktivierte Pepsin spaltet einen Teil der Eiweiße in einfachere Verbindungen. Ein

9
5

Schichtung des Mageninhaltes



Muskel am Magenausgang, der Pförtner, regelt die Weitergabe des Speisebreies in den Dünndarm.

Im **Dünndarm** werden durch den Darmsaft und den Bauchspeichel die Nährstoffe weiter abgebaut. Der Gallensaft bereitet die Fettverdauung vor, indem er das Fett in kleine Tröpfchen zerteilt (Emulgierung), die von den Fermenten besser beeinflußt werden können. Die Fermente im Dünndarm bauen Stärke und Zucker über verschiedene Zwischenstufen bis zu Traubenzucker (Monosacharid) ab. Eiweiße werden bis zu Aminosäuren abgebaut, Fette in Fettsäuren und Glyzerin zerlegt. Durch die Darmzotten werden die Bestandteile der Nährstoffe in den Körper weitergeleitet. Die zahlreichen kleinen Blutgefäße der Zotten nehmen Monosacharide und Aminosäuren auf und führen sie den größeren Blutgefäßen zu. Durch den Blutkreislauf gelangen diese Stoffe in alle Teile des Körpers und werden dort verbraucht. Fettsäuren und Glyzerin werden durch die Lymphgefäße der Darmzotten aufgenommen, dort wieder zu Fetten umgewandelt und über Lymphgefäße ebenfalls dem Blutkreislauf zugeführt. Die in der Nahrung enthaltenen direkt wasserlöslichen Stoffe (Salze, Vitamine) werden über die Darmzotten in die Blutgefäße befördert.

Ein Teil der Nahrung wird gewöhnlich nicht verdaut. Dazu gehören Stoffe, die durch unsere Verdauungsfermente nicht gespalten werden, vor allem die Zellulose aus der Zellwand der Pflanzen. Wir bezeichnen diese Stoffe als Ballaststoffe. Die Ballaststoffe vermehren die Menge des Nahrungsbreies, füllen also den Verdauungskanal und regen dadurch dessen Tätigkeit an.

Nahrungsmittel mit einem hohen Zellulosegehalt, etwa Schwarzbrot und Gemüse, fördern die Verdauung und wirken Verstopfungen entgegen.

Alle Stoffe des Nahrungsbreies, die nicht von den Schleimhäuten des Dünndarms aufgenommen werden, gelangen in den Dickdarm.

Der **Dickdarm** enthält viele Bakterien und andere Einzeller. Sie ernähren sich von den unverdauten Nahrungsresten und spalten dabei teilweise die Zellulose zu Zucker. Was von den Mikroben so weit zerlegt werden kann, daß es in wäßriger Lösung vom Körper aufgenommen werden kann, wird im Dickdarm den Nahrungsresten entzogen.

Der Dickdarm des Menschen hat vor allem die Funktion, Wasser aufzunehmen. Mit den Verdauungssäften werden vom Organismus täglich etwa 6 bis 8 l Flüssigkeit in den Verdauungskanal abgesondert: 1 bis 2 l Mundspeichel, 1 bis 1,5 l Magensaft, 0,5 bis 1 l Gallensaft, etwa 1,5 l Bauchspeichel und 2 l Darmsaft. Diese großen Wassermengen müssen dem Organismus erhalten bleiben. Sie werden im Dickdarm zum Teil dem Nahrungsbrei entzogen und an das Blut abgegeben.

Der Kot, der schließlich den Organismus verläßt, enthält nur noch 75 % Wasser. 15 % des Kots bestehen aus unverdauten Nahrungsresten und 10 % aus Bakterien. Der Kot gelangt aus dem absteigenden Teil des Dickdarms in den letzten Darmabschnitt, den Mastdarm. Die Füllung des Mastdarms durch den Kot bewirkt die Dehnung der Darmwand; dadurch werden reizbare Zellen in der Darmwand erregt: Es kommt zum Stuhldrang. Der Kot darf nicht zu lange zurückgehalten werden, weil bei der Tätigkeit der Bakterien schädliche Stoffe entstehen, die bei zu langem Verweilen des Kots im Darm von der Darmwand aufgenommen und dem Blut zugeführt werden können. Außerdem kann der Reflex, der zur Stuhlentleerung führt, in seinem Ablauf gestört werden, so daß eine langwierige Verstopfung entsteht. Wie auch für andere Körperfunktionen, so ist für die Stuhlentleerung das Einhalten einer bestimmten Tageseinteilung von entscheidender Bedeutung. Sie unterstützt die Tätigkeit der Verdauungsorgane und fördert das körperliche Wohlbefinden.

Die Verdauung der Nährstoffe

Kohlenhydrate (Stärke, Rübenzucker)	
werden im Mund durch	Mundspeichel
Magen	Mundspeichel
Zwölffingerdarm	Darmsaft und Fermente
Dünndarm	Sekret der Bauchspeicheldrüse
zu Traubenzucker,	
Eiweiße	
werden im Magen durch	Magensaft (Pepsin, Salzsäure)
Zwölffingerdarm	Darmsaft, Fermente der Bauchspeicheldrüse
Dünndarm	Darmsaft
zu Aminosäuren,	
Fette	
werden im Zwölffingerdarm durch	Gallensaft (Fettverteilung) Darmsaft Fermente der Bauchspeicheldrüse
Dünndarm	Darmsaft
zu **Fettsäuren und Glyzerin** abgebaut.	

Grundregeln einer gesunden Ernährung

Eine richtige, den Erkenntnissen der Ernährungswissenschaft entsprechende Ernährung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung unserer Gesundheit und unserer Leistungsfähigkeit. Deshalb muß man einige Regeln beachten. Der Tagesbedarf an Nahrung soll nur zu den Mahlzeiten aufgenommen werden. Normalerweise sollten das 3 Hauptmahlzeiten (1. Frühstück, Mittagessen und Abendessen) und höchstens 2 Nebenmahlzeiten (2. Frühstück und evtl. Nachmittagskaffee) sein. Dabei haben 1. Frühstück und Mittagessen die größte Bedeutung. Das Abendessen soll leichte Kost enthalten und spätestens 2 Stunden vor dem Schlafengehen eingenommen werden. Die Nahrung muß den Energiebedarf des Körpers decken, sie darf aber nicht darüber hinausgehen, da unverbrauchte Nährstoffe im Körper gespeichert werden (Fettgewebe!) und den Körper unnötig belasten. Sie muß die Nährstoffe im richtigen Verhältnis zueinander enthalten, ein Teil der Eiweiße muß tierischer Herkunft, ein Teil der Fette sollen Pflanzenfette sein. Die Nahrung muß ausreichend Vitamine und Ballaststoffe (Rohkost, Gemüse, Obst) enthalten. Sie soll schmackhaft, aber nicht zu stark gewürzt sein. Zu scharfe Speisen, beispielsweise mit viel Pfeffer zubereitet, schädigen die Schleimhaut der Verdauungsorgane und können zu Erkrankungen führen (Schleimhautentzündungen, Geschwüre). Häufiger, übermäßiger Genuß von Alkohol und Nikotin schädigt ebenfalls die Schleimhaut der Verdauungsorgane.

Die Mahlzeiten sollen regelmäßig (täglich möglichst zur gleichen Zeit) und in Ruhe eingenommen werden. Dabei haben eine geschmackvoll angerichtete Mahlzeit, ein ordentlich gedeckter Tisch und eine freundliche, ruhige Atmosphäre bei Tisch eine besondere Bedeutung. Hastig aufgenommene, womöglich zu heiße oder zu kalte Speisen können ebenfalls zur Ursache für Verdauungsstörungen oder Erkrankungen des Verdauungssystems werden.

Atmung und Atmungsorgane

Der Körper gewinnt die Energie, die er zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge benötigt, durch eine Kette langsamer, von Fermenten gesteuerter biologischer Oxydationen. Die Endprodukte dieser Oxydationen, Wasser und Kohlendioxid, werden durch den Gasaustausch aus dem Körper entfernt, Sauerstoff wird aufgenommen. Diesen Vorgang bezeichnen wir als Atmung.

Wir unterscheiden eine innere und eine äußere Atmung. Als äußere Atmung bezeichnet man den Luftwechsel in den Lungen, den Gasaustausch in den Lungenbläschen und den Transport der Gase im Blut. Unter innerer Atmung versteht man den Gasaustausch in den Geweben und die biologische Oxydation in den Zellen. Hierbei wird Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid gebildet.

Atemwege

Die Luft strömt durch die oberen Luftwege (Nasenhöhle, Kehlkopf, Luftröhre) in die Lunge.

Durch die **Nase** strömt die Luft bei geschlossenem Mund ein und aus. Ihre beiden Höhlen sind durch eine Scheidewand getrennt. An die von den Nasenbeinen und dem Oberkiefer umrahmten knöchernen Nasengänge schließt sich vorn das aus Knorpeln bestehende bewegliche Nasenskelett an.

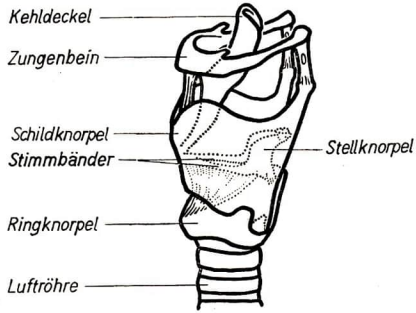
Die im Nasenvorhof befindlichen Haare bilden einen Schutz gegen Fremdkörper. Die venenreiche Nasenschleimhaut besitzt ein Flimmerepithel, wie es in allen Luftwegen vorkommt. In die Nasenhöhlen ragen die Nasenmuscheln so weit vor, daß nur ein schmaler Spalt bleibt, der bei Schwellung der Schleimhäute leicht verstopft (Schnupfen). Nachdem die Luft am Epithel entlang strömte, gelangt sie durch die hinteren Nasenöffnungen in den unpaaren Nasen-Rachen-Raum, in dessen oberem Abschnitt die Rachenmandel liegt. Im Rachenraum kreuzt die Luft den Speiseweg. Sie gelangt dann in die Luftröhre, an deren Eingang der Kehlkopf liegt. In der Nase wird die Atemluft erwärmt und gereinigt. Dabei werden bis zu 80 % aller Staubteilchen und Keime aus der Atemluft entfernt. Durch das stets feuchte Epithel wird die eingeatmete Luft nahezu mit Wasserdampf abgesättigt. Die zahlreichen Gefäße erwärmen die Luft.

Kehlkopf

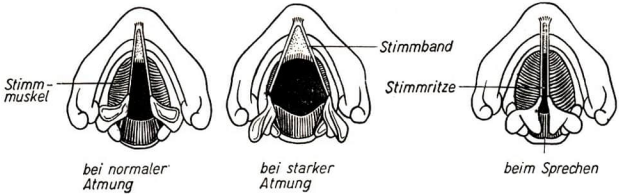
Der Kehlkopf ist wesentlich an der Stimmbildung des Menschen beteiligt. Die von Schleimhaut überzogenen Stimmbänder (Stimmlippen) bilden die Stimmritze. Durch Muskeln können die Stimmlippen verkürzt, verlängert, gespannt oder entspannt werden. Dadurch ist die Stimmritze unterschiedlich weit geöffnet. Wird durch die nahezu geschlossene Stimmritze Luft hindurchgepreßt, geraten die Stimmbänder und die Atem-

luft in Schwingungen, und es werden Töne erzeugt. Länge, Dicke und Spannung der Stimmbänder bedingen die Tonhöhe, die Stärke des Luftstromes bestimmt die Tonstärke unserer Stimme. Beim Mann sind die Stimmbänder etwa 25 mm, bei der Frau etwa 15 mm lang. Im Alter von 14 bis 16 Jahren wächst bei Jungen der Schildknorpel stärker als bei Mädchen. Dadurch werden auch die Stimmbänder länger, und die Stimme der Jungen wird tiefer (Stimmbruch).

Kehlkopf (von der Seite)



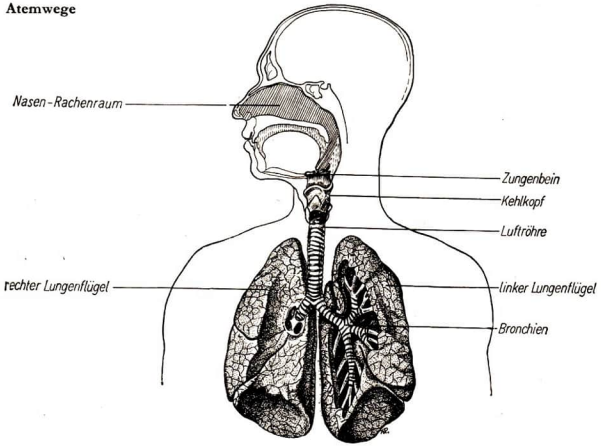
Kehlkopf (von oben)



Rachen-, Mund- und Nasenraum bilden einen Resonanzraum, der unsere Stimme verstärkt, ihr Klangfarbe gibt und die Lautbildung ermöglicht. Die **Luftröhre** schließt sich an den Kehlkopf an. Sie ist etwa 12 cm lang und besteht aus 16 bis 20 hufeisenförmigen Knorpelspangen, deren Bögen nach vorn gerichtet sind. Die Knorpel halten die Luftröhre ständig offen. In Höhe des 5. Brustwirbels verzweigt sich die Luftröhre in zwei Äste, die beiden Hauptbronchien, die zu den beiden Lungenflügeln führen.

Der linke Lungenflügel besitzt zwei, der rechte drei Lungenlappen. Die Hauptbronchien verzweigen sich darin in immer kleinere Bronchien, deren Endabschnitte nur aus einer dünnen Wand aus elastischem Gewebe und feinsten Muskelfasern bestehen. Sie bilden mikroskopisch kleine Läppchen, deren Ausbuchtungen Lungenbläschen genannt

Atemwege



werden (s. S. 128). Die Lungenbläschen sind von einem dichten Netz von Kapillaren und feinen elastischen Fasern umgeben. Die Bläschen werden beim Einatmen verengt, beim Ausatmen erweitert. Man schätzt die Anzahl der Lungenbläschen auf 500 bis 700 Millionen, ihre Gesamtoberfläche auf 100 bis 120 m². An ihnen erfolgt der Gasaustausch in der Lunge.

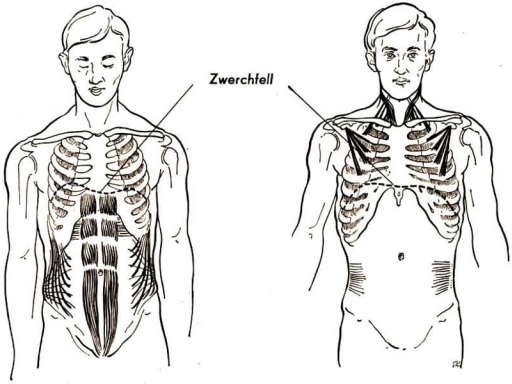
Atembewegungen

Der Luftwechsel in der Lunge erfolgt durch abwechselnde Vergrößerung und Verkleinerung des Brustraumes. Durch Erweiterung des Brustraumes entsteht ein Unterdruck in der Lunge, der durch einströmende Außenluft ausgeglichen wird (Einatmung). Bei der Verengung des Brustraumes entsteht ein Überdruck, der ein Ausströmen der Luft zur Folge hat (Ausatmung).

An der Atmung ist auch das Zwerchfell beteiligt, ein Muskel, der von dem Rippenbogen zu einer Sehnenplatte in der Mitte des Körpers zieht. Das Zwerchfell bildet mit seiner Sehnenplatte eine Scheidewand zwischen Bauchraum und Brustraum. Wenn es sich zusammenzieht, bewegen sich seine Seitenteile nach unten. Dadurch wird der Brustraum größer; die Baucheingeweide werden nach unten und vorn gedrängt. Wenn das Zwerchfell erschlafft, nehmen die Eingeweide durch den Druck der Bauchmuskulatur (Bauchpresse) wieder ihre alte Lage ein (Abb. S. 36).

Die Atembewegungen der Brustwand bezeichnen wir als Brustatmung, die Atembewegungen der Bauchwand als Bauchatmung. Bei den Männern überwiegt im allgemeinen die Bauchatmung, bei den Frauen dagegen die Brustatmung.

Atembewegungen



Ausatmung *Einatmung*

Gasaustausch

In der Ruhe atmet der Mensch etwa 12- bis 14mal in der Minute. Bei jedem Atemzug
(10) atmet er etwa 500 cm³ Luft aus und ein, in der Minute also 6000 bis 7000 cm³. Im
Schlaf atmen wir nur etwa 10mal in der Minute, bei körperlicher Anstrengung oder
(11) Sport 40- bis 60mal. Bei langsamer, tiefer Ein- und Ausatmung kann der Luftwechsel bei einem Atemzug bis zu 4000 cm³ erreichen.

Die eingeatmete Luft enthält etwa 21 % Sauerstoff und 0,03 % Kohlendioxid, die ausgeatmete Luft 16 % Sauerstoff und 4 % Kohlendioxid. Der Atemluft werden in der Lunge durchschnittlich etwa 5 % Sauerstoff entzogen.

Der Gasaustausch in den Lungen beruht im wesentlichen auf der Diffusion. Das aus dem Körper zur Lunge kommende Blut hat einen höheren Kohlendioxiddruck und einen niedrigeren Sauerstoffdruck als die Luft in den Lungenbläschen. Deshalb diffundiert der Sauerstoff aus den Lungenbläschen ins Blut, das Kohlendioxid aus dem Blut in die Lungenbläschen. Das Kohlendioxid wird mit der Atemluft ausgeatmet, der Sauerstoff wird durch das Blut zu den verschiedenen Körperzellen transportiert. In den lebenden Zellen laufen ständig Oxydationsvorgänge ab, bei denen Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid und Wasser gebildet werden. Dadurch besteht ein Sauerstoffdruckgefälle vom Blut zu den Zellen der Gewebe und ein Kohlendioxiddruckgefälle von den Geweben zum Blut. So kommt auch hier ein Gasaustausch zustande (s. auch S. 101).

Atmungshygiene

Für die Erhaltung unserer Gesundheit und die normale Funktion aller Organe ist es notwendig, dem Organismus ständig die erforderlichen Mengen Sauerstoff zuzuführen. Sauerstoffmangel führt zu Ermüdungserscheinungen und ruft Kopfschmerzen hervor. Es ist deshalb erforderlich, daß in allen Räumen, in denen wir uns aufhalten, stets für frische Luft gesorgt wird. Vor allem in geschlossenen Räumen, in denen sich zahlreiche Menschen aufhalten, muß eine gute Lüftung garantiert sein (Belüftungsanlagen). Besonders gesund ist regelmäßige Bewegung an frischer Luft. Sportliche Betätigung und tiefes Ein- und Ausatmen bei Spaziergängen führen dem Körper den nötigen Sauerstoff zu, sie kräftigen zugleich die Atemmuskeln und regen die Tätigkeit der Kreislauforgane an.

Die Luft geschlossener, schlecht durchlüfteter Räume schadet uns nicht nur durch zu geringen Sauerstoffgehalt und einen zu hohen Anteil Kohlendioxid, sie enthält außerdem auch noch krankheitserregende Bakterien und Viren. Gerade die Atmungsorgane, die mit der Außenluft unmittelbar in Verbindung stehen, bieten vielen Krankheitserregern gute Entwicklungsbedingungen. Ihre Schleimhäute sind stets feucht, die Temperatur (im Nasen-Rachen-Raum z. B. 36,5 °C) ist für die Vermehrung der Bakterien günstig. Die Atemorgane sind deshalb Infektionen besonders ausgesetzt. (12)

Viele Menschen infizieren sich im Verlaufe ihres Lebens mit Tuberkuloseerregern, ohne an Tuberkulose zu erkranken. Der gesunde Organismus kann die Tuberkuloseerreger unschädlich machen, ohne sie jedoch in jedem Falle völlig zu vernichten. Sportliche Betätigung, regelmäßiger Tagesablauf, ausreichender Schlaf, sinnvoll verbrachter Urlaub, gesunde, ausreichende Ernährung, helle, luftige, saubere Wohnungen lassen auch kaum Späterkrankungen aufkommen. Sehr wesentlich ist die medizinische Betreuung der Menschen. Die Medizin ist heute durchaus in der Lage, die Neuinfektion mit Tuberkuloseerregern nahezu auszuschließen und auch Neuerkrankungen weitgehend zu verhindern. In der DDR galt von Anfang an der Bekämpfung der Lungentuberkulose besondere Aufmerksamkeit. Für uns sind die regelmäßigen Volksröntgenreihenuntersuchungen und der Subkutantest bei Kindern seit Jahren selbstverständlich. Die Anzahl der mit BCG geimpften Neugeborenen nimmt ständig zu. 1955 wurden 56,5 % aller Neugeborenen innerhalb der ersten Lebenstage gegen Tbk geimpft, 1963 bereits 99,1 %. Allein für Schutzimpfungen hat unser Staat 1964 686000 MDN aus dem Staatshaushalt zur Verfügung gestellt. Dank dieser Maßnahmen ist die Anzahl der Todesfälle an Tbk der Bewohner in der DDR ständig zurückgegangen. Die Anzahl der Neuerkrankungen an Tbk betrug 1949 noch 56,8, 1965 nur 9,4 auf 10000 Einwohner der DDR.

Soziale Unsicherheit, schlechte Wohnverhältnisse, unzureichende Ernährung, wie sie beispielsweise als Folge von Kriegs- und Krisenzeiten auftreten, führen zu einer Zunahme von Tuberkuloseerkrankungen. (13)

Tbk-Todesfälle auf 10000 Einwohner in Deutschland bzw. der DDR

Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl	Jahr	Anzahl
1913	13,2	1946	7,7	1959	2,0
1916	14,0	1949	11,3	1964	1,6
1918	20,5	1951	6,0	1965	0,98
1923	12,8	1953	3,2	1966	0,74
1938	6,2	1957	2,3		

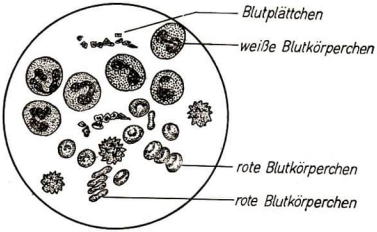
In den letzten Jahren hat eine andere gefährliche Erkrankung der Atmungsorgane stark zugenommen: der Lungenkrebs. Eine Ursache dafür ist das Rauchen, da vor allem mit dem steigenden Zigarettenverbrauch eine Zunahme des Lungenkrebses zu verzeichnen ist. Die beim Rauchen entstehenden Teerprodukte wirken krebserregend. 96 % der an Lungenkrebs Erkrankten sind Raucher! Rauchen schadet also nicht nur durch die Giftigkeit des Nikotins, sondern auch durch die beim Rauchen entstehenden Nebenprodukte. Eine erfolgreiche Behandlung an Krebs Erkrankter ist nur bei sehr früher Erkennung der Krankheit möglich. Auch deshalb ist die Teilnahme an der Röntgenuntersuchung für jeden Bürger von großer Bedeutung.

Das Blut und seine Funktionen

Die Gesamtmenge des Blutes eines erwachsenen Menschen beträgt etwa 7 bis 8 % seines Körpergewichts (bei 70 kg also etwa 5 bis 6 Liter). Es besteht zu 55 % aus flüssigen und zu 45 % aus geformten Bestandteilen (Blutkörperchen).

Geformte Bestandteile

Mikroskopisches Bild des Blutes



Die **roten Blutkörperchen** (Erythrozyten) sind kleine, rundliche, biegsame, durch Kernverlust bikonkave Zellen, die sich im roten Knochenmark aus kernhaltigen Zellen (Erythroblasten) entwickeln. Mit einem Durchmesser von 7,5 μm und einer Dicke von 2,4 μm gehören sie zu den kleinsten Zellen unseres Körpers. Sie enthalten das Hämoglobin. Hämoglobin ist eine Verbindung des eisenhaltigen roten Farbstoffs Häm mit dem Eiweißstoff Globin. Es macht etwa 39 % der Masse der Erythrozyten aus. Als Normalwert findet man 16 g in 100 cm³ Blut. 1 g Hämoglobin kann 1,35 cm³ Sauerstoff binden.

In einem Kubikmillimeter Blut befinden sich etwa 4,5 Millionen (bei der Frau) bis etwa 5 Millionen (beim Mann) rote Blutkörperchen. Das ergibt bei einer Blutmenge von etwa 5 l rund 25 Billionen rote Blutkörperchen im Körper eines Menschen. Nimmt man für 1 rotes Blutkörperchen eine Oberfläche von 100 μm² an, so ergibt das eine Gesamtoberfläche von etwa 2500 m². Die Oberfläche der roten Blutkörperchen bindet den

Luftsauerstoff. Dem Sauerstofftransport dienen vor allem die Erythrozyten, die sich auf dem Weg von der Lunge zu den Sauerstoff verbrauchenden Organen befinden.

Kohlendioxid wird kaum von roten Blutkörperchen gebunden, es wird durch andere Bestandteile des Blutes transportiert. Dagegen besitzt das Hämoglobin eine außerordentlich große Affinität gegenüber Kohlenmonoxid (CO), das bei unvollständiger Verbrennung entsteht. Bei Kohlenmonoxidvergiftungen kann das Hämoglobin, da es das CO bindet, keinen Sauerstoff mehr binden, der Sauerstoffbedarf der Organe kann nicht gedeckt werden. Das kann zum völligen Funktionsstillstand der Organe, also zum Tode führen. Der Mensch erstickt. Bei Kohlenmonoxidvergiftungen kann dem Verletzten oft nur durch Beatmung mit reinem Sauerstoff geholfen werden. Viele der bei uns eingesetzten Rettungswagen verfügen über Sauerstoffgeräte, so daß sie auch Kohlenmonoxidvergifteten wirksam Erste Hilfe leisten können. Die roten Blutkörperchen besitzen eine Lebensdauer von etwa 4 Monaten. Sie werden in der Milz abgebaut. Die Abbauprodukte des Hämoglobins werden in der Leber zu Gallenfarbstoffen umgewandelt. Das freiwerdende Eisen wird im Knochenmark beim Aufbau neuer roter Blutkörperchen verbraucht.

Die **weißen Blutkörperchen** (Leukozyten) werden im Knochenmark (Granulozyten) oder in den Lymphknoten (Lymphozyten) gebildet. Sie sind farblos, amöboid beweglich und besitzen einen Kern. Sie können sich durch Teilung vermehren. Ihre Anzahl kann sich also rasch ändern. Ihre Lebensdauer ist unterschiedlich, sie kann nur wenige Stunden, meist jedoch 2 bis 5 Tage betragen.

Die weißen Blutkörperchen üben in unserem Körper vor allem Abwehrfunktionen aus. Sie bilden entweder Stoffe, die eingedrungene Krankheitserreger vernichten, oder sie vernichten Bakterien und andere Fremdkörper direkt, indem sie diese verzehren (Freßzellen). Bei einer Infektion zerstören die weißen Blutkörperchen die Erreger und deren giftige Stoffwechselprodukte. Dabei zerfallen sie und bilden einen wesentlichen Teil des Eiters.

Die Anzahl der roten und weißen Blutkörperchen steht in bestimmtem Verhältnis zueinander. Da sich die weißen Blutkörperchen bei Bedarf rasch vermehren können, ändert sich dieses Zahlenverhältnis bei verschiedenen Erkrankungen. Aus der Art der Veränderung der Blutzusammensetzung (dem Blutbild) kann der Arzt wichtige Schlüsse auf die Art der Erkrankung ziehen.

Zu den geformten Bestandteilen des Blutes gehören auch die **Blutplättchen** (Thrombozyten). Das sind sehr kleine Gebilde ohne feste Form. Sie zerfallen sehr leicht, beispielsweise wenn sie mit Luft in Berührung kommen. Sie sind wesentlich an der Blutgerinnung und damit am Wundverschluß beteiligt.

Flüssige Bestandteile

Die **Blutflüssigkeit** (das Plasma) besteht zu 90 % aus Wasser, 6 bis 8 % sind verschiedene Eiweiße, die restlichen 2 bis 4 % sind Fette und fettähnliche Stoffe, Kohlenhydrate und Mineralstoffe.

Das Wasser dient vor allem als Lösungsmittel und zum Transport aller übrigen Blutbestandteile. Die Eiweiße dienen hauptsächlich als Abwehrstoffe gegen Krankheitserreger (Antikörper). Sie sind außerdem an der Blutgerinnung beteiligt. Die Mineralstoffe (vor allem Natriumchlorid, außerdem Kalium-, Kalzium- und Magnesiumchloride und -phosphate) sind in bestimmter Menge im Plasma enthalten. Sie verleihen dem Blut einen osmotischen Druck von etwa 7 Atmosphären. Das entspricht dem osmotischen Druck einer 0,9 %igen Natriumchloridlösung. Bei großen Blutverlusten

kann der osmotische Druck des Blutes durch Zuführung einer solchen Natriumchloridlösung zunächst aufrechterhalten werden.

Natrium- und Kaliumsalze transportieren das beim Zellstoffwechsel gebildete Kohlendioxid in Form von Natrium- bzw. Kaliumhydrogenkarbonat zur Lunge.

Das Blut

Gesamtblutmenge beim Erwachsenen etwa 5 bis 6 l.
Das Blut enthält:

Blutflüssigkeit (Blutplasma) – etwa 55 % der Gesamtblutmenge, davon sind etwa 90 % Wasser, 6 bis 8 % Eiweiße und geringe Mengen Fette und Mineralstoffe (K^+, Ca^{2+}, Na^+).

Geformte Bestandteile — etwa 45 % der Gesamtblutmenge;
rote Blutkörperchen (Erythrozyten), etwa 5 Mill./mm³, kernlos, sie dienen dem Sauerstofftransport;
weiße Blutkörperchen (Leukozyten), etwa 5000/mm³, kernhaltig, sie dienen der Abwehr von Krankheitserregern;
Blutplättchen (Thrombozyten), etwa 600000/mm³, an der Blutgerinnung beteiligt.

Abwehrreaktionen des Blutes

Der Schutz des Körpers vor bestimmten Krankheitserregern ist eine wesentliche Funktion des Blutes. Eingedrungene Krankheitserreger (z. B. Bakterien) sondern im Körper des Menschen Stoffwechselendprodukte ab, die giftig sind und bestimmte Krankheitserscheinungen hervorrufen (Fieber). Im Körper werden gegen diese Stoffe, die Toxine, und die Erreger Gegenstoffe (Antitoxine) gebildet. Jedes Antitoxin wirkt nur gegen bestimmte Krankheitserreger. Es bleibt auch nach Überstehen der Krankheit noch längere Zeit oder für das ganze weitere Leben im Körper und verhindert eine erneute Erkrankung an der gleichen Krankheit. Diese Erscheinung bezeichnet man als **Immunität**. Gegen eine Reihe von Tierkrankheiten ist der Mensch von Geburt an immun (angeborene Immunität), gegen andere wird er es durch Überstehen der Krankheit (natürlich erworbene Immunität). Der menschliche Körper kann aber auch durch Impfung zur Bildung von Antitoxinen angeregt werden. Spritzt man beispielsweise abgeschwächte Diphtherieerreger in geringer Menge in den gesunden Organismus ein, so bilden sich Antitoxine, die den Körper gegen Diphtherie immunisieren, ohne daß Krankheitserscheinungen auftreten. Da die Diphtherie-Antitoxine nur eine begrenzte Zeit im Körper erhalten bleiben, muß diese Impfung in bestimmten Abständen wiederholt werden. Dieses Verfahren zur Immunisierung geht auf den englischen Landarzt Edward JENNER zurück, der gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Pockenschutzimpfung entwickelte. Seitdem sind viele weitere Verfahren zur Schutzimpfung entwickelt worden, beispielsweise gegen Diphtherie, Typhus, Ruhr und Lungentuberkulose. Da es sich dabei um das Einspritzen von abgeschwächten Erregern handelt, die den Körper zur Antitoxinbildung veranlassen, bezeichnet man diese Verfahren als **aktive Immunisierung**. Es ist auch gelungen, Antitoxine gegen den Menschen befallende Krankheitserreger außerhalb des mensch-

lichen Körpers (z. B. in Rindern, Schafen, Pferden) zu erzeugen und dem Menschen im Bedarfsfall (bei bereits erfolgter Infektion) fertige Gegenstoffe einzuspritzen. Diese Heilseren bleiben nur relativ kurze Zeit im Körper wirksam. Das Verfahren nennt man **passive Immunisierung.**

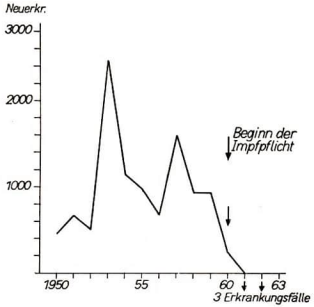
Durch die Anwendung dieser Erkenntnisse in der Medizin ist es gelungen, viele früher weit verbreitete Infektionskrankheiten stark einzudämmen. Auf diesem Gebiet des vorbeugenden Gesundheitsschutzes hat die DDR besondere Erfolge zu verzeichnen. Bei uns erfolgen die Impfungen kostenlos und nach einem genauen Plan (Impfkalender). Die Schutzimpfungen gegen Pocken, Diphtherie (kombiniert mit Wundstarrkrampf und Keuchhusten, bekannt als Dreifachimpfung), Tuberkulose und Kinderlähmung sind Pflicht. Die Eltern sind gesetzlich verpflichtet, ihre Kinder impfen zu lassen.

Impfkalender

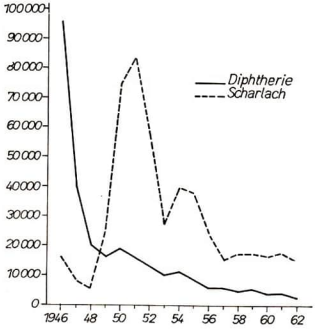
Lebensalter	Art der Impfung
1. Woche	Tuberkuloseschutzimpfung (BCG-Impfung)
ab 3. Monat im 1. Lebensjahr	Schluckimpfung gegen Kinderlähmung 3mal in Abständen von 4 Wochen gegen die 3 einzelnen Typen
4. Monat	1. Impfung gegen Diphtherie-Tetanus-Pertussis
5. Monat	2. Impfung gegen Diphtherie-Tetanus-Pertussis
6. Monat	3. Impfung gegen Diphtherie-Tetanus-Pertussis
7. bis 8. Monat	Erstimpfung gegen Pocken
9. bis 10. Monat	Schutzimpfung gegen Masern
ab 12. Monat im zweiten Lebensjahr	Schluckimpfung gegen Kinderlähmung mit trivalentem Impfstoff
18. Monat	4. Impfung gegen Diphtherie-Tetanus-Pertussis
5. Lebensjahr (bei der Vorschuluntersuchung)	5. Impfung gegen Diphtherie-Tetanus-Pertussis
1. Schuljahr	Prüfung der Tuberkulose-Allergie, evtl. Tuberkuloseschutzimpfung
3. Schuljahr	1. Wiederholung der Impfung gegen Pocken
5. Schuljahr	6. Impfung gegen Diphtherie-Tetanus
6. Schuljahr	Prüfung der Tuberkulose-Allergie, evtl. Tuberkuloseschutzimpfung
11. Schuljahr (17. Lebensjahr)	2. Wiederholung gegen Pocken und Wiederholung der Tetanusschutzimpfung
12. Schuljahr (18. Lebensjahr) sowie auch bei endgültigem Schulabgang einschließlich der Berufsschulen	Prüfung der Tuberkulose-Allergie, evtl. Tuberkuloseschutzimpfung

Die Erfolge des Impfschutzes sind eindeutig. So ist seit Einführung der Schluckimpfung mit Sabin-Tschumakow-Impfstoff gegen Kinderlähmung in der DDR die Anzahl von Neuerkrankungen schlagartig zurückgegangen. Seit Jahren gibt es keinen Fall von Kinderlähmung in der DDR. Große Erfolge wurden auch bei der Bekämpfung von Lungentuberkulose und Diphtherie erzielt.

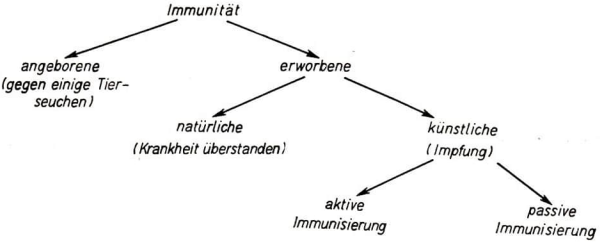
Neuerkrankungen an Kinderlähmung in der DDR von 1950 bis 1963



Anzahl der Erkrankungsfälle an Diphtherie und Scharlach in der DDR von 1946 bis 1962



Als **Immunität** bezeichnet man die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber bestimmten Krankheitserregern. Wir unterscheiden **angeborene Immunität** (gegen bestimmte Tierseuchen) und **erworbene Immunität**. Dabei unterscheiden wir **natürlich erworbene Immunität** (durch Überstehen einer Infektionskrankheit) und **künstlich erworbene** (durch Impfung). Beim Impfen kennen wir zwei Verfahren, das der **aktiven Immunisierung** (durch Einspritzen abgeschwächter Erreger) und das der **passiven Immunisierung** (durch Einspritzen von Heilseren).



Blutgruppen

Um 1900 veröffentlichte der österreichische Arzt Karl LANDSTEINER die Ergebnisse mehrjähriger Forschungsarbeiten, aus denen hervorging, daß es bei den Menschen verschiedene Blutgruppen gibt. Die roten Blutkörperchen enthalten an der Oberfläche zwei Substanzen, die von in der Blutflüssigkeit anderen Blutes enthaltenen Stoffen verklebt werden können. Diese verklebbaren Substanzen bezeichnet man mit A und B, ihre sie verklebenden Gegenstoffe mit Anti-A (α) oder Anti-B (β). Die roten Blutkörperchen eines Menschen enthalten entweder A oder B oder beide (AB) oder keine von beiden (0 = Null). Danach unterschied LANDSTEINER die 4 Blutgruppen A, B, AB und 0. Sie sind vererbbar und von Geburt an vorhanden. Im Serum des Blutes der Gruppe A befindet sich Anti-B (β), von B Anti-A (α) von 0 α und β, im Serum von AB kein verklebender Stoff. Diese Erkenntnis ist für die Blutübertragung von großer Bedeutung. Vor der Entdeckung der Blutgruppen verliefen viele Blutübertragungen tödlich. Heute wird die Blutgruppe von Empfänger und Spender festgestellt, ehe eine Übertragung vorgenommen wird. Dabei ist zu beachten, daß am besten Blut der gleichen Blutgruppe übertragbar ist. Da Blut der Gruppe 0 keine verklebbaren Substanzen enthält, kann es notfalls in geringen Mengen auf alle anderen Blutgruppen übertragen werden. Es wird deshalb als Universalspender bezeichnet. Blut der Gruppe AB enthält keine verklebenden Stoffe, kann deshalb Blut aller anderen Gruppen empfangen und gilt als Universalempfänger.

Übertragungsschema
(× nicht verklebend, – verklebend)

Empfänger \ Spender	*A*	*B*	*AB*	*0*
A	×	—	—	×
B	—	×	—	×
AB	×	×	×	×
0	—	—	—	×

Mit der Entwicklung der Chirurgie in den letzten Jahrzehnten änderte sich auch die Bedeutung der Blutübertragung. Zunächst wurde Blut nur bei schweren Blutverlusten, (14)
etwa bei Unfällen, und auch nur vom Spender direkt auf den Empfänger übertragen.
Heute werden bei großen Operationen (z. B. bei Herzoperationen, beim Einsatz einer (15)
künstlichen Niere) große Blutmengen benötigt. Deshalb kommt dem Blutspendewesen große Bedeutung zu. Viele gesunde Menschen haben sich entschlossen, regelmäßig Blut zu spenden, das in besonderen Verfahren konserviert und längere Zeit aufbewahrt wird, um im Bedarfsfall verfügbar zu sein. Dank dieser Blutkonserven, es gibt in jedem Bezirk unserer Republik mindestens eine Blutspendezentrale, konnte schon vielen Menschen das Leben erhalten werden.

1940 entdeckte LANDSTEINER gemeinsam mit seinem Mitarbeiter WIENER auch das Rh-System des Blutes. Bei etwa 84 % aller Menschen kommt der Rh-Faktor (benannt nach den Rhesusaffen, bei denen diese Beobachtung zuerst gemacht wurde) vor, sie sind Rh-positiv (Rh), 16 % sind ohne diesen Faktor, sie sind Rh-negativ (rh). Überträgt man Rh-positives Blut auf rh-negatives, so bildet dieses Antikörper gegen den Rh-Faktor, die bei späteren Übertragungen von Rh-positivem Blut zur Zerstörung der roten Blutkörperchen des Spenderblutes führen. In der Ehe einer Rh-negativen Frau mit einem Rh-positiven Mann bilden sich durch das Rh-positive Blut eines sich entwickeln-

den Embryos im Mutterkörper Antistoffe, die bei einer weiteren Schwangerschaft das Blut des sich entwickelnden Kindes auflösen können. Als Folge davon treten Fehlgeburten ein, oder das Kind wird mit schweren Blutschäden geboren (allerdings ist das für das 1. und 2. Kind kaum wahrscheinlich). Es kann gerettet werden, wenn sofort ein Blutaustausch vorgenommen wird. In der DDR wird in der Schwangerenfürsorge das Blut der Mutter besonders auf den Rh-Faktor untersucht.

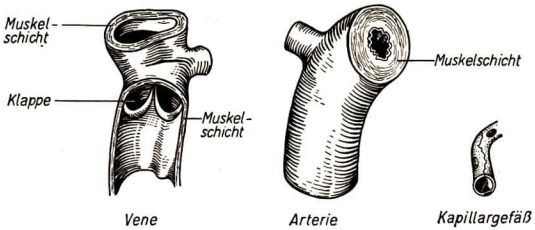
Die Funktionen des Blutes

Das Blut bringt den Sauerstoff von der Lunge, Nährstoffe, Mineralien und Wasser von den Verdauungsorganen zu den Zellen des Körpers, es transportiert die beim Zellstoffwechsel entstehenden Abbaustoffe Kohlendioxid, Wasser und Harnstoff zu den ausscheidenden Organen. Es dient dem Temperaturausgleich im Körper, indem es die an Stellen höchster Aktivität entstehende Wärme im Körper verteilt. Außerdem transportiert es Vitamine, Hormone und Enzyme. Es enthält und bildet Abwehrstoffe gegen Krankheitserreger und führt durch die Blutgerinnung zum Wundverschluß.

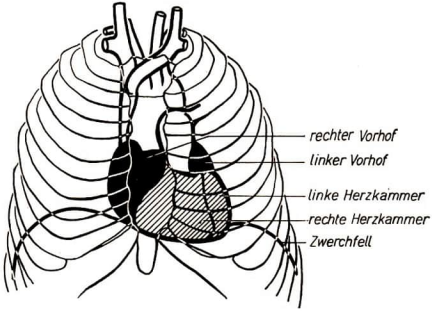
Blutgefäße

Das Blut kann seine zahlreichen Funktionen nur erfüllen, wenn es alle Teile des Körpers erreicht. Das ist durch den **Blutkreislauf** garantiert. Als Blutkreislauf bezeichnet man die Strömung des Blutes in einem geschlossenen Blutgefäßsystem. Das Blut wird vor allem durch die Tätigkeit des Herzens in den Gefäßen durch den Körper befördert. Die vom Herzen wegführenden Gefäße heißen Arterien (Schlagadern), die zum Herzen führenden heißen Venen (Blutadern). Die Arterien gehen schließlich in den Geweben in feine Haargefäße (Kapillaren) über; durch ihre Wände erfolgt der Stoffaustausch in den Geweben. In den Venen sammelt sich dann das Blut und wird zum Herzen zurückgebracht.

Blutgefäße

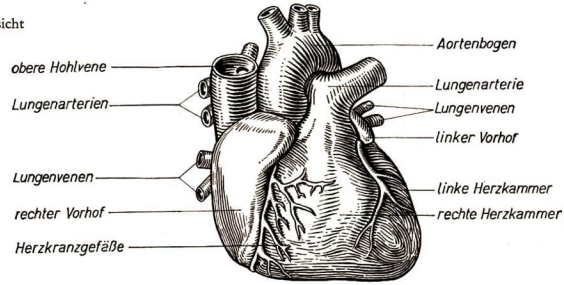


Herz

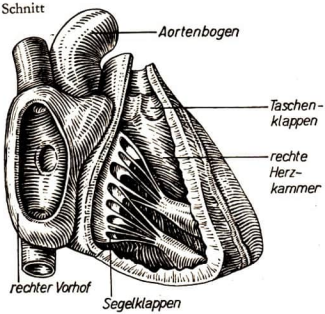


Lage im Brustkorb

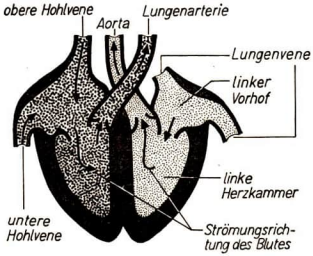
Gesamtansicht



Schnitt

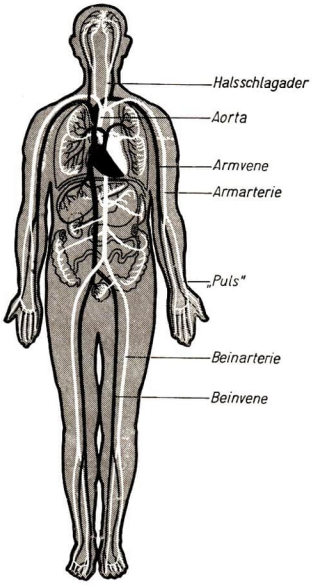


schematische Darstellung



Blutkreislauf

Verlauf der Hauptblutgefäße im menschlichen Körper



(16) Das Herz zieht sich in regelmäßigen Abständen zusammen und erschlafft. Während des Erschlaffens strömt das Blut aus den Venen in die Vorhöfe ein. Dann ziehen sich die Vorhöfe zusammen. Das Blut wird in die Herzkammern gepreßt. Nun ziehen sich die Kammern zusammen. Die Klappen zwischen Vorhöfen und Kammern schließen sich und verhindern das Zurückfließen des Blutes in die Vorhöfe. Es wird in die Arterien gedrückt. Nun tritt eine Herzpause ein. Klappen an den Übergängen zwischen Herzkammern und Arterien verhindern das Zurückfließen des Blutes. Inzwischen strömt in die Vorhöfe wieder Blut ein (s. S. 128).

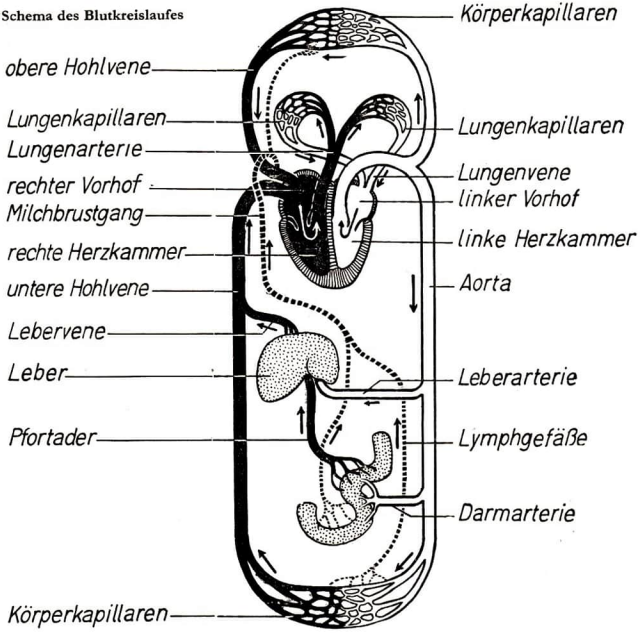
Die normale Anzahl der Herzschläge des Menschen liegt beim Erwachsenen zwischen 60 und 80 in der Minute (Neugeborenes 130, Kind von 10 Jahren 90). Die Anzahl wechselt aber stark bei verschiedener Tätigkeit des Menschen (Sport, anstrengende körperliche Tätigkeit, psychische Einflüsse, Temperatur). Sie ist schon im Stehen um etwa 10 Schläge höher als im Liegen. Bei jedem Herzschlag werden etwa 70 cm^3 Blut aus dem Herzen ausgeworfen. Bei 70 Herzschlägen je Minute werden also 4900 cm^3 Blut in die Aorta gepumpt. Fast die gesamte Blutmenge durchströmt demnach in jeder Minute einmal das Herz.

Wie jeder Muskel kann auch der Herzmuskel durch planmäßige Übung gestärkt werden. Regelmäßige, vielseitige sportliche Betätigung, vor allem Schwimmen, kräftigen bei langsamer Leistungssteigerung das Herz. Das zeigt sich in besseren sportlichen Ergebnissen bei gleicher oder geringerer Anstrengung, in der Zunahme des Herzgewichts, in niederer Herzschlagzahl bei größerem Schlagvolumen; das bedeutet eine Kraftersparnis für das Herz, das durch erhöhte Arbeitsleistung bis zu 35 l Blut je Minute auswerfen kann.

Das aus der Lunge kommende sauerstoffreiche Blut gelangt in den linken Vorhof und von da in die linke Herzkammer. Aus der linken Herzkammer wird es in die Aorta (Hauptschlagader) gepumpt und über die Körperarterien zu den Kapillaren gebracht. Diese haben einen so geringen Durchmesser, daß die roten Blutkörperchen sie nur einzeln hintereinander passieren können. Die Kapillaren können außerdem in gewissen Grenzen verengt oder erweitert werden. Zwischen den feinsten Arterien und Venen gibt es in den Kapillaren verschließbare Querverbindungen, die ebenfalls die Durchblutung der Gewebe regulieren können. Sind die Querverbindungen geschlossen, wird das Organ weniger stark durchblutet. Dadurch werden aktive Organe stärker durchblutet als solche, die gerade nicht tätig sind. In den Kapillaren erfolgt der Stoffaustausch. Das mit Kohlendioxid angereicherte Blut sammelt sich in den Venen, die sich in der unteren bzw. oberen Hohlvene vereinigen und in den rechten Vorhof münden. Über die rechte Herzkammer strömt das Blut durch die Lungenarterie zu den Lungen, durch-

(17)
(18)
(19)

Schema des Blutkreislaufes



strömt dort die Kapillaren. Es erfolgt wiederum ein Stoffaustausch. Das mit Sauerstoff angereicherte Blut fließt zum linken Vorhof, von da in die linke Hauptkammer. Damit ist der Kreislauf geschlossen.

In den Körperkreislauf ist der Pfortaderkreislauf als Nebenschluß eingeschaltet. Die Venen aus den Kapillaren des Magen-Darm-Kanals und der Milz münden nicht unmittelbar in die untere Hohlvene, sondern vereinigen sich zunächst in der Pfortader, die zur Leber führt. Hier strömt das Blut nochmals durch ein Kapillarsystem, wobei es in enge Berührung mit den Leberzellen kommt. Dabei wird ein großer Teil im Darm aufgenommener Nährstoffe von den Leberzellen aufgenommen und weiterverarbeitet. Die Leberkapillaren vereinigen sich schließlich zu kleinen Venen, die sich zu den großen Lebervenen zusammenschließen, die in die untere Hohlvene münden.

Hygiene der Kreislauforgane

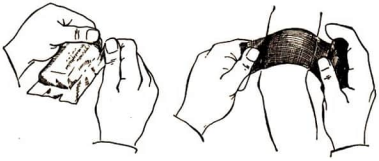
In den letzten Jahren ist es der Medizin zwar gelungen, eine Reihe weitverbreiteter Krankheiten, vor allem Infektions- und Mangelkrankheiten (z. B. Tbk, Rachitis) stark einzudämmen, dafür nimmt jedoch die Anzahl der Kreislauferkrankungen und der Todesfälle infolge Kreislaufstörungen immer mehr zu. Das ist in erster Linie auf die Lebensführung der Menschen zurückzuführen. Ursachen der Kreislauferkrankungen sind beispielsweise ungenügende Erholung, zu wenig Bewegung an frischer Luft und falsche Ernährung. Es wird in der Regel zu viel und zu fett gegessen, dadurch kommt es zu Übergewicht und starker Belastung des Kreislaufs. Auch der Mißbrauch von Genußmitteln, vor allem von Alkohol und Nikotin, führt zu krankhaften Veränderungen der Kreislauforgane, die zunächst kaum spürbar werden, schließlich aber zu ernsten Schäden führen. Es kommt zu Gefäßverengungen, Blutdruckerhöhungen, Durchblutungsstörungen und zum lebensbedrohlichen Herzinfarkt. Von 100 000 Nichtrauchern erreichen zur Zeit 60 000 das 60. Lebensjahr, von 100 000 Rauchern nur 46 000!

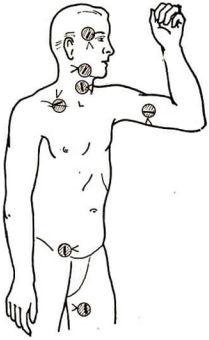
Kreislaufstörungen kann man am besten durch eine gesunde Lebensweise und Selbst-
(20) kontrolle vorbeugen. Regelmäßige Bewegung in Form von körperlicher Arbeit und
Sport, gesunde, richtig zusammengesetzte Nahrung, ein richtiges Verhältnis von Arbeit
(21) und Erholung, ausreichender Schlaf und persönliche Ausgeglichenheit sind bei etwas
gutem Willen für jeden möglich. Dadurch bleibt der Mensch gesund und fühlt sich wohl.
Jeder hat die gesellschaftliche Pflicht, im Rahmen seiner Möglichkeiten für die Erhaltung seiner Gesundheit zu sorgen, damit die umfangreichen Mittel, die für das Gesundheitswesen von unserem Staat zur Verfügung gestellt werden, mit dem größten Nutzen für alle eingesetzt werden können.

Erste Hilfe bei Verletzungen

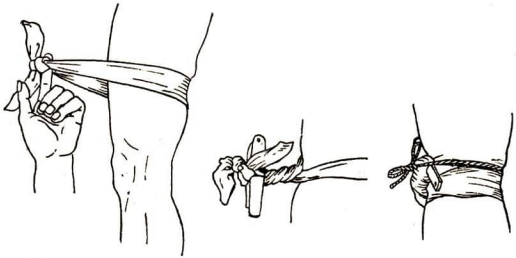
Verletzung von Haut und Muskeln. Bei Platz-, Riß-, Stich- und Schnittwunden ist die Haut durchtrennt und oft auch der Muskel verletzt, Bakterien können leicht in diese Körperöffnungen eindringen und zu Entzündungen führen. Offene Wunden dürfen deshalb nie mit den Fingern berührt oder ausgewaschen werden. Sie sind sofort mit trockenem, keimfreiem Mull (keine Watte) zu bedecken, der mit einer Binde befestigt wird (Verbandpäckchen). Bei kleinen oberflächlichen Wunden genügt ein Pflasterschnellverband (mit Mullkissen!).

Verletzungen größerer Blutgefäße. Wird bei Verletzungen ein größeres Blutgefäß verletzt, können starke, oft lebensbedrohende Blutungen eintreten. Die Blutung muß schnellstens gestillt werden. Tritt aus der Wunde hellrotes Blut stoßweise aus, so ist eine Arterie verletzt; quillt in langsamem, gleichmäßigem Strom dunkelrotes Blut heraus, so ist eine Vene getroffen. Bei einer stärkeren Blutung legen wir über der Wunde einen Druckverband an. Ein Mullkissen wird auf die Wunde gelegt und mit einer Mullbinde sehr fest angewickelt. Kommt die Blutung dadurch nicht zum Stillstand, muß ein Abschnürverband angelegt werden. Dabei muß das Abbinden bei Arterienblutungen zwischen Herz und Wunde (z. B. Verletzung am Handgelenk — abbinden am Oberarm), bei Venenverletzungen zwischen Körper und Wunde erfolgen (z. B. Verletzung am Oberschenkel — abbinden am Unterschenkel). Kann keine Abschnürung erfolgen, muß die Arterie an geeigneten Stellen abgedrückt werden. Alle Abschnürverbände erhalten einen Zettel, auf dem die Uhrzeit des Abbindens vermerkt ist. Verletzte mit stark blutenden Wunden müssen nach der ersten Hilfeleistung schnellstens dem Arzt vorgestellt werden, der die weitere Versorgung übernimmt.





Aufreißen des Verbandpäckchens und Auflegen der Binde. Der auf die Wunde kommende Verbandstoff darf keinesfalls berührt werden (oben)!
Stellen, an denen Arterien abgebunden oder abgedrückt werden können (rechts).
Abbinden einer stark blutenden Wunde am Bein. Zwischen Wunde und Rumpf wird ein Tuch um das Bein gelegt und mit einem Knebel (z. B. Taschenmesser) so fest angezogen, daß das Bluten nachläßt. Der Knebel wird festgebunden (unten).



Wasserhaushalt und Nierentätigkeit

Wasser ist an sämtlichen Stoffwechselvorgängen direkt oder indirekt entscheidend beteiligt. Es wirkt als Lösungs- und Quellungsmittel, als Transportmittel und ist an vielen chemischen Reaktionen unmittelbar beteiligt. Der Wassergehalt der Lebewesen ist relativ hoch.

Organismus	Wassergehalt
Rippenquallen	99,8%
Regenwurm	87,0%
Wasserfrosch	80,0%
Erwachsener Mensch	60,0%

Das Wasser ist als Blutflüssigkeit, als Gewebeflüssigkeit zwischen den Zellen und als Zellflüssigkeit im Zellinneren enthalten. Das Blut enthält etwa 80% Wasser, die Muskulatur 76%, in den Knochen sind 21% Wasser enthalten.

Die Zusammensetzung des Protoplasmas (festgestellt bei einem Seeigel-Ei).

Wasser	78,3%
Eiweiße	15,2%
Fette	4,8%
Kohlenhydrate	1,4%
Asche	0,3%
	100,0%

Die Übersicht über die Zusammensetzung des Protoplasmas zeigt den hohen Anteil des Wassers. Es dient dort zum größten Teil als Lösungs- und Quellungsmittel. Die Stoffwechselreaktionen laufen fast ausschließlich in wäßriger Lösung ab. Voraussetzung ist jedoch, daß das Protoplasma in einem reaktionsfähigen Zustand vorliegt. Dieser ist nur in einem bestimmten Quellungszustand der Makromoleküle (Kolloide) des Plasmas vorhanden. Daher sind stark entquollene Zustände der Lebewesen, wie die Samen der Pflanzen im Ruhezustand, auch von sehr geringer Stoffwechselaktivität. Sie nimmt sofort wieder zu, wenn dem Lebewesen erneut Wasser zugeführt wird.

Die gute Löslichkeit der größeren Anzahl lebenswichtiger Verbindungen des Organismus in Wasser bestimmt seine Eignung als Transportmittel.

Wasser wird beim Aufbau höhermolekularer Verbindungen aus einfacheren Verbindungen frei (z. B. Fettsäuren und Glyzerin bilden Fett und Wasser, s. S. 14). Bei der Zellatmung entsteht ebenfalls Wasser.

Trauben-zucker + Sauer-stoff + Wasser ⟶ Kohlen-dioxid + Wasser + Energie

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O \longrightarrow 6\,CO_2 + 12\,H_2O + 675\,\text{kcal}$$

Bei der Spaltung großer Moleküle wird Wasser verbraucht.

Malzzucker + Wasser ⟶ Traubenzucker + Traubenzucker

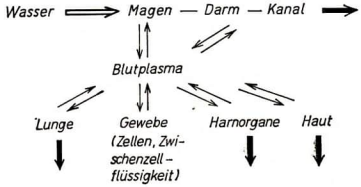
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

Je nach dem Grad der Anpassung können die Organismen unterschiedlich viel Wasser ohne Schaden verlieren. Vom Menschen kann bis zu 11 % Verlust des Körperwassers überstanden werden, einen höheren Wasserverlust überlebt er nicht. Der Mensch hat einen durchschnittlichen täglichen Wasserumsatz von 2500 ml, normalerweise wird etwa die gleiche Menge aufgenommen wie ausgeschieden wird. Dabei decken wir einen Teil des Wasserbedarfs mit der aufgenommenen Nahrung.

Wasserumsatz

Wasseraufnahme			Wasserausscheidung		
Herkunft	ml	%	Organ (Form)	ml	%
Flüssigkeit	1200	48	Niere (Harn)	1400	56
feste Nahrung	1000	40	Lunge (Atemluft)	500	20
Oxydation im Körper	300	12	Haut (Schweiß)	500	20
			Stuhl	100	4
	2500	100		2500	100

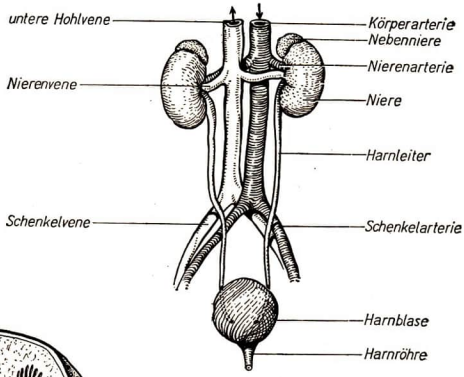
Am Wasserhaushalt sind praktisch alle Organe des Körpers beteiligt; der Wasseraufnahme und -abgabe dienen vor allem der Magen-Darm-Kanal, die Lunge, die Haut und die Harnorgane.



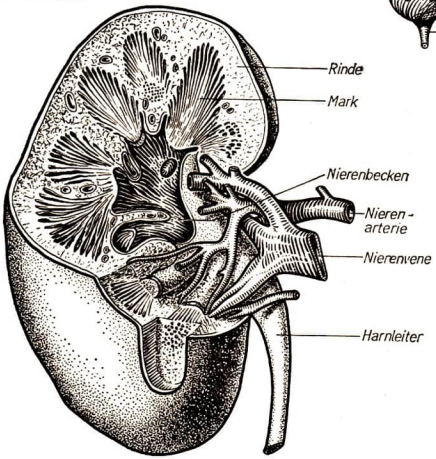
Harnorgane

Zu den **Harnorganen** gehören die paarigen Nieren, die paarigen Harnleiter, die unpaare Harnblase und die unpaare Harnröhre. Sie sind die Hauptorgane für die Regulation des Wasser- und Salzhaushaltes des menschlichen Körpers.

Lage der Harnorgane

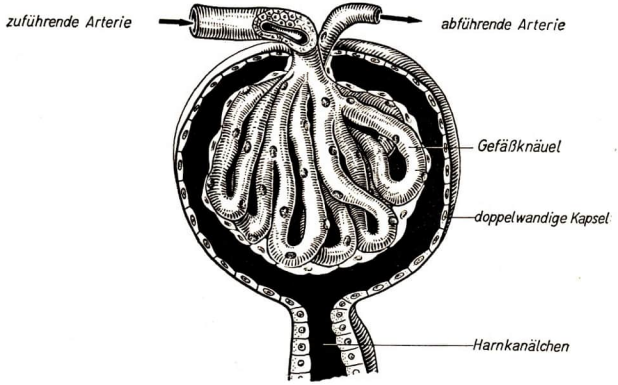


Linke Niere



Die Rindenschicht der Niere besteht hauptsächlich aus Nierenkörperchen (etwa 100 000), die Markschicht wird vorwiegend aus den Harnkanälchen und den Sammelröhren gebildet.

Nierenkörperchen



Harnbildung. Die gesamte Blutmenge unseres Körpers fließt täglich etwa dreihundertmal durch die Nieren. In den Nierenkörperchen und den sich anschließenden Teilen der Harnkanälchen wird der Harn abgesondert. Aus den Kapillarschlingen wird in die Kapsel der Nierenkörperchen ein Filtrat des Blutplasmas abgeschieden, das aus Wasser und den im Blutplasma echt gelösten Stoffen (z. B. Traubenzucker, Kochsalz, Harnstoff) besteht. Die kolloidal gelösten Stoffe (z. B. Eiweiß) werden zurückgehalten.

Auf dem Wege durch die Harnkanälchen wird das Filtrat verändert. Die Epithelien in der Wand der Nierenkanälchen resorbieren Wasser und bestimmte für die Erhaltung des Körpers wichtige Stoffe (Traubenzucker, teilweise auch Kochsalz) aus dem Filtrat, während sie andere Substanzen in das Filtrat abscheiden. So entsteht aus dem wasserreichen Filtrat der Nierenkörperchen allmählich der konzentrierte Harn.

Täglich werden etwa 1 bis 1,5 l Harn gebildet. Der größte Anteil der im Harn gelösten Stoffe entfällt auf die stickstoffhaltigen Endprodukte des Eiweißumsatzes, in erster Linie auf den Harnstoff ($H_2N \cdot CO \cdot NH_2$). Er wird von der Leber aus dem beim Eiweißabbau entstehenden giftigen Ammoniak (NH_3) gebildet. Da Eiweiß im Körper nicht gespeichert wird, ist die Menge des täglich gebildeten und ausgeschiedenen Harnstoffes der mit der Nahrung aufgenommenen Eiweißmenge proportional. Im Durchschnitt werden am Tage 30 bis 40 g Harnstoff ausgeschieden. Außer Harnstoff enthält der Harn Urate, Kochsalz, Sulfate, Phosphate und geringe Mengen vieler anderer Stoffe. Die Farbe des Harns wird durch verschiedene, zum Teil aus Gallenfarbstoffen entstehende Verbindungen bedingt. Der Harn des gesunden Menschen enthält keine Eiweißstoffe und keinen Zucker.

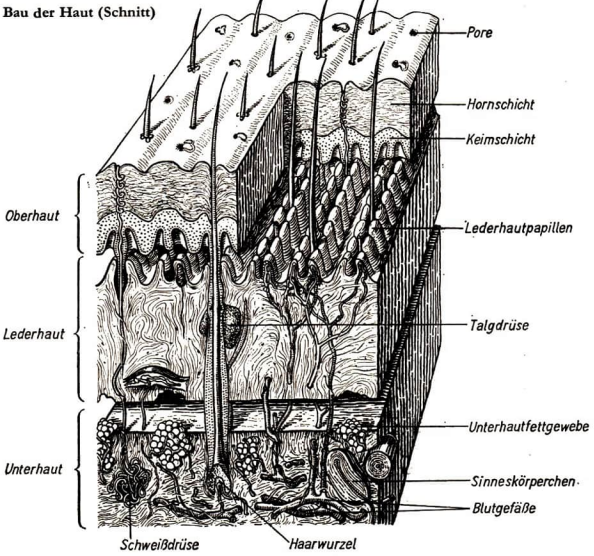
Harnableitende Organe. Harnleiter, Harnblase und Harnröhre sind die harnableitenden Organe. Der Harn fließt aus den Sammelröhren unverändert in das Nierenbecken ab. Von dort läuft er kontinuierlich in die ableitenden Organe weiter.

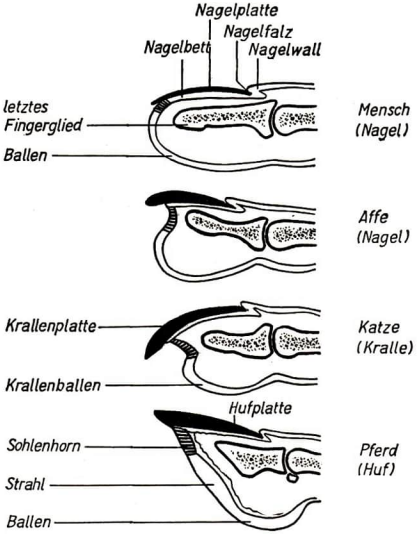
Die beiden Harnleiter befördern durch peristaltische Bewegungen den Harn tropfenweise in die Harnblase. Dort wird er gesammelt. Die Harnblase faßt etwa 500 bis 1000 ml Harn. Ein glatter und ein quergestreifter Schließmuskel schließen die Harnblase zur Harnröhre hin ab.

Haut

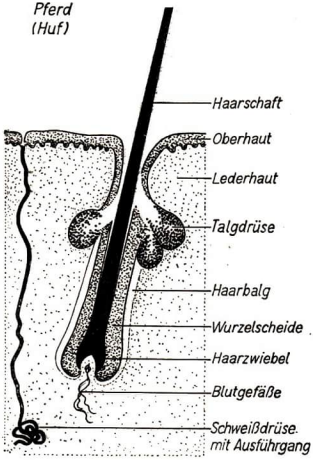
(23) Die Haut bedeckt den gesamten Körper und schützt ihn gegen zahlreiche schädigende Einflüsse. Sie dient vor allem der Wärmeregulation, scheidet verschiedene Sekrete ab und enthält zahlreiche Sinneszellen. An den Körperöffnungen (z. B. Augenhöhle, Lippen) geht die Außenhaut in die Schleimhaut über, die alle Körperhöhlen (z. B. Mundhöhle, Verdauungskanal) auskleidet. Ein Querschnitt durch die Haut läßt bereits bei geringer Vergrößerung drei Schichten erkennen: die Oberhaut, die Lederhaut und die Unterhaut.

Bau der Haut (Schnitt)





Lage und Bau des Haares



Die Hornschicht der **Oberhaut** besteht in ihren oberen Lagen aus abgestorbenen Zellen, die abgestoßen werden. Die Keimschicht bildet ständig neue Zellen. In den Zellen der Keimschicht entsteht, vor allem bei intensiver Sonnenbestrahlung, ein dunkler Farbstoff (Pigment), das Melanin. Es schützt den Körper vor zu intensiver Sonneneinwirkung.

In der Hornschicht finden wir auch Sonderbildungen der Haut, die Haare und die Nägel.

Die **Lederhaut** enthält zahlreiche Sinneszellen, Talgdrüsen und Schweißdrüsen. In der Lederhaut der weiblichen Brust liegen die Milchdrüsen. Sie sind ähnlich gebaut wie die Schweißdrüsen. Milchdrüsen sind die größten Hautdrüsen.

Die **Unterhaut** besteht aus lockerem Bindegewebe, in das reichlich Fettgewebe eingelagert ist. Fett ist ein schlechter Wärmeleiter, der Körper wird also vor Temperaturverlust geschützt.

Funktionen der Haut. Die Hornschicht schützt die unter ihr liegenden lebenden
(24) Zellen. An den Stellen, die stärkerer Beanspruchung ausgesetzt sind, wird die Hornschicht sehr dick, Schwielen und Hühneraugen sind Verdickungen der Hornschicht.
(25) Die mit dem Sekret der Talgdrüsen bedeckte Hornschicht ist für Wasser undurchlässig
7 und setzt die Verdunstung herab. Nur fettlösliche Stoffe können den Hauttalg durchdringen und von der Haut aufgenommen werden. Das Unterhautfettgewebe schützt als weiches Polster viele Organe vor Druckeinwirkung, ist Energiespeicher und Wärmeschutz.

Sonnenbestrahlung erhöht die Stoffwechselvorgänge der lebenden Zellen. Dringen
(26) die Sonnenstrahlen bis zur untersten Schicht der Oberhaut ein, so bilden sich in der Keimschicht große Mengen von Pigment. Die Haut erhält eine bräunliche Farbe. Diese
(27) Färbung filtert die Sonnenstrahlen ab. Übermäßige Einwirkung der Sonnenstrahlen kann jedoch den Ablauf der Lebensprozesse in den Zellen stören (Sonnenbrand). Es
(28) ist deshalb unsinnig, ja sogar schädlich, die Haut stundenlang der Sonne auszusetzen, um rasch braun zu werden. Eine regelmäßige, lang anhaltende Hautbräunung wird viel besser durch Bewegung in Wind und Sonne (spielen, wandern) erreicht.

Die Lederhaut wird von vielen Blutgefäßen durchzogen. Steigt die Außentemperatur, so erweitern sich die Gefäße und werden von einer größeren Menge Blut durchströmt. Die Abgabe von Wärme durch die Epidermis an die Luft geht schneller vor sich als bei verengten Gefäßen. Fällt die Außentemperatur, so ziehen sich die Gefäße reflektorisch zusammen. Die Wärmeabgabe durch die Haut nimmt ab. Die Erweiterung und die Zusammenziehung der Blutgefäße werden durch das Nervensystem reguliert. Die Körpertemperatur des gesunden Menschen bleibt bei jeder Jahreszeit konstant. Hierbei wirkt das Unterhautfettgewebe als Wärmeisolator. Innerhalb eines Tages schwankt die Körpertemperatur bei den einzelnen Menschen um wenige Zehntelgrade zwischen 36 und 37° C. Im Körper entsteht durch den Stoffwechsel ständig Wärme. Unter dem Einfluß des im Zwischenhirn liegenden Temperaturzentrums wird unter anderem auch die Tätigkeit der Schweißdrüsen geregelt. Durch vermehrte Schweißabsonderung wird die Körpertemperatur vermindert und etwa konstant gehalten.

Eine wichtige Rolle spielt die Haut als Träger der Tast- und Temperatursinnesorgane. In der Haut befinden sich zahlreiche freie Nervenendigungen, die der Schmerzempfindung dienen. Mit einer feinen Stachelborste kann man feststellen, wie dicht diese Schmerzpunkte in der Haut liegen. In den Lederhautpapillen liegen die Tastkörperchen. Sie vermitteln feinste Tastempfindungen. An den Endgliedern der Finger und Zehen sind sie besonders dicht und zahlreich (200 auf 1 cm^2). In der Haut liegen auch Kälte- und Wärmekörperchen, die uns über Temperaturunterschiede informieren. Durch die Sinneskörperchen der Haut werden uns Druck- und Berührungsempfindungen, Kälte-, Wärme- und Schmerzempfindungen vermittelt.

Hauthygiene

Die Haut wird durch den in den Talgdrüsen erzeugten Talg eingefettet und dadurch geschmeidig gehalten. Auf der Talgschicht bleiben Schmutz und Hautschuppen haften. Die Ausscheidungen der Schweißdrüsen lagern sich auf der Haut ab. Dadurch verschmutzt die Haut ständig und kann ihre Funktion nicht mehr richtig ausführen. Waschen mit Seife löst die Talgschicht und damit den Schmutz von der Haut. Doch darf ihr dabei nicht zuviel Fett entzogen werden, sonst wird sie trocken und spröde. Deswegen verwendet man Seifen mit einem hohen Gehalt an Fettsäuren. Kalte Waschungen fördern die Durchblutung der Haut. Zweckmäßige, leichte, der Witterung entsprechende und saubere Kleidung trägt ebenfalls dazu bei, die Haut gesund und funktionsfähig zu erhalten.

Die Pflege der Haut ist sehr wichtig, ungepflegte Haut erkrankt leicht. Ihre Erkrankungen führen oft zu Störungen im gesamten Organismus.

Schädigungen der Haut

Zu starkes Erwärmen oder Abkühlen einzelner Körperstellen führt zu Verbrennungen oder Erfrierungen. Sie beruhen meist auf Entzündungsvorgängen und Ernährungsstörungen der geschädigten Stellen. Je nach der Schwere der Verbrennungen oder Erfrierungen unterscheidet man drei Grade.

1. Grad: Es entsteht eine durch vermehrte Durchblutung der Haut hervorgerufene Rötung (Sonnenbrand!), der bei Erfrierungen ein Erbleichen (Gefäßkrampf) vorausgeht. Mitunter tritt auch Gewebsflüssigkeit aus den Gefäßen aus. Die Hautrötung geht nach einiger Zeit wieder von selbst zurück.
2. Grad: Der Austritt von Gewebsflüssigkeit aus den Gefäßen verstärkt sich. In der Epidermis bilden sich durch Verflüssigung der mittleren Epithellagen Blasen. Die Heilung erfolgt durch Regeneration vom unverletzten Epithel her.
3. Grad: Völlige Zerstörung der Epidermis und mehr oder weniger auch der Leder- und Unterhaut. Die Heilung erfolgt durch Bildung einer aus Bindegewebe bestehenden Narbe. Ist mehr als ein Drittel der Körperoberfläche verbrannt, so tritt meist durch die sich bildenden giftigen Abbauprodukte des Zelleiweißes nach einigen Stunden oder Tagen der Tod ein.

Brandwunden bedecken wir mit trockenem, keimfreiem Mull, keinesfalls dürfen Brandbinden oder Brandsalben verwendet werden. Blasen werden nicht geöffnet! Verbrennungen 2. und 3. Grades müssen vom Arzt behandelt werden.

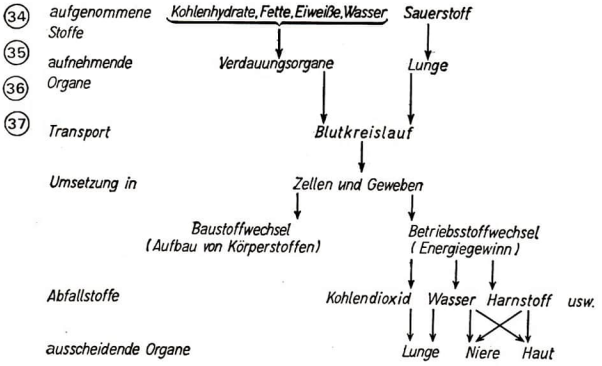
Bei Erfrierungen 1. Grades werden die unterkühlten Stellen vorsichtig mit Schnee eingerieben, um die Durchblutung anzuregen. Durch richtiges Verhalten und der Temperatur entsprechende Kleidung kann man Erfrierungen verhüten.

Übersicht über die Grundvorgänge des Stoff- und Energiewechsels

Stoffwechsel, Reizbarkeit, Wachstum, Fortpflanzung und Vererbung sind die Merkmale des Lebens. Ihr gemeinsames Wirken sichert den Fortbestand des Lebens auf der (29)
Erde. Die Erhaltung des einzelnen Organismus ist vor allem vom Stoffwechsel und von
der Reizbarkeit abhängig. Das ist eine der Ursachen dafür, daß wir dem Stoffwechsel (30)
besondere Aufmerksamkeit schenken.

Am Stoffwechsel sind verschiedene Organsysteme beteiligt. In den vorangegangenen
31 Lehrbuchabschnitten haben wir sie nacheinander im einzelnen kennengelernt. In Wirk-
lichkeit wirken sie jedoch stets zusammen und oft gleichzeitig bei den verschiedenen
32 Stoffwechselprozessen mit. Im folgenden wollen wir deshalb vor allem das Zusammen-
wirken der am Stoffwechsel beteiligten Organsysteme deutlich machen. Über die Be-
33 deutung der Steuerung der Stoffwechselvorgänge durch Nervensystem und Hormone
kann an dieser Stelle nicht gesprochen werden.

Übersicht über den Stoffwechsel

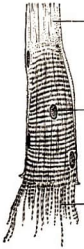


Körperhaltung und Bewegung

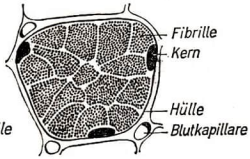
Bau und Funktion des Muskelgewebes

Die Fähigkeit des Protoplasmas, seine Form zu verändern, ist im Muskelgewebe besonders entwickelt. Die Muskelzellen können sich in ihrer Längsrichtung verkürzen (kontrahieren). Jede Muskelzelle wird von feinen Plasmafäden, den **Myofibrillen,** durchzogen. Die Myofibrillen können sich kontrahieren. Die Muskelkontraktion beruht demnach auf der Myofibrillenkontraktion in den Muskelzellen. Nach dem Feinbau und der Funktion der Muskelzellen unterscheiden wir:

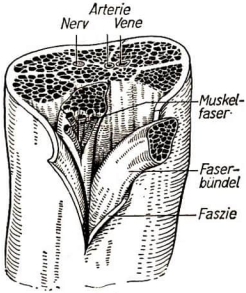
Quergestreifte Muskulatur



Quergestreifte Muskelfaser



Querschnitt durch eine Muskelfaser



Querschnitt durch einen Muskel

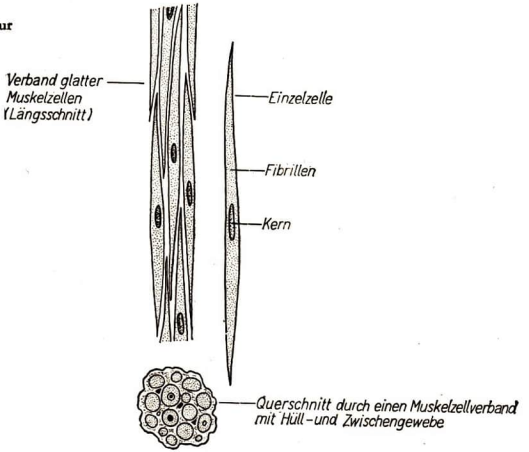
Die einzelnen Fasern der **quergestreiften Muskeln** setzen sich aus regelmäßig aufeinanderfolgenden einfach oder doppelt lichtbrechenden Abschnitten zusammen, die in der Muskelfaser alle in gleicher Höhe liegen. Dadurch entsteht ein regelmäßig sich wiederholendes Streifensystem, die Faser erscheint quergestreift. 5 bis 10 solcher parallel verlaufender Fasern bilden ein Primärbündel von etwa 0,5 mm Dicke, das von einer Bindegewebshülle umschlossen ist. Mehrere Primärbündel werden zu größeren Bündeln zusammengefaßt. Schließlich werden viele solcher Bündel von einer bindegewebigen Muskelhülle (Faszie) umgeben, in welcher die Gefäße und Nerven verlaufen. Diese Bündel bilden die Skelettmuskeln.

Die meisten Skelettmuskeln gehen an einem Ende oder an beiden Enden in Sehnen über, die am Knochen haften. Die Sehnen bestehen aus Bündeln straffen unelastischen Bindegewebes. Sie werden durch lockeres Bindegewebe zusammengehalten, in dem Gefäße und Nerven verlaufen. Die Sehnenfibrillen gehen in die Hüllen der Muskelfasern über. An besonders reibungsgefährdeten Stellen (Hand, Fuß) kann die Sehne in einer flüssigkeitsgefüllten röhrenförmigen Sehnenscheide gleiten.

Die Tätigkeit der quergestreiften Muskulatur unterliegt in den meisten Fällen unserem Willen. Daher wird sie auch als willkürliche Muskulatur bezeichnet. Sie kann sich rascher kontrahieren als die glatte Muskulatur, ermüdet aber dafür schneller. An den Skelettmuskeln lassen sich drei Bestandteile unterscheiden: das Muskelfleisch, die Muskelbinde (Muskelfaszie) und die Sehnen. Nur das Muskelfleisch enthält Muskelzellen, Muskelbinde und Sehnen bestehen aus Bindegewebe. Die Faszien umhüllen die Muskeln und gehen an beiden Muskelenden in Sehnen über. Die Sehnen sind mit der Knochenhaut verbunden und stellen so die Verbindung zwischen Knochen und Muskeln her.

Glatte Muskulatur. Glatte Muskelzellen sind blasse, schmale, überwiegend spindelförmige, hüllenlose Zellen. Jede Zelle enthält einen zentral gelegenen Kern und feine Fibrillen. Die glatte Muskulatur bildet beispielsweise die Wände des Verdauungskanals und der Blutgefäße.

Glatte Muskulatur



Die Tätigkeit der glatten Muskulatur unterliegt nicht unserem Willen, sie wird deshalb als unwillkürliche Muskulatur bezeichnet. Sie kontrahiert sich sehr langsam, aber über lange Zeit ohne Ermüdung. Das ermöglicht ihre ununterbrochene Tätigkeit (z. B. in den Arterien).

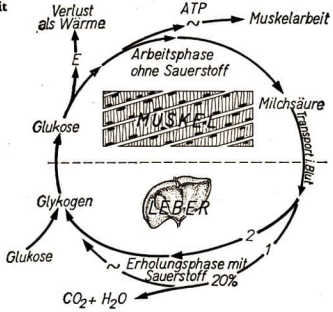
Muskelbewegung

Ein Reiz löst im Muskel eine Reihe physiochemischer Vorgänge aus, die eine Kontraktion des Muskels bewirken. Bei diesen Vorgängen wird stets Energie frei, ein Teil der freiwerdenden chemischen Energie wird in Wärme umgewandelt. Der andere Teil (etwa 30 %) wird unmittelbar als mechanische Arbeit wirksam.

Die Energie für seine Tätigkeit erlangt der Muskel fast ausnahmslos durch den Abbau von Kohlenhydraten. Meist handelt es sich um Glukose (Traubenzucker), die aus deren Speicherform (Glykogen) entsteht.

Die Stoffwechseltätigkeit im Muskel ist während der Kontraktion (Arbeitsphase) anders als nach der Kontraktion (Erholungsphase).

Schema der Muskelarbeit



Arbeitsphase des Muskels. Glykogen (bzw. Glukose) wird zu Milchsäure abgebaut; bei diesem Vorgang wird Energie frei. Der Prozeß verläuft ohne Sauerstoff (anaerob). Die freiwerdende Energie kann nicht unmittelbar in Muskelarbeit umgesetzt werden. Die unmittelbare Energiequelle für den Muskel bildet vielmehr eine energiereiche organische Phosphorverbindung (Adenosintriphosphorsäure, ATP). Diese Substanz spaltet Phosphorsäure ab, dabei wird Energie frei, die vom Muskel genutzt werden kann. Die Energiemenge, die beim Aufbau von Glykogen freigesetzt wird, dient dazu, die energiereichen organischen Phosphorverbindungen (ATP) wieder aufzubauen.

Erholungsphase des Muskels. Nach der Kontraktion werden von der im Muskel stark angereicherten Milchsäure etwa 20 % zu Kohlendioxid und Wasser oxydiert. Dies ist also ein aerober Vorgang.

Der größere Teil der Milchsäure wird wieder zu Glykogen umgebaut. Milchsäureoxydation und Glykogenbildung erfolgen zum größten Teil in der Leber (dorthin wird die Milchsäure durch das Blut transportiert), zum geringen Teil im Muskel selbst. Die Energie zur Glykogenbildung wird durch die Oxydation der Milchsäure gewonnen. Das Glykogen steht dem Muskel wieder zur Arbeit zur Verfügung, es kann aus der Leber, nach Aufspaltung in Glukosemoleküle, mit dem Blut zum Muskel befördert werden. Ein anderer Teil der Energie, die aus der Milchsäureoxydation gewonnen wird, dient zum Wiederaufbau der energiereichen Phosphorverbindungen.

Die Tatsache, daß die Energie für die Arbeitsphase ohne Sauerstoffverbrauch gewonnen wird, hat große Bedeutung für den Sport. Nur so ist es möglich, kurze, sehr anstrengende Übungen, wie zum Beispiel einen 100-m-Lauf, auszuführen. Die Sauerstoffaufnahme ist auf dieser Strecke ganz unbedeutend (kaum ein Liter). Der für die Erholungsphase zur Verbrennung der entstandenen Milchsäure erforderliche Sauerstoff (etwa 8 l) wird erst nach dem Lauf eingeatmet, was etwa zwei Minuten dauert.

Die **Ermüdung** des Muskels hat verschiedenartige Ursachen, beispielsweise können die Glykogenreserven erschöpft sein. Das tritt jedoch selten ein, da dem Muskel mit dem Blut laufend neue Nahrungsstoffe zugeführt werden.

Bei längerer Tätigkeit vermehren sich aber Abbauprodukte im Muskel (Kohlendioxid, Milchsäure, Phosphorsäure u. a.) und werden nur ungenügend vom Blut abtransportiert. Es entsteht der „Muskelkater".

Bei den meisten Arbeiten wechseln die beteiligten Muskeln in ihrer Tätigkeit ab und ermüden deshalb nicht so rasch. Daher strengt ein ruhiges Gehen weniger an als langes Stehen. Herz- und Atemmuskeln ermüden nicht, weil in den kurzen Pausen zwischen den einzelnen Herzschlägen und Atemzügen genug Zeit zur Erholung bleibt.

Ebenso wie lang andauernde Arbeit führt auch eine übermäßige Belastung der Muskeln oder Beschleunigung des Tempos der Muskelbewegungen zu schnellerer Ermüdung und zu einem plötzlichen Abfall der Leistungen. Es ist deshalb wichtig, für jede körperliche Arbeit die Geschwindigkeit der Bewegung und die Belastung der Muskeln so zu regeln, daß die größte Leistung bei geringster Ermüdung erreicht wird.

Die Ermüdung eines Muskels kann durch Training stark verzögert werden. So tritt auch der „Muskelkater", das schmerzhafte Anzeichen starker Muskelübermüdung, bei Sportlern erst nach einer länger anhaltenden starken Beanspruchung der Muskeln auf.

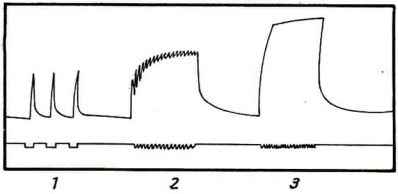
Auslösung der Muskelkontraktion

Die Muskeln kontrahieren sich, wenn sie erregt werden. Reize, die eine Erregung auslösen, können verschiedener Art sein.

Im Experiment wendet man meist die elektrische Reizung an. Vom Reiz bis zum Reaktionsbeginn verstreicht eine gewisse Zeit, die Latenzzeit. Sie beträgt 0,001 bis 0,01 Sekunden. An die Latenzzeit schließt sich die Kontraktion an. Anschließend an eine Reizung ist der Muskel für kurze Zeit (beim Skelettmuskel 0,001 bis 0,01 Sekunde) unempfindlich für weitere Reize.

Folgen mehrere Reize aufeinander, so entsteht eine Serie von Einzelzuckungen (1). Verkürzt sich der Abstand zwischen den Reizen, so wird schließlich ein Zeitpunkt erreicht,

Aufzeichnung der Kontraktion eines Muskels



in dem der Muskel sich von neuem kontrahiert, noch bevor er vollständig erschlafft ist (2). Dabei überlagern sich verschiedene Kontraktionen. Wenn die Abstände zwischen den Reizen weiter verringert werden, verschmelzen die Einzelzuckungen zur Dauerkontraktion (3). Eine solche lang anhaltende Kontraktion, die durch die Summierung vieler Einzelreize zustande kommt, wird **Tetanus** genannt. Die meisten Muskelkontraktionen an der Skelettmuskulatur sind tetanische Kontraktionen. Echte Einzelzuckungen sind selten (z. B. einige Reflexzuckungen).

Die Muskeln befinden sich im Ruhezustand in einer vom Nervensystem unterhaltenen reflektorischen Dauerspannung, dem **Tonus.** Dieser Tonus wird durch Erregungen bewirkt, die von den sensiblen Endorganen in Muskeln und Sehnen zum Zentralnervensystem und von hier zu den Muskeln fließen. Das Zentralnervensystem entsendet dann seinerseits Impulse, die den Tonus verändern. Läßt man die Arme herabhängen, so sind sie in den Ellbogengelenken leicht gebeugt. Der Tonus der Beugemuskeln ist stärker als der der Streckmuskeln. Durch den Tonus der Kaumuskeln sinkt der Unterkiefer nicht herab.

Der Muskeltonus ist bei starken und gesunden Menschen höher als bei schwachen. Aber auch bei jedem einzelnen Menschen ändert sich der Muskeltonus. Bei Ermüdung sinkt er herab. Der Muskeltonus beeinflußt auch die Körperhaltung eines Menschen. Ein Mensch mit niedrigem Tonus hält sich gebückt. Die Schwächung des Tonus der Gesichtsmuskeln spiegelt sich auch im Ausdruck des Gesichts wider. Während des Schlafes sinkt der Muskeltonus stark herab.

Bei glatten Muskeln gibt es eine „tonische" Muskelverkürzung, ohne daß mit der Dauerverkürzung eine wesentliche Stoffwechselsteigerung verbunden ist. So wird der Dauertonus des Magenschließmuskels oder der Muskeln der Gefäßwände ohne nennenswerten Energieaufwand aufrechterhalten. Bei Skelettmuskeln gibt es keine Dauerkontraktionen mit so geringer Stoffwechselsteigerung, die den Dauerverkürzungen der glatten Muskulatur vergleichbar sind. Alle dauernden Muskelspannungen, die beim Stehen, Laufen oder Sitzen notwendig sind und unbewußt ausgeführt werden, sind tetanisch und erfordern einen erhöhten Energieaufwand. Die Muskelanspannungen, die einem ständigen Wechsel unterworfen sind, bilden die Basis für alle willkürlichen und reflektorischen Bewegungsvorgänge.

Wir können verschiedene Arten von Muskelkontraktionen unterscheiden. Der Unterschied zwischen beiden Kontraktionen wird an folgendem einfachem Beispiel deutlich: Wenn wir Holz hacken oder Sand schaufeln, leisten wir Muskelarbeit. Wir leisten aber auch Muskelarbeit, wenn wir einen schweren Koffer tragen, obwohl unser Arm dabei scheinbar in Ruhe ist, die Muskeln sich also scheinbar nicht kontrahieren.

Stützsystem

Stützgewebe

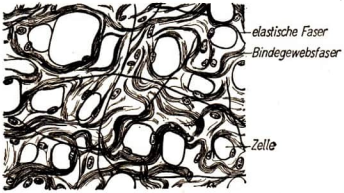
Zum Stützgewebe gehören das Bindegewebe, das Knorpelgewebe und das Knochengewebe.

Bindegewebe. Im gesamten Organismus finden wir Bindegewebe. Es verbindet die Organe mit ihrer Umgebung und festigt ihre innere und äußere Form. Als lockeres Bindegewebe ist es in allen Organen vorhanden. Die Bedeutung des lockeren Bindegewebes erkennen wir deutlich an einem Stück Rindfleisch (Muskel), das lange gekocht

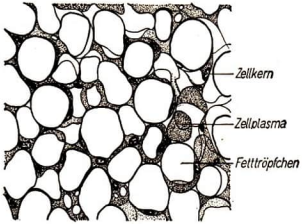
wurde. Die Fasern des Bindegewebes sind durch das Kochen weitgehend zerstört worden; der Muskel läßt sich leicht zerteilen, weil die Hüllen fehlen.

Die Sehnen, Bänder und Gelenkkapseln unseres Körpers bestehen aus straffem Bindegewebe, das sehr zugfest ist.

Bindegewebe (280fach vergr.)



Fettgewebe (etwa 300fach vergr.)



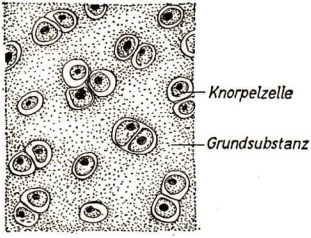
Die Zellen des **Fettgewebes** sind umgestaltete Bindegewebszellen, die Fett speichern. Fett liegt als großer Tropfen im Zelleib und drängt Zellplasma und Zellkern an die Zellwand. Das Fettgewebe dient nicht nur als Speicherorgan für den Reservenährstoff Fett, es kann auch empfindliche Organe, beispielsweise das Auge und die Niere, vor mechanischen Schädigungen schützen.

Knorpelgewebe. Das Knorpelgewebe besteht aus Knorpelzellen, kollagenen Fasern und einer bläulichweißen Grundsubstanz. Es ist fest und druckelastisch.

Beim Menschen wird der größte Teil des Skeletts zuerst aus Knorpel gebildet, der später durch Knochen ersetzt wird. Das Knorpelgewebe ist von einer gefäßreichen Bindegewebshülle, der Knorpelhaut, umgeben.

Wir unterscheiden hyalinen Knorpel und Faserknorpel. Hyalinen Knorpel finden wir vor allem als Gelenk- und Rippenknorpel sowie als Stützknorpel in Nase, Ohr und Kehlkopf. Faserknorpel tritt vor allem in den Zwischenwirbelscheiben auf.

Knorpelgewebe (200fach vergr.)



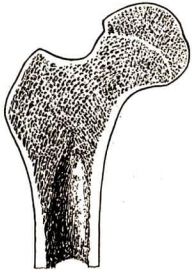
Knochengewebe (500fach vergr.)

Knochengewebe. Das Knochengewebe besteht aus stark verästelten, miteinander durch Fortsätze verbundenen Knochenzellen und verkalkter Zwischenzellensubstanz mit kollagenen Fasern. Neben dem Zahnschmelz ist es das härteste Gewebe unseres Körpers. Es kommt nur bei Wirbeltieren vor. 38 8

Die Zwischenzellsubstanz setzt sich aus organischen und anorganischen Bestandteilen zusammen. Die organische Substanz, die weich und biegsam ist, bedingt die Elastizität des Knochen. Die anorganische Substanz, die vorwiegend aus Kalziumphosphat und Kalziumkarbonat besteht, bedingt die Festigkeit des Knochens. Beide durchdringen einander so, daß sowohl nach der Entfernung der organischen als auch der anorganischen Substanz die Form des Knochens erhalten bleibt.

Bau des Knochens. Der Knochen ist ein lebendes Organ, das auch beim Erwachsenen ständig auf- und umgebaut wird. Von vielen Blutgefäßen durchzogen, wird er in den gesamten Stoffwechsel mit einbezogen. Von großem Einfluß auf seine chemische Zusammensetzung sind vor allem Hormone und Vitamine (z. B. Vitamin D). Der Knochen ist von einer Haut überzogen. Diese derbe Knochenhaut (Periost) führt Nerven und Gefäße. Sie ist der schmerzempfindlichste Teil des Knochens. In ihrer untersten, zellreichen Schicht liegen die teilungsfähigen Knochenzellen. Nach abgeschlossenem Dickenwachstum ruhen sie und werden nur durch besondere Reize (z. B. Verletzungen bei Brüchen) wieder zur Tätigkeit angeregt. Neubildungen des Knochens gehen stets vom Periost aus.

Schon mit bloßem Auge ist erkennbar, daß ein Röhrenknochen einen festen Mantel besitzt. Dieser wird von der kompakten Substanz gebildet, die den Markraum umgibt. An den Enden ist ein lockeres Balkenwerk ausgebildet.

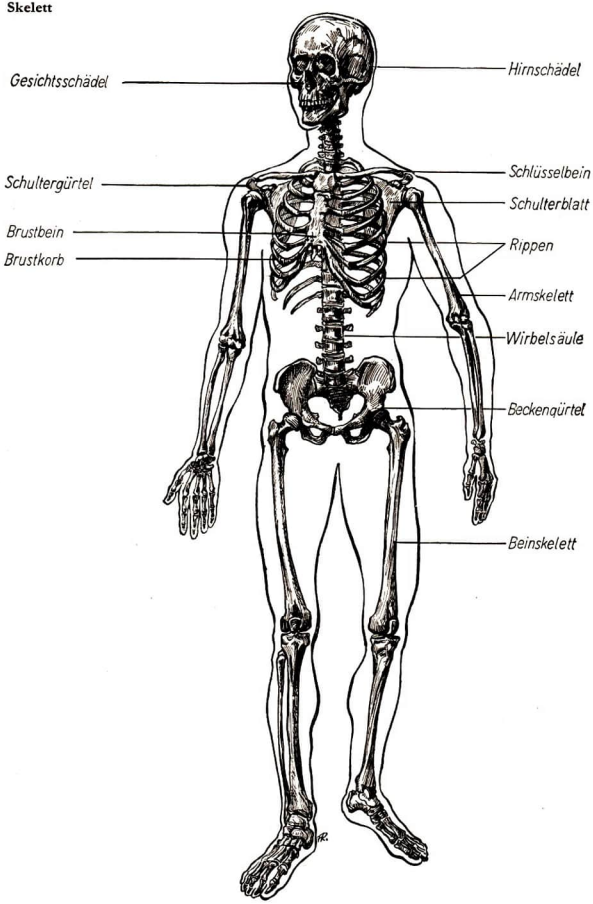


Längsschnitt des oberen Oberschenkelknochens mit Bälkchenstruktur

Schematische Darstellung der Hauptzug- und Drucklinien der Spongiosastruktur des Oberschenkels

Unter der kompakten befindet sich die spongiöse Substanz. Diese besteht aus feinen, oft sehr zarten und dünnen Bälkchen und Plättchen. Die Bälkchen sind in bestimmter Weise angeordnet. Sie verlaufen entsprechend den Hauptzug- und Drucklinien. Durch diese Anordnung wird bei geringstem Gewicht des Knochens größte Festigkeit ge-

Skelett


Gesichtsschädel
Hirnschädel
Schultergürtel
Schlüsselbein
Schulterblatt
Brustbein
Brustkorb
Rippen
Armskelett
Wirbelsäule
Beckengürtel
Beinskelett

sichert. Ändern sich durch neue Funktionen die Belastungen des Knochens, wird auch die Anordnung der Bälkchen verändert. Markhöhle und Binnenraum der spongiösen Substanz sind von Knochenmark erfüllt.

Bei Neugeborenen besitzen alle Knochen rotes Mark. Mit zunehmendem Alter tritt in der Markhöhle der Röhrenknochen durch Fetteinlagerung gelbes Mark auf. Das rote Mark, das die roten Blutkörperchen und einige Arten der weißen Blutkörperchen bildet, bleibt vor allem in der spongiösen Substanz der Röhrenknochen sowie in den kurzen und glatten Knochen erhalten. Bei starkem Blutverlust kann gelbes Mark in rotes umgewandelt werden. Das gesamte Knochenmark des Menschen füllt etwa einen Raum von 3000 bis 4000 cm^3 aus.

Die Form der Knochen wird wesentlich durch die Funktion bedingt. Lange Knochen, die der größten und vielseitigsten Belastung ausgesetzt sind, werden zusätzlich als Hebel für die Muskulatur verwendet. Kurze Knochen bauen federnde Säulen oder Gewölbe auf (Wirbelsäule, Fußwurzelknochen), während Plattenknochen Räume umschließen (Schädel, Becken).

Die Bedeutung von Bau und Struktur des Knochens sollen einige Zahlen verdeutlichen:

Reißfestigkeit: Oberarm bis 800 kg, Oberschenkel bis 1500 kg,
Strebfestigkeit: Oberarm bis 600 kg, Oberschenkel bis 750 kg.

Röhrenknochen werden aus Knorpelgewebe gebildet. Der menschliche Embryo besitzt ein Knorpelskelett, das allmählich durch ein Knochenskelett ersetzt wird. Solche Knochen werden als Ersatzknochen bezeichnet, zu ihnen gehören beispielsweise die Röhrenknochen. Sie bilden den Hauptteil des Skeletts. Knochen können auch direkt aus dem Bindegewebe gebildet werden. Diese werden als Platten- oder Deckknochen bezeichnet. Sie bilden beispielsweise das Schädeldach, den Gesichtsschädel und die Schlüsselbeine.

Skelett

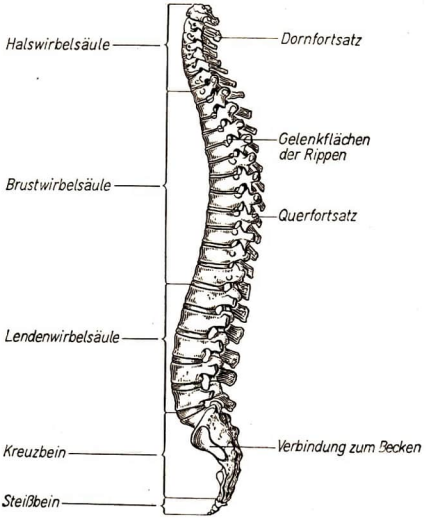
Ein Vergleich der Skeletteile von Vertretern verschiedener Klassen und Ordnungen der Wirbeltiere und des Menschen zeigt, daß trotz des durch verschiedenartigste Funktionen abgewandelten Baues ein gleicher Grundaufbau der Skelette besteht. Unterschiede beruhen vor allem auf der Anpassung der Organismen an die verschiedenen Umweltbedingungen. (39) (40)

Besonders weitgehende Übereinstimmung zeigt das Skelett des Menschen mit dem der Säugetiere, vor allem der höheren Affen. Das beruht darauf, daß beide sich erst in geologisch jüngster Zeit aus gemeinsamen Vorfahren entwickelten. (41)

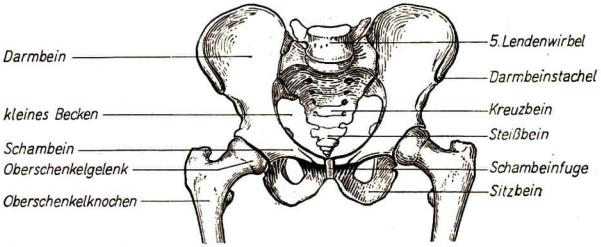
Trotz der weitgehenden Ähnlichkeit mit dem Skelett der Wirbeltiere hat das Skelett des Menschen wesentliche Umbildungen erfahren, die vor allem durch den Übergang der Vorfahren des heute lebenden Menschen zum aufrechten Gang und zur Arbeit bedingt sind. In einem langen Entwicklungsprozeß traten tiefgreifende Veränderungen auf. Die Wirbelsäule wurde zur federnden Stütze mit mehrfacher Krümmung. Das Becken entwickelte sich zu einer breit ausladenden Knochenschale, welche die Hauptlast der Eingeweide trägt. Der Brustkorb wurde im Gegensatz zu dem der Vierfüßer quer oval. Die Vordergliedmaßen und damit die Hand wurden endgültig für die Arbeit frei, unter deren Einfluß sich ihre weitere Ausbildung vollzog. Am Fuß bildeten sich die für den Menschen typischen Wölbungen aus.

Beim Kleinkind entwickeln sich die Krümmungen der Wirbelsäule erst mit dem Aufrichten; etwa vom 12. Lebensjahr an wird die Wirbelsäule durch Bänder und Muskeln ständig in dieser Lage gehalten. Auch die Fußwölbungen bilden sich beim Kind erst nach Beginn des aufrechten Ganges, also etwa im 2. Lebensjahr.

Wirbelsäule



Männliches Becken (von vorn)



Skelett des rechten Armes

Schlüsselbein
Gelenkkopf
Gelenkpfanne
Schulterblatt
Oberarmknochen
Ellenbogengelenk
Speiche
Elle
Handwurzelknochen
Daumen
Mittelhand
Finger

Schädel eines Neugeborenen (von oben)

Stirnbein
Stirnfontanelle
Scheitelbein
Hinterhauptfontanelle
Hinterhauptsbein

Schädel eines Erwachsenen

Knochennaht
Stirnbein
Scheitelbein
Nasenbein
Augenhöhle
Jochbein
Hinterhauptsbein
Schläfenbein
Oberkiefer
Gebiß
Unterkiefer
Warzenfortsatz

Das Skelett wird in das Stammskelett und das Gliedmaßenskelett eingeteilt. Zum Stammskelett rechnen die Knochen des Rumpfes, der Wirbelsäule, der Rippen, des Brustbeines und des Kopfes. Die Knochen des Schulter- und Beckengürtels und der dazugehörigen freien Extremitäten bilden das Gliedmaßenskelett. Die Anzahl der Knochen ändert sich mit zunehmendem Alter, da viele beim Kind getrennte Knochen später verwachsen. Mit zunehmendem Alter verändert sich auch das Verhältnis von anorganischer und organischer Substanz im Knochen. Der Kalkgehalt nimmt zu, die Knochen werden härter und spröder. Bei Kindern und Jugendlichen dagegen überwiegt die organische Substanz in den Knochen. Durch zu große oder einseitige Belastung (z. B. Tragen zu schwerer Lasten an einer Körperseite – Schultasche! –) oder schlechte Körperhaltung (schiefes Sitzen am Eß- oder Arbeitstisch) kann eine Verformung der Knochen (Wirbelsäule) zustande kommen. Vor allem junge Menschen müssen deshalb auf eine gute Körperhaltung achten und den Körper möglichst gleichmäßig belasten (Rucksack beim Wandern!).

Erste Hilfe bei Knochenbrüchen

Kann nach einem Unfall eine Gliedmaße nicht bewegt werden, schwillt sie an und verursacht große Schmerzen, ist wahrscheinlich ein Knochen gebrochen. Gliedmaßen mit Knochenbrüchen müssen schnellstens völlig ruhiggestellt werden. Keinesfalls darf versucht werden, sie in ihre normale Lage zurückzubringen. Sie werden vielmehr in der Stellung, in der sie sich befinden, ruhiggestellt. Dazu schienen wir die Gliedmaße mit unbiegsamen, allerdings gut gepolsterten Stützen, so daß die dem Bruch benachbarten beiden Gelenke (am Unterarm demnach Ellbogen- und Handgelenk) nicht mehr bewegt werden können, und bringen den Verletzten zum Arzt. Ist an der Bruchstelle auch eine offene Wunde entstanden, bedecken wir diese erst mit keimfreiem Mull, ehe wir einen Schienenverband anlegen.

Kann ein Verletzter nach einem Unfall beide Beine nicht bewegen, obwohl sie keine Schädigung aufweisen, ist wahrscheinlich die Wirbelsäule verletzt. Der Verletzte darf dann keinesfalls bewegt werden, da sonst das Rückenmark geschädigt werden kann. Wir decken ihn vorsichtig warm zu und lassen ihn liegen, bis ein Arzt oder fachkundige Krankenträger die Fürsorge übernehmen.

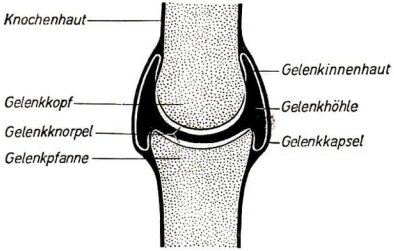
Ist der Verletzte bewußtlos, tritt Blut aus Mund, Ohren und Nase und bilden sich nach kurzer Zeit große dunkle Ringe um die Augen, muß eine Verletzung der Schädelknochen angenommen werden. Auch da ist schnellste ärztliche Hilfe erforderlich. Der Verunglückte wird warm zugedeckt und nicht bewegt.

Zusammenwirken von Skelett und Muskulatur

Knochenverbindungen. Die Knochen des Skeletts können entweder fest oder beweglich miteinander verbunden sein. Die festen Knochenverbindungen bezeichnet man als Haft, sie verbinden Deckknochen miteinander (die Schädelknochen z. B. sind durch Knochennähte verbunden). Bewegliche Knochenverbindungen heißen Gelenke.

Die Gelenkkapsel besteht aus Bindegewebe und schließt die Gelenkhöhle luftdicht ab. Sie besteht aus zwei Schichten. Die innerste gefäß- und nervenreiche Schicht sondert

Schema eines Gelenks



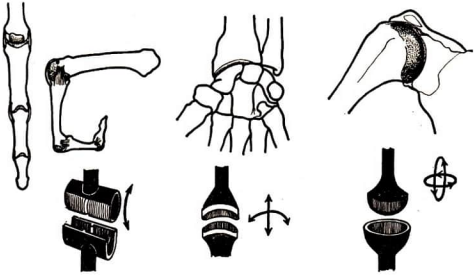
eine zähe, fadenziehende Flüssigkeit ab. Diese Gelenkschmiere dient dazu, die Reibung an den Gelenkflächen stark herabzusetzen.

Eine Gelenkhöhle ist beim lebenden Gelenk eigentlich nicht vorhanden. Alle Teile des Gelenks sind durch den Luftdruck so aufeinandergedrückt, daß nur kapillare Spalten erhalten bleiben. Der äußere Luftdruck, aufliegende Muskeln, Bänder und Sehnen halten das Gelenk zusammen.

Die Bänder geben dem Gelenk Beweglichkeit in bestimmter Richtung (z. B. die Seitenbänder des Kniegelenks). Gleichzeitig festigen sie das Gelenk. Einige Gelenke besitzen Sonderbildungen, wie zum Beispiel das Kniegelenk. Hier sind halbmondförmige Knorpelscheiben, die Menisken, ausgebildet.

Der Umfang der Beweglichkeit ist abhängig vom Bau der Gelenkenden, von der Anordnung der Gelenkkapseln und der Bänder und von der aufliegenden Muskulatur. Als Hauptformen unterscheiden wir Kugelgelenk, Scharniergelenk, Radgelenk, Ellipsoidgelenk und Sattelgelenk.

Gelenkformen (die Pfeile geben die Bewegungsrichtung an)



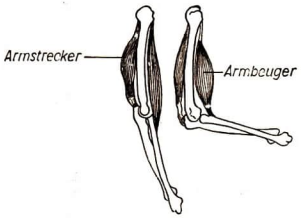
Scharniergelenk *Ellipsoidgelenk* *Kugelgelenk*

Wirkungsweise eines Gelenks. Die Bewegungen eines Gelenks werden durch Muskeln zustande gebracht. Winkelt man zum Beispiel den Unterarm an, verkürzt und verdickt sich der Muskel auf der Vorderseite des Oberarmes (Armbeugemuskel) und übt einen Zug auf den Unterarm aus. Gleichzeitig erschlafft der Muskel an der Rückseite des Oberarmes, der den Arm in gestreckter Stellung hält (Armstreckmuskel). Der Unterarm kann gebeugt werden. Wollen wir den Arm wieder strecken, erschlafft der Armbeuger, der Armstrecker kontrahiert sich, der Unterarm geht in seine alte Stellung zurück.

An der Bewegung des Unterarmes sind also mehrere Muskeln beteiligt, die einander entgegenwirken. Einander entgegengesetzt wirkende Muskeln bezeichnet man als Antagonisten. Muskeln, die in gleicher Richtung wirken, heißen Synergisten. Die meisten Bewegungen unseres Körpers beruhen auf der Wirkung der Antagonisten (z. B. Strecken–Beugen, Einwärtsdrehen–Auswärtsdrehen, Öffnen–Schließen). Die gleichmäßige Belastung einander entgegengesetzt wirkender Muskeln (z. B. Strecker und Beuger des Oberarmes, etwa beim Holzhacken) ermöglicht ein längeres Arbeiten ohne Ermüdung. Einseitige Belastung eines Muskels (etwa des Beugers beim Tragen eines Gegenstandes) führt zu rascher Ermüdung. Deshalb ist beispielsweise gleichmäßiges Gehen weniger anstrengend als längeres Stehen. Diese Kenntnis hat große Bedeutung für uns. Es ist uns möglich, Ermüdungen vorzubeugen, indem wir Ausgleichssport treiben (Pausengymnastik in den Betrieben und Schulen, besonders sportliche Betätigung für Menschen, die während ihrer Arbeit sehr einseitig belastet werden).

Regelmäßige Betätigung der Muskeln ist wichtigste Voraussetzung für die Erhaltung ihrer Funktionstätigkeit. Muskeln, die über längere Zeit nicht oder nur ungenügend bewegt werden können (etwa infolge einer Verletzung), nehmen deutlich an Umfang ab. Die Folge ist geringere Leistung nach Heilung der Verletzung, die nur durch intensives Training gesteigert werden kann. Für Menschen mit überwiegend sitzender oder geistiger Tätigkeit ist also manuelle Tätigkeit und regelmäßige sportliche Betätigung zur Erhaltung ihrer Gesundheit und ihrer Leistungsfähigkeit unbedingt erforderlich. Sie regen damit gleichzeitig auch die Tätigkeit der Atemorgane und der Kreislauforgane an.

Wirkungsweise der Muskeln



Die Regelung der Körperfunktionen

Reizbarkeit als Grundeigenschaft der lebenden Materie

Berührt man die Fiederblättchen einer Mimose, so klappen diese zusammen; werden Pantoffeltierchen, die in einem Aquarium leben, mit starkem Licht angestrahlt, so suchen sie dunklere Stellen im Gefäß auf. Wenn wir frieren, „klappern die Zähne", es erfolgen rhythmische Kontraktionen verschiedener Muskeln. Die Beispiele zeigen, daß die Lebewesen oder einzelne Organe auf Einflüsse ihrer Umwelt reagieren. Diese Eigenschaft wird als Reizbarkeit bezeichnet. Zur Reizbarkeit gehören mehrere eng miteinander verknüpfte Vorgänge: ein Reiz, der eine Erregung auslöst, eine Erregungsleitung und eine Antwort auf den Reiz, die Reaktion.

Die Reizbarkeit ist ein Merkmal des Lebens. Wir finden sie von den Bakterien bis zum Menschen. Diese gemeinsame Eigenschaft beweist wiederum die verwandtschaftlichen Beziehungen aller Organismen. Auch lebende Teile des Körpers, etwa die verschiedenen Organe, Gewebe und einzelne Zellen sind reizbar. Isolierte Muskeln oder isolierte Nervenzellen beispielsweise werden sehr häufig benutzt, um die Reizbarkeit zu untersuchen.

Der Reiz

Reize sind Vorgänge, die den lebenden Systemen Energie zuführen (z. B. dem Auge Lichtenergie) oder entziehen (z. B. der Haut Wärme). Dadurch verändert sich der physiologische Zustand der reizbaren Zelle — sie wird erregt.

Man unterscheidet äußere Reize, die aus der Umwelt auf den Organismus wirken, und innere Reize. Äußere Reize sind allgemein bekannt. So weiß jeder, daß er diese Worte nur lesen kann, weil die Sinneszellen des Auges von Lichtstrahlen gereizt werden. Weit weniger augenfällig sind die inneren Reize. Beispielsweise wirkt hoher Kohlendioxidgehalt im Blut auf das Atemzentrum im Nachhirn als innerer Reiz. Das Atemzentrum veranlaßt seinerseits die Atemmuskulatur zu schnelleren Bewegungen (s. S. 101).

Nach der Art der zugeführten Energieform unterscheidet man mechanische, chemische, osmotische, thermische Reize, Strahlungsreize und elektrische Reize. Bei Untersuchungen an Nerven und Muskeln werden meist elektrische Reize benutzt.

Reize müssen eine bestimmte Intensität besitzen und eine gewisse Zeit wirken, damit sie eine Reaktion hervorrufen. Das Produkt aus Reizintensität und Einwirkungsdauer bezeichnet man als Reizmenge. Die Reizmenge muß einen Schwellenwert überschreiten, erst dann wird sie wirksam. Ein Reiz, der gerade stark genug ist, eine Reaktion hervorzurufen, heißt Schwellenreiz, Reize, die schwächer sind, nennt man unterschwellig.

Reizaufnahme. Der Reizaufnahme dienen differenzierte Körperzellen, die Sinneszellen. Die reizaufnehmenden Sinneszellen (Rezeptoren) sind beim Menschen in größeren, kompliziert gebauten Sinnesorganen mit verschiedenen Hilfseinrichtungen konzen-

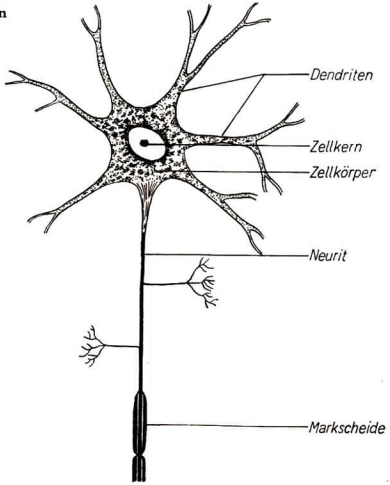
triert (Auge, Ohr). Es gibt außerdem innere Sinneszellen, die uns über die Lage des Körpers im Raum, seine Bewegungen und über die Muskelspannung informieren. Zu den inneren Sinneszellen gehören auch die Schmerzrezeptoren.

Die Sinnesorgane sind auf die Aufnahme ganz bestimmter, nur für sie wirksamer Reize (adäquate Reize) spezialisiert. Mit den Augen kann man nur Lichtreize aufnehmen, mit den Ohren nur hören, mit den Hautsinneszellen kann der Mensch wohl Temperaturunterschiede wahrnehmen, nicht aber Lichtreize.

Erregung. Reize lösen eine Erregung in der gereizten Zelle aus. In ihnen ist eine meßbare Zustandsänderung des Plasmas eingetreten. Es wird Sauerstoff verbraucht, außerdem zeigen sich elektrische Erscheinungen. Mit feinen Registriergeräten können die auftretenden Aktionsströme gemessen werden. Mißt man die Ladung an der Oberfläche der gereizten Organe, dann ist die erregte Stelle gegenüber einer nichterregten stets negativ geladen.

Erregungsleitung. Bei den höherentwickelten Tieren haben sich spezielle Organe für die Erregungsleitung und die Reizbeantwortung herausgebildet, die Nervensysteme. Die kleinsten Bausteine des Nervensystems sind die Nervenzellen. Sie dienen der Aufnahme und der Leitung von Erregungen.

Nervenzelle mit Fortsätzen



Die Fortsätze, die vom Zelleib ausgehen, dienen der Erregungsleitung. Die meisten Zellen besitzen einen unverzweigten Fortsatz, den Neuriten, der bis 1 m lang sein kann, und mehrere verzweigte Fortsätze, die Dendriten. Die Dendriten verbinden Nervenzellen miteinander.

Die Neuriten mehrerer Nervenzellen vereinigen sich zu dünneren oder dickeren, von Bindegewebshüllen umgebenen Bündeln, den Nerven. Die in ihnen verlaufenden Bahnen leiten Erregungen von den Sinnesorganen zum Zentralnervensystem oder vom Zentralnervensystem zu den Organen.

Ein Nerv enthält nie Nervenzellen. Diese liegen in den Nervenknoten (Ganglien) oder in den Sinnesorganen. Ein Reiz erregt die gesamte Nervenzelle, er kann jedoch nur an einem bestimmten Ende auf weitere Zellen übertragen werden. Dieses Ende kann keine Erregung aufnehmen, während die anderen, an der Weitergabe nicht beteiligten Nervenenden nur Reize aufnehmen können. Die Übertragung der Erregung von einer Nervenzelle auf eine andere oder von Nervenzellen auf Muskeln erfolgt durch Überträgerstoffe, die vom Nerven schnell freigesetzt werden können.

Die Geschwindigkeit, mit der die Erregung in einem Organismus geleitet wird, ist sehr unterschiedlich.

Geschwindigkeit der Erregungsleitung

Art	Gewebe/Organ	Mittlere Geschwindigkeit ms^{-1}
Teichmuschel	Nerv	0,05
Regenwurm	Bauchmark	0,4
Frosch	Skelettmuskel	3
Frosch	Ischiasnerv	25
Mensch	Skelettmuskel	10
Mensch	markhaltige Nerven	80 bis 100

Die Leitungsgeschwindigkeit ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Innerhalb des Tierreiches nimmt die Leitungsgeschwindigkeit mit der Organisationshöhe der Organismen zu. Nerven zeigen gegenüber anderen Geweben höhere Leitungsgeschwindigkeiten. Die Leitungsgeschwindigkeit steigt auch mit der Erhöhung der Temperatur, da Wärmezufuhr den Stoffwechsel der Zelle beschleunigt.

Sinnesorgane

Das Auge

Die Aufnahme von Lichtreizen ist nicht unbedingt an das Vorhandensein bestimmter Organe (Augen) gebunden. Wir finden einfache Lichtsinneszellen bereits bei den niedersten Vertretern des Tierreichs. Die Unterschiedlichkeit der Sehleistung liegt weitgehend im Vorhandensein und Bau von zusätzlichen Hilfseinrichtungen begründet. Je nach ihrer Entwicklungshöhe dienen die Augen der Wahrnehmung der Helligkeitsunterschiede, der Wahrnehmung der Richtung des einfallenden Lichtes, dem Bewegungs- und Bildsehen.

Das menschliche Auge stimmt in seinem Bau im wesentlichen mit dem Bau aller Säugetieraugen überein. Es besteht aus dem Augapfel sowie den Schutz- und Bewegungsorganen.

Schutzorgane des Auges. Einen weitgehenden Schutz gewährt bereits die knöcherne Augenhöhle, in der das Auge liegt. Die Augenbrauen leiten von der Stirn herabrinnen-

den Schweiß ab. Die Lider sind Falten der Gesichtshaut, deren Innenseiten von einer Schleimhaut, der Bindehaut, bedeckt sind. Durch Ringmuskeln können die Lider über das Auge gezogen werden. Sie schützen die Hornhaut und verschließen das Auge gegen Lichteinfall, vor allem beim Schlaf. Die Bindehaut setzt sich über den vorderen Teil der Lederhaut fort und geht am Hornhautrand in das Hornhautepithel über.

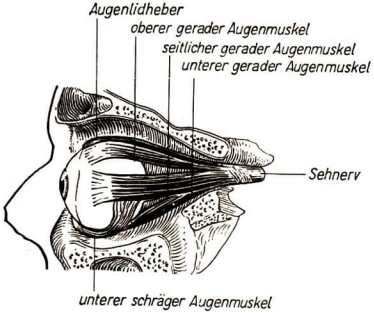
Das Sekret der Talgdrüsen, das den Lidrand fettet, verhindert das Überfließen der Tränenflüssigkeit, die von der im oberen äußeren Augenwinkel gelegenen Tränendrüse abgesondert wird. Die Tränendrüse ist etwa bohnengroß und liegt seitlich oben unter dem Dach der Augenhöhle.

Durch den Lidschlag wird die gering eiweißhaltige, schwach salzige, bakterienhemmende Tränenflüssigkeit ständig über die vordere Augenfläche verteilt. Durch den nasenwärts gelegenen Tränensack fließt sie in den Tränennasenkanal ab, der in der vorderen Hälfte des unteren Nasenganges mündet. Physikalische und chemische Reize können den Tränenstrom vermehren (Reizgase, Fremdkörper, Kälte u. a.). Nur beim Menschen verstärkt sich der Tränenfluß auch bei psychischen Erregungen (Schmerz, Trauer, Lachen).

An den Außenseiten der Lidränder sitzen die langen, nach außen gebogenen Wimpern.

Augenmuskeln. Der Augapfel wird durch sechs Augenmuskeln bewegt. Die Muskeln sichern eine allseitige Beweglichkeit des Auges. Beide Augen werden stets gleichsinnig bewegt. Das Zusammenspiel der Muskeln beider Augen ist außerordentlich fein abgestimmt und verhindert, daß Doppelbilder der Außenwelt entstehen (Doppelbilder können z. B. bei Übermüdung und Alkoholrausch zustande kommen, auch bei einer Ohnmacht fällt die Koordination der Augen aus, „Verdrehen der Augen“).

Augenmuskeln

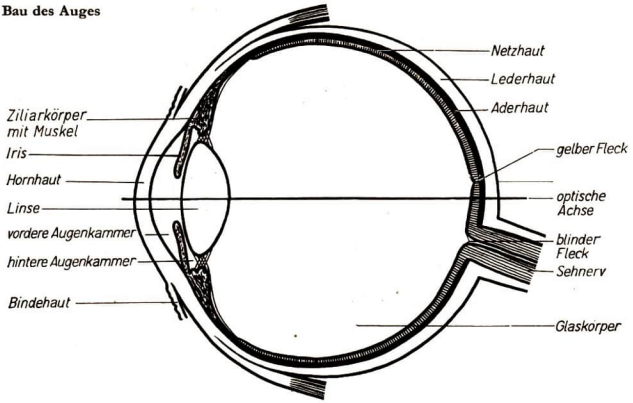


Bau des Auges. Der Augapfel hat annähernd kugelförmige Gestalt. Sein Durchmesser beträgt etwa 24 mm. Die Wand des Augapfels gliedert sich in drei übereinanderliegende Häute.

(42) ▼

Die äußere Augenhaut besteht aus straffem Bindegewebe. Sie bildet eine feste Kapsel, die dem Auge die Form gibt und im vorderen Teil, der uhrglasförmig vorgewölbten Hornhaut, durchsichtig ist. Der größere, weiß erscheinende hintere Teil wird als Lederhaut bezeichnet.

Bau des Auges



Die mittlere Augenhaut besteht aus der Aderhaut, dem Ziliarkörper und der Regenbogenhaut (Iris). Sie ist an ihrer Innenseite mit dem zur inneren Augenhaut gehörenden Pigmentepithel verwachsen. Die Aderhaut ist reich an Pigmentzellen und Blutgefäßen, durch welche die Gewebe des Augapfels ernährt werden. Der Ziliarkörper liegt um die Linse zwischen Aderhaut und Iris. Im Ziliarkörper liegt der Ziliarmuskel (Akkommodationsmuskel), der die Akkommodation des Auges bewirkt.

Die zwischen den Aufhängebändern befestigte Linse ist ein farbloser, bikonvexer, zelliger Körper. Sie ist elastisch und durchsichtig. Mit zunehmendem Alter läßt ihre Elastizität nach.

Als Fortsetzung des Ziliarkörpers biegt der vordere Teil der mittleren Augenhaut, die Iris, fast rechtwinklig zur Augenachse hin ab. Sie läßt in der Mitte ein Loch frei, die Pupille. Diese kann durch einen etwa 1 mm breiten Ringmuskel reflektorisch verengt, durch ein System radiär angeordneter glatter Muskelzellen erweitert werden. Die Iris enthält Pigmente; die verschiedene Pigmentdichte und die unterschiedliche Dicke des Gewebes rufen die Färbung der Iris hervor. Beim Albino fehlt das Pigment völlig, sowohl im Irisbindegewebe wie im Pigmentepithel, das dahinter liegt. Man sieht die roten Blutgefäße der Iris. Da die Lichtstrahlen durch die Iris hindurchdringen, leuchten sie das ganze Auge aus. Dadurch erscheint auch die Pupille rot. Enthält nur die hintere Pigmentschicht das Pigment, erscheint die Iris blau oder grau, enthält auch das Irisgewebe Pigment, ist sie braun oder fast schwarz.

Durch den Glaskörper, eine durchsichtige, gallertartige Substanz, wird die Netzhaut, die an der Hinterwand des Auges der Aderhaut nur lose anliegt, an die äußeren Schichten des Augapfels gedrückt und dem Augapfel ein gewisser Innendruck gegeben.

Die innere Augenhaut besteht aus zwei Schichten, der einschichtigen Pigmentschicht die mit der Aderhaut verwachsen ist, und der lichtempfindlichen Netzhaut (Retina). In

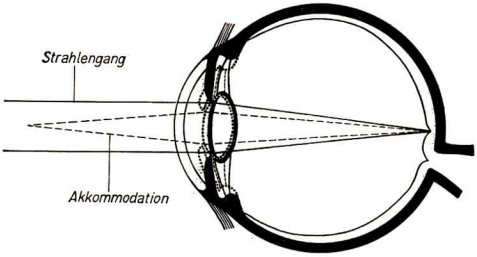
der sehr kompliziert gebauten Netzhaut liegen die lichtempfindlichen Rezeptoren. Die innere, dem Glaskörper anliegende Schicht besteht aus Nervenfasern, deren Fortsätze in den eigentlichen Sehzellen enden. Bei diesen lassen sich zwei verschiedene Arten unterscheiden, die Stäbchenzellen und die Zapfenzellen. Die Stäbchen haben dünnere, die Zapfen dickere Außenglieder. Die längeren Stäbchen sind zahlreicher vorhanden als die kürzeren Zapfen (man schätzt in der Retina eines menschlichen Auges 7 Millionen Zapfen und 130 Millionen Stäbchen). Die Stäbchen vermitteln die Helligkeitsempfindung, die Zapfen Farbempfindung und deutliches Sehen.

Auf dem Augenhintergrund finden sich zwei Punkte, ein runder weißer Fleck und seitlich davon eine ovale, gelblich erscheinende Stelle genau gegenüber der Pupille, der gelbe Fleck. Von dem weißen Fleck gehen rötliche, sich verzweigende Gefäße ab. An dieser Stelle treten der Sehnerv und die ihn begleitenden Gefäße in den Augapfel ein. Hier befinden sich weder Stäbchen noch Zapfen, sondern nur Nervenfasern. Deshalb haben wir hier keine Sehempfindungen. Dies ist der blinde Fleck. Wenn wir mit beiden Augen sehen, bemerken wir ihn nicht, weil er in jedem Auge einer anderen Stelle des Gesichtsfeldes entspricht.

Im gelben Fleck liegen keine Stäbchen, sondern nur sehr dicht gestellte, besonders schmale Zapfen. Hier ist die Stelle des schärfsten Sehens. Von hier aus nimmt nach allen Richtungen die Zahl der Zapfen ab. Darum sehen wir einen von der Seite in das Gesichtsfeld tretenden Gegenstand zuerst verschwommen. Er erscheint um so deutlicher, je mehr er sich der Mitte des Gesichtsfeldes nähert.

Sehvorgang. Die von einem leuchtenden Gegenstand ausgehenden oder von einem beleuchteten Gegenstand reflektierten Lichtstrahlen werden durch die Hornhaut und die Linse nach den Gesetzen der Optik gebrochen. Dabei wirken die Linse, die Hornhaut und das Kammerwasser lichtbrechend. Die Hornhaut bildet mit dem hinter ihr liegenden Kammerwasser eine Komplexlinse. Die Linse besitzt ihre größte Brechkraft, wenn sie im Ruhezustand durch Spannung der Aufhängebänder abgeflacht ist. Dann vereinigen sich parallel einfallende Strahlen im gelben Fleck und erzeugen hier, ähnlich wie in der Kamera auf dem Film, ein umgekehrtes, reelles, verkleinertes Bild. Die in den Sinneszellen entstehenden Erregungen werden über die Ganglienzellen der Retina und die Fasern des Sehnervs in das Gehirn weitergeleitet. In der Großhirnrinde kommen uns die Erregungen als Abbilder der äußeren Umwelt zum Bewußtsein.

Strahlengang



Akkommodation. Die Akkommodation ist eine Anpassung des Auges an verschiedene Entfernungen des betrachteten Gegenstandes vom Auge.

In Ruhestellung ist der Ziliarmuskel erschlafft, die Aufhängebänder der elastischen Linse sind gespannt, die Linse ist abgeflacht. Der Fernpunkt liegt im Unendlichen. Durch die Tätigkeit des Ziliarmuskels werden die Ziliarkörperfortsätze und die Aufhängebänder entspannt, die Linse wölbt sich entsprechend ihrer Eigenelastizität stärker und wird auf das Nahsehen eingestellt. Dabei rückt nur ihre Vorderfläche nach vorn. Die Muskelkontraktion erfolgt reflektorisch.

Nahsehen erfordert demnach dauernde Anspannung des Muskels. Deshalb soll man bei Arbeiten an Gegenständen, die eine geringe Entfernung vom Auge haben, durch kurzes Blicken in die Ferne unterbrechen.

Bei der Akkommodation können Jugendliche einen 7 cm entfernten Gegenstand noch scharf sehen. Die Linse wölbt sich stark, ihre Brechkraft nimmt zu. Im Alter läßt die Elastizität nach, die Linse krümmt sich nicht mehr so stark, die Naheinstellung wird geringer. Der Nahpunkt rückt immer weiter in die Ferne (Alterssichtigkeit). Etwa mit Erreichung des 70. Lebensjahres geht bei den meisten Menschen die Elastizität der Linse völlig verloren. Die Alterssichtigkeit kann durch eine Brille mit Konvexlinsen ausgeglichen werden.

Adaptation. Die Pupillen beider Augen sind normalerweise gleich groß und rund. Je nach der herrschenden Helligkeit erweitern oder verengen sie sich und regulieren so reflektorisch die einfallende Lichtmenge. Die Anpassung an die Lichtintensität heißt Adaptation. Die Pupillenreaktion läßt sich leicht beobachten, wenn man bei hellem Licht die Augen mit den Händen bedeckt und diese dann schnell wegzieht. Bei hellem Licht kontrahiert sich der Ringmuskel der Iris und verengt die Pupille. Im Dunkeln erweitern sie die radiären Muskeln. Der Pupillenreflex ändert also in gewissen Grenzen durch Erweiterung und Verengung der Pupille die einfallende Lichtmenge wie eine Blende an der Kamera. Auch wenn nur ein Auge von Lichtstrahlen getroffen wird, erfolgt die Pupillenreaktion beidseitig.

Netzhaut-Adaptation. Die Anpassung der Netzhaut an die sich ändernde Lichtintensität wird ebenfalls als Adaptation bezeichnet. Treten wir aus dem hellen Sonnenlicht ins Dunkle, sehen wir fast nichts. Erst langsam nimmt die Lichtempfindlichkeit der Sehzellen zu, wir erkennen die Gegenstände. Die Lichtempfindlichkeit kann nach einer halben bis einer Stunde auf den 10 000fachen Wert gesteigert sein. Treten wir wieder ins Helle, so werden wir für kurze Zeit geblendet. Aber schon nach Minuten haben sich die Sehzellen dem Tageslicht angepaßt. Die Anpassung an helles Licht erfolgt bedeutend schneller als an Dunkelheit.

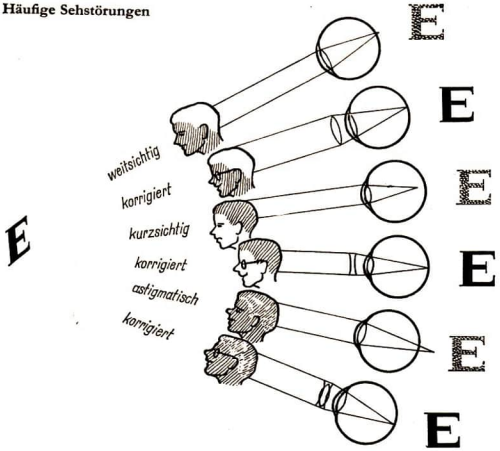
Körperliches Sehen. Auf der Netzhaut entsteht ein flächenhaftes, zweidimensionales Bild. Unsere Gesichtswahrnehmungen dagegen sind körperlich, dreidimensional. Beim (43) körperlichen Sehen wirken verschiedene Faktoren zusammen. Ein wichtiger Faktor ist die Tatsache, daß wir mit zwei Augen sehen. Das rechte Auge sieht den Gegenstand (44) etwas mehr von rechts, das linke etwas mehr von links; es entstehen zwei verschiedene Bilder. Erst im Gehirn werden diese Bilder zu einem einzigen, nunmehr körperlich er- (45) scheinenden Bild kombiniert.

Außerdem spielen beim körperlichen Sehen die Luftperspektive und das perspektivische Sehen eine Rolle. Als Luftperspektive bezeichnet man die Tatsache, daß durch die verschieden starken Luftschichten, die zwischen zwei verschieden weit entfernten Gegenständen liegen, die Licht- und Farbintensitäten dieser Gegenstände in unterschiedlicher Stärke abnehmen. Das perspektivische Sehen entsteht dadurch, daß ein

weiter entfernter Gegenstand eine kleinere Abbildung auf der Netzhaut erfährt als ein nahe liegender. Auf Grund unserer Erfahrungen wissen wir, welche Größe die einzelnen Objekte tatsächlich haben. Der Vergleich der relativen Größen der Gegenstände vermittelt uns einen Eindruck von der Entfernung der Gegenstände.

Sehstörungen. Bei manchen Menschen finden sich Abweichungen vom normalen
46 Bau des Auges, die die Sehfähigkeit beeinträchtigen. Die Abweichungen betreffen meist die Länge der Augenachse oder die Brechkraft der Linse.

Häufige Sehstörungen



Ist die Augenachse zu lang, so entsteht bei normaler Linse das scharfe Bild des Gegenstandes nicht auf, sondern vor der Netzhaut. Diese **Kurzsichtigkeit** wird durch Brillen mit Konkavgläsern (Zerstreuungslinsen) korrigiert. Die **Übersichtigkeit** beruht auf abnormer Kürze des Augapfels. Die Lichtstrahlen können sich erst hinter der Netzhaut zu einem scharfen Bild vereinigen. Im Alter läßt die Elastizität der Linse nach, so daß sie sich bei der Betrachtung naher Gegenstände nicht mehr ausreichend wölben kann. Dadurch können sich die von nahen Gegenständen kommenden Strahlen auch bei normaler Länge des Augapfels erst hinter der Netzhaut zu einem scharfen Bild vereinigen (Altersichtigkeit). Die Korrektur von Übersichtigkeit und Alterssichtigkeit erfolgt durch Konvexgläser (Sammellinsen).

Ist die Hornhaut nicht gleichmäßig gekrümmt, so wird ein Punkt nicht mehr punktförmig, sondern als Strich auf der Netzhaut abgebildet (Astigmatismus). Durch Zylindergläser mit angepaßter Achsenstellung läßt sich diese Störung häufig ausgleichen. (Zylindergläser sammeln beziehungsweise zerstreuen Lichtstrahlen nur in einer der beiden Einfallsebenen, während sie in der anderen keine Brechkraft besitzen.)

Die **Farbenblindheit** beruht auf einer angeborenen Funktionsstörung der Zapfenzellen. Sie tritt meist als Rot-Grün-Blindheit beziehungsweise -Schwäche, selten als Blau-Gelb-Blindheit oder gar als völlige Farbenblindheit auf. Farbenblinde sind für manche Berufe (z. B. Lokomotivführer) nicht geeignet.

Eine Reihe von Augenkrankheiten ist mit **Nachtblindheit** verbunden. Eine seltene Form der Nachtblindheit entsteht durch Mangel an Vitamin A in der Nahrung.

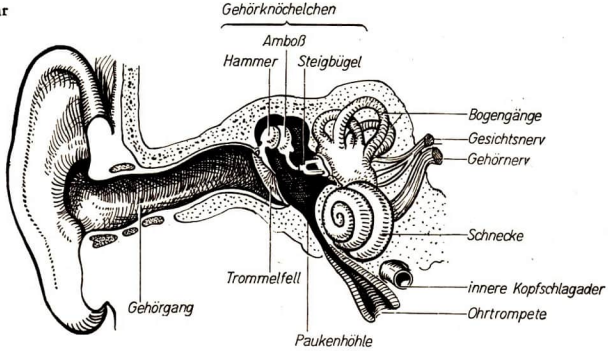
Das **Schielen** entsteht vielfach durch Überwiegen eines Augenmuskels über seinen Gegenspieler oder durch Lähmung eines oder mehrerer Augenmuskeln.

Augenhygiene

Zur Erhaltung der normalen Funktionsfähigkeit des Auges ist es wichtig, die Regeln der Augenhygiene zu beachten. Bei jeder Arbeit muß für ausreichende Beleuchtung gesorgt und die Möglichkeit der Verwendung optischer Hilfsmittel geprüft werden. Als ausreichend kann man die Beleuchtung dann ansehen, wenn ein Mensch mit normaler Sehkraft die Schrift dieses Buches in einer Entfernung von etwa 1 m von seinen Augen mühelos entziffern kann. Bei ungenügender Beleuchtung ist der Mensch gezwungen, den Arbeitsgegenstand aus geringerer Entfernung zu betrachten und dadurch den Akkommodationsmuskel stark anzuspannen, so daß dieser ermüdet. Auch eine zu grelle Beleuchtung kann zu verschiedenartigen Augenerkrankungen, zum Beispiel zu Bindehautentzündung, führen. Schweißer und Schleifer beispielsweise tragen Schutzbrillen gegen das schädliche ultraviolette Licht. Lampen müssen so angebracht sein, daß sie die Augen nicht direkt beleuchten und den Arbeitsplatz gut erhellen. Richtige Beleuchtung erleichtert die Arbeit und vermindert die allgemeinen Ermüdungserscheinungen. Bei allen Augenerkrankungen muß die Hilfe eines Augenarztes in Anspruch genommen werden.

Die anderen Sinnesorgane des Menschen

Ohr



Das **Ohr** enthält das Gehörorgan und die Organe zur Aufnahme der Lage- und Bewegungsempfindung des Menschen.

Mit unserem Gehörorgan nehmen wir bestimmte Schwingungen wahr, die von Körpern ausgehen und meist durch die Luft übertragen werden. Wenn es sich um Schwingungen handelt, die mindestens 16mal, höchstens 20000mal in der Sekunde ablaufen, bezeichnen wir sie als Schall; nur auf diese ist unser Gehörorgan eingerichtet. Andere Lebewesen, zum Beispiel Hunde, haben einen größeren Hörbereich. Sie nehmen noch Töne wahr, die durch mehr als 20000 Schwingungen in der Sekunde entstehen.

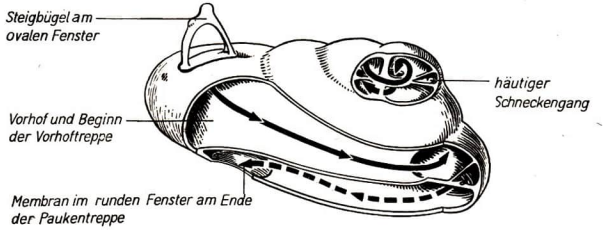
Bei verhältnismäßig langsamen Schwingungen (etwa 50 Schwingungen in der Sekunde) nehmen wir einen tiefen Ton wahr. Schnelleren Schwingungen entsprechen höhere Töne. Die höchsten Töne, die wir hören können, entstehen bei einer Schwingungszahl von 20000 in der Sekunde. Noch schnellere Schwingungen kann das menschliche Ohr nicht mehr aufnehmen. Solche Schwingungen bezeichnen wir als Ultraschall. Sie können durch entsprechende Instrumente nachgewiesen und für den Menschen wahrnehmbar und nutzbar gemacht werden. So ist der Mensch in der Lage, auch solche Naturvorgänge zu erkennen, die seinen Sinnesorganen nicht unmittelbar zugänglich sind.

Der Hörvorgang

Das **äußere Ohr**, die Ohrmuschel, dient der Aufnahme und der Weiterleitung des Schalls. Der Schall wird über den Gehörgang zum Trommelfell geleitet. Über die 3 Gehörknöchelchen im Mittelohr werden die Schwingungen des Trommelfells auf das ovale Fenster des Innenohres übertragen.

Im **Innenohr** ist der Raum hinter dem ovalen Fenster bis in die Schnecke hinein mit Flüssigkeit angefüllt. Durch die Schwingungen des Steigbügels wird diese Flüssigkeit in Schwingungen versetzt. Die Druckunterschiede der Schwingungen (Flüssigkeiten lassen sich nicht zusammendrücken) werden durch ein elastisches Häutchen unterhalb des ovalen Fensters, das runde Fenster, ausgeglichen. In der Schnecke befindet sich ein Gang, der $2^1/_2$mal spiralig gewunden ist. Er ist quer in drei Abschnitte unterteilt. Der obere Abschnitt wird als Vorhoftreppe bezeichnet. Sie beginnt am ovalen Fenster und endet an der Schneckenspitze. Dort ist sie über eine Öffnung mit dem unteren Gang, der Paukentreppe, verbunden, die am runden Fenster endet. Zwischen Vorhoftreppe und Paukentreppe liegt der Schneckengang mit dem eigentlichen Hörorgan. Es besteht

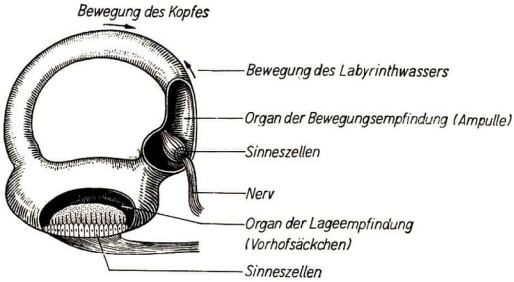
Weg der Schwingungen in der Schnecke



aus einem Grundhäutchen, den Rezeptoren und den Stützzellen. Das Grundhäutchen durchzieht die Schnecke wie eine Wendeltreppe. Auf dem Grundhäutchen liegen im Schneckengang etwa 15000 Rezeptoren mit ihren Sinneshärchen.

Die Schwingungen des Steigbügels setzen die Flüssigkeit in der Vorhoftreppe und in der Paukentreppe in Mitschwingung. Es entstehen Wellen und Wirbelbildungen, die einen Druck auf die Rezeptorzellen des Grundhäutchens ausüben. Je nach der Art des Schallreizes, beispielsweise nach der Höhe des Tones, werden die Rezeptoren an verschiedenen Stellen des Grundhäutchens gereizt. Dadurch können die Tonhöhen voneinander unterschieden werden. Die Erregungen der Rezeptoren werden über den Gehörnerv an das Gehirn weitergegeben. Mit zunehmendem Alter verliert das Ohr die Fähigkeit, sehr hohe Töne aufzunehmen.

Lage- und Bewegungsempfindung



In jedem der beiden **Säckchen** des Innenohrs befinden sich an einer Stelle Rezeptoren, deren Härchen durch eine gallertartige Masse mit vielen kleinen eingelagerten Kalkstückchen verklebt sind. Diese Masse drückt auf die darunter gelegenen Rezeptoren. Verändern wir unsere Körperstellung, richten wir uns zum Beispiel aus dem Liegen auf, so ändert sich auch die Druckrichtung. Dadurch werden die Rezeptoren gereizt, der Reiz über den Nerv zum Gehirn geleitet, und die Veränderung der Lage wird wahrgenommen.

Die drei **Bogengänge** des Organs der Bewegungsempfindung stehen, entsprechend den drei Ausdehnungen des Raumes, senkrecht aufeinander. Sie beginnen und enden alle in einem der kleinen Säckchen. Jeder Bogengang hat an einem Ende eine kleine, bläschenartige Erweiterung (Ampulle), in der die Rezeptoren liegen. Die Bogengänge sind mit Flüssigkeit (Lymphe) gefüllt. Diese Flüssigkeit kann infolge ihrer Trägheit eine Drehbewegung des Kopfes nicht so rasch mitmachen wie die Bogengänge. Dadurch kommt eine gegenläufige Bewegung zwischen der Lymphe und den Bogengängen zustande. Infolge dieser Bewegung wird ein winziges Haarbüschel, das in die Erweiterung des Bogenganges hineinragt, abgebogen. Es wird ein Reiz auf die Sinneszellen ausgeübt, der über einen Nerv zum Gehirn geleitet wird und uns über die Bewegung

informiert. Drehen wir uns mehrere Male rasch hintereinander in gleicher Richtung um die eigene Achse und bleiben plötzlich stehen, haben wir das Gefühl, uns weiterzudrehen (Drehschwindel), weil sich die Flüssigkeit in den Bogengängen noch einige Zeit weiterbewegt.

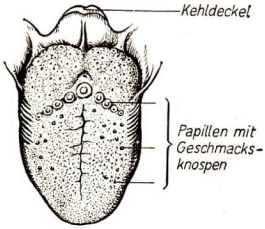
Chemische Sinne

Bei den Wirbeltieren lassen sich 2 chemische Sinne unterscheiden, der Geschmacks- und der Geruchssinn. Die Geschmacksrezeptoren liegen in der Mundhöhle. Sie sind beim Menschen zu Geschmacksknospen zusammengeschlossen, die vor allem in den Zungenpapillen liegen. Die Papillen haben verschiedene Form: am Zungengrund liegen große umwallte Papillen, am Zungenrand blattförmige, auf der Zungenfläche pilzförmige. Dazwischen liegen fadenförmige Papillen.

Man unterscheidet mit dem **Geschmacksorgan** die Geschmacksqualitäten süß, sauer, bitter und salzig.

(47)

Zunge mit Papillen



Das **Geruchsorgan** befindet sich am Anfang des Atemweges. Die Sinneszellen liegen im Riechfeld zusammen. Die Riechschleimhaut ist von einer Flüssigkeitsschicht bedeckt. Die gasförmigen Stoffe lösen sich in dieser Flüssigkeitsschicht, ehe sie auf die Riechzellen wirken.

Unsere Geruchsempfindungen sind meist Mischempfindungen, die nach ihrer Herkunft benannt werden (z. B. Rosenduft, Fischgeruch, brenzlich, faulig, blumig, tranig). Bei manchen Geruchsempfindungen wirken auch andere Empfindungen mit (z. B. Schmerzempfindungen durch Ammoniakdämpfe). Verschiedene Stoffe können in unterschiedlicher Konzentration ganz verschiedene Geruchsempfindungen auslösen (z. B. Parfüm!).

Bei der Nahrungsaufnahme und beim Kauen werden Stoffe frei, die durch den Rachen in die Nasenhöhle aufsteigen und Geruchsempfindungen hervorrufen. Geschmacks- und Geruchssinn stehen in enger Beziehung zueinander. Beim Schnupfen wird durch starke Schleimabsonderung die Lösung gasförmiger Stoffe in der Flüssigkeitsschicht der Nasenschleimhaut vermindert. Wir schmecken nichts. Der Geschmackssinn ist aber tatsächlich unverändert, nur die Geruchsempfindung ist gestört. Aromatischer Geschmack, wie der des Weines und des Obstes, ist stets eine kombinierte Geschmacks- und Geruchsempfindung.

Übersicht über die Sinnesorgane

Nach der Art der Reize kann man die Sinnesorgane folgendermaßen einteilen:

Reizart	Rezeptoren	Empfindungen
Mechanische Energie		
Berührung oder Druck	Hautsinneskörperchen	Tast-, Druck-, Berührungsempfindungen
Muskel- und Sehnenspannung	Gelenkspindeln in Muskeln und Sehnen	Spannungsempfindungen
Schwerkraft	Organe der Lage- und Bewegungsempfindungen	Lage- und Bewegungsempfindungen
Beschleunigung		
Luftschwingungen	Gehörorgan	Schallempfindungen
Wärmeenergie	Temperatursinneskörperchen	Wärme- und Kälteempfindungen
Chemische Energie		
Gase	Geruchsorgan	Geruchsempfindungen
Lösungen	Geschmacksknospen	Geschmacksempfindungen
Strahlende Energie		
Lichtwellen	Auge	Licht- und Farbenempfindungen
Alle Energieformen	Freie Nervenendigungen	Schmerz

Das Zentralnervensystem

Das Zentralnervensystem (Gehirn- und Rückenmark) liegt in einer Knochenhöhle, die im Kopfbereich (Gehirn) aus den Knochen des Hirnschädels, der Schädelkapsel, gebildet wird. Im Bereich des Halses und des Rumpfes (Rückenmark) besteht sie aus den Wirbelbögen, die durch starke Bänder miteinander verbunden sind und den Wirbelkanal bilden. Zwischen der Knochenwand und dem Nervengewebe liegen drei Hüllen, die das gesamte Zentralnervensystem schützend umgeben. Im Schädel ist die äußere Hülle fest mit dem Knochen verwachsen, in der Wirbelsäule nicht. Das Rückenmark wird dadurch bei Bewegungen der Wirbelsäule nicht verzerrt oder gequetscht. Zwischen der mittleren und der dem Nervengewebe fest anliegenden inneren Hülle befindet sich ein Zwischenraum, der mit Flüssigkeit (Liquor) gefüllt ist. Dadurch ist das Zentralnervensystem weitgehend gegen mechanische Beschädigungen geschützt. Der Liquor verhindert außerdem das Vordringen von Krankheitserregern oder anderen das Zentralnervensystem schädigenden Stoffen.

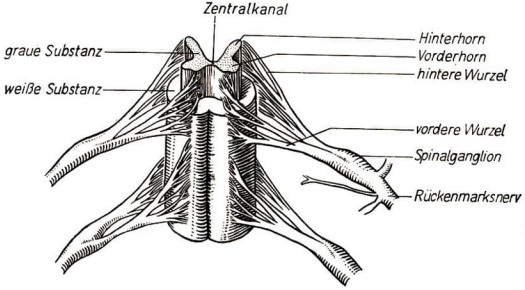
In einigen Gebieten des Zentralnervensystems liegen hauptsächlich Nervenzellen, in anderen verlaufen die langen Fortsätze der Nervenzellen. Sie führen aus den höheren Abschnitten des Zentralnervensystems zu den tiefer gelegenen und schließlich in den Körper beziehungsweise umgekehrt. Man bezeichnet die Bereiche, in denen die Zellen liegen, nach ihrer Färbung als graue Substanz des Zentralnervensystems. Die Bereiche, in denen die Fortsätze der Nervenzellen liegen, erscheinen weiß und werden darum als weiße Substanz bezeichnet.

Das Rückenmark

Das Rückenmark ist ein 40 bis 45 cm langer, etwa 1 cm dicker Strang, der vom Hinterhauptsloch bis in die Höhe des 2. Lendenwirbels reicht. An seiner Vorderseite ist eine deutliche Längsfurche ausgebildet. Vom Rückenmark zweigen 31 Paar Rückenmarksnerven ab. Sie treten aus dem Mark beiderseits mit je einer vorderen und hinteren Wurzel aus. Beim Durchtritt durch das Zwischenwirbelloch vereinigen sich die beiden Wurzeln einer Seite zu einem Rückenmarks- oder Spinalnerven.

Am Rückenmarksquerschnitt erkennt man um den sehr feinen Zentralkanal, der mit den Hohlräumen im Gehirn in Verbindung steht, die schmetterlingsförmige graue Substanz, die von der weißen umgeben ist. In den Vorderhörnern liegen die Nervenzellen, von denen aus die Erregungen zu den Muskeln geleitet werden. Darum bezeichnet man sie als motorische Vorderhornzellen. Ihre Neuriten treten als motorische Nervenfasern an der Vorderseite des Rückenmarks aus und bilden die vordere Wurzel des Spinalnerven. An den Nervenzellen der Hinterhörner enden Nervenfasern, die Erregungen zum Rückenmark leiten. Diese Neuriten werden als sensible Nervenfasern bezeichnet. Ihre Nervenzellen liegen kurz vor ihrem Eintritt in das Rückenmark in einer knotenartigen Anschwellung der hinteren Wurzel, dem Spinalganglion. Die hintere Wurzel enthält also sensible Bahnen, deren Zellen im sensiblen Spinalganglion liegen.

Rückenmark (schematischer Querschnitt)



In der weißen Substanz befinden sich Nervenbahnen, die entweder vom Rückenmark zum Gehirn oder vom Gehirn zum Rückenmark führen.

Außer dem langen, Gehirn und Rückenmark miteinander verbindenden Leitungssystem gibt es im Rückenmark Neurone, die Kurzschlüsse zwischen motorischen und sensiblen Nervenzellen innerhalb des Rückenmarks herstellen. Diese Nervenzellen bezeichnet man als Schaltneurone. Sie bilden die Grundlage für alle Reflexe, die innerhalb des Rückenmarks ablaufen. Zum vollständigen Reflexbogen eines lediglich durch das Rückenmark verlaufenden Reflexes gehören fünf Abschnitte:

das **Sinnesorgan** (Rezeptor), das den aus der Umwelt kommenden Reiz aufnimmt und in eine nervöse Erregung umsetzt;

die **sensiblen Nervenfasern**, die diese Erregung vom Sinnesorgan über die **Spinalganglien** zu den sensiblen Hinterhornzellen des Rückenmarks weiterleiten;
ein oder mehrere **Schaltneurone**, die die Verbindung zwischen den sensiblen Hinterhornzellen und den motorischen Vorderhornzellen herstellen können und das Reflexzentrum bilden;
die **motorischen Fasern**, die die Erregung von den Vorderhornzellen zum Erfolgsorgan weiterleiten;
das **Erfolgsorgan** (Effektor), das auf diese Erregung mit einer Tätigkeit reagiert.

Schema eines Rückenmarksreflexes

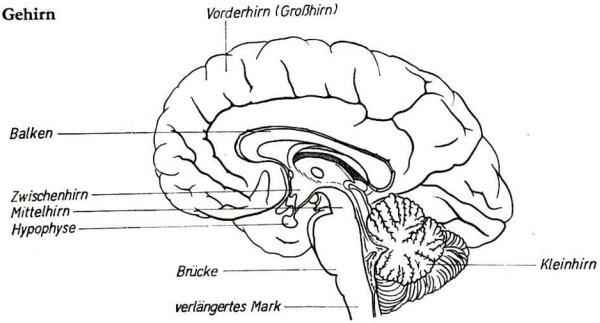
Reiz ⟶ *Sinnesorgan* ⟶ *sensible Nerven* ⟶ *Schaltneurone* ⟶ *motorische Nerven* ⟶ *Erfolgsorgan* ⟶ *Reaktion*

Beim Menschen ist eine große Anzahl von Rückenmarksreflexen bekannt. Sie haben für den Arzt auch Bedeutung zum Erkennen von Krankheiten des Rückenmarks.

Der Reflexbogen des Kniesehnenreflexes beginnt in den Muskel- und Sehnenspindeln des vierköpfigen Schenkelstreckmuskels, die durch eine plötzliche Dehnung des Muskels gereizt werden. Bei übereinandergeschlagenen Beinen läßt sich eine solche Dehnung hervorrufen, indem man einen kurzen, kräftigen Schlag auf das übergeschlagene Bein unmittelbar unterhalb der Kniescheibe ausführt. Die dadurch ausgelöste Erregung läuft zu sensiblen Hinterhornzellen im Lendenteil des Rückenmarks und wird direkt auf motorische Vorderhornzellen übertragen. Von diesen ziehen motorische Fasern zum vierköpfigen Schenkelstreckmuskel zurück. Die übermittelte Erregung bewirkt eine kurze, schnelle Kontraktion dieses Muskels, die man an dem ruckartigen Strecken des übergeschlagenen Beines erkennt. Läßt sich der Kniesehnenreflex nicht auslösen, kann der Funktionsablauf durch einen Krankheitsprozeß gestört sein.

Solche Reflexe sind allen Skelettmuskeln eigen. Auch beim Lidschluß des Auges, beim Husten, Niesen und Schlucken wirken Reflexe. Zum Teil wird auch der Muskeltonus durch Rückenmarksreflexe bewirkt.

Das Gehirn



Das Gehirn erreicht beim Menschen die höchste Stufe seiner Entwicklung. Es besitzt ein Durchschnittsgewicht von etwa 1350 g (beim Pferd 400 bis 650 g, Hausschwein 125 bis 175 g, Wal 2000 bis 3000 g, Elefant 4000 bis 6000 g). Oft gibt das Verhältnis des Hirngewichts zum Gesamtgewicht eines Lebewesens einen ungefähren Anhalt für die Abschätzung von dessen psychischen Fähigkeiten. Beim Elefanten ergibt sich ein Verhältnis von 1 : 800, beim Pferd 1 : 800 bis 1 : 1000, beim Schwein 1 : 700 bis 1 : 1000, beim Hund 1 : 100 bis 1 : 400, beim Menschen etwa 1 : 50. Aufschlußreich für die Bedeutung des Gehirns beim Menschen ist auch das Verhältnis des Hirngewichts zum Gewicht des Rückenmarks: Mensch 26 : 1, Elefant 11 : 1, Pferd 3 : 1, Rind 2 : 1.

Man unterscheidet beim Gehirn fünf Abschnitte: verlängertes Mark (Nachhirn), Hinterhirn (Kleinhirn), Mittelhirn, Zwischenhirn und Vorderhirn (Großhirn).

Verlängertes Mark. An das Rückenmark schließt sich nach oben unmittelbar das verlängerte Mark an. Es ist keulenförmig und etwas dicker als das Rückenmark. Durch das verlängerte Mark ziehen verschiedene Nervenbahnen. Die sensiblen, vom Rückenmark aufsteigenden Bahnen werden auf Neuronen umgeschaltet, deren Ganglienzellen im verlängerten Mark liegen. Außerdem befinden sich im verlängerten Mark Gruppen von Nervenzellen, sogenannte Kerne, die den Ursprung der motorischen beziehungsweise den Endpunkt der sensiblen Nervenfasern verschiedener Gehirnnerven bilden.

Ausgedehnte Kerngruppen im verlängerten Mark bilden die Zentren für die Regulation von Atmung und Kreislauf. Vom Atemzentrum gehen dauernd rhythmische Erregungen aus, die über verschiedene Nerven zu den Zwischenrippenmuskeln und zum Zwerchfell geleitet werden. Die Zerstörung dieses Zentrums führt zum Aufhören der Atmung und damit zum Tode.

Der adäquate Reiz für die Erregungsbildung im Atemzentrum ist der chemische Zustand des Blutes. Je höher dessen Kohlendioxiddruck steigt, desto stärker wird das Atemzentrum gereizt. Die Reizung führt zu vertiefter Atmung und damit zu verstärkter Ausatmung von Kohlendioxid. Dadurch läßt der Reiz auf das Atemzentrum nach.

Das Kreislaufzentrum reguliert die Weite der Gefäße. Ebenso wie für das Atemzentrum stellt auch für das Kreislaufzentrum der Kohlendioxiddruck des Blutes den adäquaten Reiz dar. Eine Reizung des Atemzentrums ist meist mit einer Reizung des Kreislaufzentrums verbunden. Durch Erhöhung des Kohlendioxiddrucks im Blut werden die Gefäße verengt, bei Abnahme des Kohlendioxidgehaltes kommt es zu allgemeiner Gefäßerweiterung. Außer dem Kohlendioxiddruck des Blutes wirken jedoch auf beide Zentren noch weitere Reize ein, die ihre Tätigkeit beeinflussen.

Hinterhirn. An das verlängerte Mark schließt sich die Brücke an, durch die die motorischen und sensiblen Bahnen ziehen. In dem Winkel zwischen Brücke, verlängertem Mark und den hinteren Bezirken der beiden Großhirnhemisphären liegt das Kleinhirn. Brücke und Kleinhirn bilden zusammen das Hinterhirn. Sie liegen in der hinteren Schädelgrube.

Das Kleinhirn besteht aus den beiden Kleinhirnhälften, die miteinander verbunden sind. An einem Längsschnitt können wir erkennen, daß es aus einer grauen Rinde besteht, welche die weiße Substanz, das Mark, vollständig umschließt. Das Kleinhirn ist auch mit den benachbarten Hirnteilen (dem verlängerten Mark, der Brücke und dem Mittelhirn) verbunden.

Das Kleinhirn ist ein großes Reflexzentrum, über das ein Teil der Reflexe verläuft, die den Muskeltonus bedingen. Bei schweren Schädigungen des Kleinhirns treten allgemeine Muskelschlaffheit und Kraftlosigkeit ein. Außerdem machen sich Schädigungen des Kleinhirns dadurch bemerkbar, daß rasch aufeinanderfolgende Bewegungen nicht

mehr ausgeführt werden können, beispielsweise werden Maschineschreiben und Klavierspielen unmöglich. Haltung und Steuerung des Gleichgewichts werden gestört.

Mittelhirn. Das Mittelhirn liegt zwischen Brücke und Zwischenhirn und besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, dem oben gelegenen Mittelhirndach und den beiden unter diesem gelegenen Hirnschenkeln. Im Mittelhirndach liegen zahlreiche Kerne.

Zwischenhirn. Das Zwischenhirn wird oben ganz von den beiden Großhirnhemisphären bedeckt. Sein unterer Teil mit der Hypophyse liegt an der Gehirnbasis. In einem wichtigen paarigen Kern des Zwischenhirns (Thalamus) werden alle sensiblen Bahnen auf ihr letztes, zum Großhirn ziehendes Neuron umgeschaltet. Dort endet auch ein Teil der Fasern der Sehnerven. Andere Kerngruppen des Zwischenhirns sind Koordinationszentren für die Tätigkeit der inneren Organe (Atmung, Blutkreislauf). Das Zwischenhirn beeinflußt den Kohlenhydratstoffwechsel, den Fettstoffwechsel, den Wasserhaushalt und den Mineralstoffwechsel. Es steuert die Abwehrreaktionen des Körpers (Bildung von Antitoxinen).

Gehirnnerven. Vom Gehirn gehen 12 Paar Gehirnnerven aus, die teils rein motorisch, teils rein sensibel, teils gemischt sind. Sie verlassen die Schädelhöhle durch feine Öffnungen der knöchernen Schädelkapsel. Die Gehirnnerven werden in der Reihenfolge ihres Austretens aus dem Schädel mit römischen Zahlen benannt.

Der 10. Gehirnnerv, der **Vagusnerv**, ist der wichtigste Nerv des Eingeweidenervensystems (unter diesem Begriff faßt man die Nerven zusammen, die vor allem die Tätigkeit der inneren Organe steuern). Der Vagusnerv zieht zu Herz, Lunge, Magen, Darm, Leber und Niere, zu den Gefäßen und zu den Schweißdrüsen. Er ist ein Teil des Parasympathikus, der zusammen mit dem Sympathikus das Eingeweidenervensystem bildet.

Sympathikus und Parasympathikus stehen in enger funktioneller Wechselwirkung. Beide sind stets gleichzeitig erregt, wenn auch unterschiedlich stark. Sie bestimmen den jeweiligen Funktionszustand der von ihnen versorgten Organe.

Im allgemeinen setzt die Erregung des Sympathikus den Organismus in Bereitschaft, erhöhte Leistungen zu vollbringen; der Vagus dagegen bremst die Stoffwechselvorgänge und fördert die Aufnahme und Speicherung von Nährstoffen. Der stärker erregte Anteil gibt den Ausschlag für die Reaktion des Erfolgsorgans.

Wechselwirkung von Sympathikus und Parasympathikus

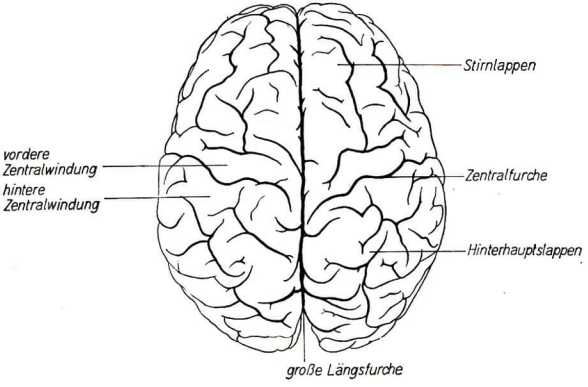
Erfolgsorgan	Erregung des Sympathikus	Erregung des Parasympathikus
Pupille	Erweiterung	Verengung
Speicheldrüse	Sekretion zähflüssigen Speichels	Sekretion dünnflüssigen Speichels
Herz	Beschleunigung des Herzschlages	Verlangsamung des Herzschlages
Gefäße	Verengung	Erweiterung
Bronchien	Erweiterung	Verengung
Magen und Darm	Hemmung der Peristaltik und der Drüsentätigkeit	Anregung der Peristaltik und der Drüsentätigkeit
Harnblase	Kontraktion des Blasenschließmuskels (Harnverhaltung)	Erschlaffung des Blasenschließmuskels (Harnentleerung)

Das Großhirn. Das Vorderhirn ist aus dem Riechhirn der niederen Wirbeltiere hervorgegangen. Beim Menschen hat es im Verhältnis zum Körpergewicht sein größtes Ausmaß erreicht. Es überdeckt mantelförmig alle anderen Hirnteile und heißt Großhirn. Die Großhirnrinde mit ihren vielfältigen Funktionen wird beim Menschen zum Zentralorgan der bewußten Tätigkeit, zum Sitz aller geistigen Fähigkeiten.

Die Entwicklung des Großhirns erfolgte in enger Wechselwirkung mit der Entwicklung der Arbeit und der Sprache. Obwohl Anfänge psychischer Vorgänge bereits bei Tieren vorhanden sind, unterscheidet sich der Mensch durch sein Denken, Fühlen und Handeln qualitativ vom Tier. Nur der Mensch setzt sich ein Ziel, sieht und findet Mittel und Wege zu dessen Erreichung. Diese Tatsache formulierte bereits KARL MARX: „Eine Spinne verrichtet Operationen, die denen des Webers ähnlich, und eine Biene beschämt durch den Bau ihrer Wachszellen manchen menschlichen Baumeister. Was aber von vornherein den schlechtesten Baumeister vor der besten Biene auszeichnet, ist, daß er die Zelle in seinem Kopf gebaut hat, bevor er sie in Wachs baut. Am Ende des Arbeitsprozesses kommt ein Resultat heraus, das beim Beginn desselben schon in der Vorstellung des Arbeiters, also schon ideell vorhanden war."

Sowohl der Mensch wie auch die Tiere spiegeln in ihrer Psyche die Dinge und Vorgänge der Umwelt wider. Nur der Mensch aber kann das von ihm Wahrgenommene auswerten, indem er die Gesetzmäßigkeit im Zusammenhang der Dinge und im Ablauf der Vorgänge erkennt und bewußt begreift. Dies gibt ihm die Möglichkeit, den Gang der Ereignisse vorauszusehen, in den Ablauf des Geschehens zielstrebig einzugreifen und dadurch die Welt nach seinem Willen zu verändern. ENGELS sagte dazu: „Kurz, das Tier benutzt die äußere Natur bloß und bringt Änderungen in ihr einfach durch seine Anwesenheit zustande; der Mensch macht sie durch seine Änderungen seinen Zwecken dienstbar, beherrscht sie."

Großhirn (von oben)



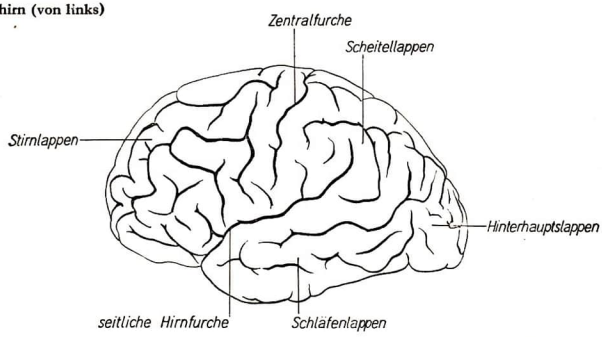
Allen Bewußtseinsvorgängen liegen Prozesse in der Großhirnrinde zugrunde. Bei weitem noch nicht alle Vorgänge sind bis ins letzte geklärt. Durch neue und bessere Forschungsmethoden vermehren die Forscher ständig unser Wissen über die Funktionen des Gehirns und gewinnen neue Erkenntnisse, die nicht nur von großem wissenschaftlichem Wert sind, sondern auch der medizinischen Praxis zu neuen Erfolgen verhelfen.

Das Großhirn ist der Masse nach der größte Abschnitt des menschlichen Gehirns. Es besteht aus zwei Hälften (Hemisphären), die durch eine tiefe, längsverlaufende Furche voneinander getrennt sind. Die Verbindung stellt der sogenannte Balken her. Die Oberfläche jeder Hälfte wiederum wird durch weniger tiefe, stets in ähnlicher Anordnung auftretende Furchen in Lappen und Windungen geteilt. An jeder Hemisphäre können wir Stirn-, Scheitel-, Schläfen- und Hinterhauptslappen unterscheiden.

Der Windungsreichtum allein ist kein Maßstab für die Leistungsfähigkeit des Großhirns. Esel und Schaf beispielsweise besitzen windungsreichere Hirne als der Mensch. Auch das absolute Hirngewicht ist kein Maß der Intelligenz seines Trägers. Um den Mittelwert – 1350 g beim Mann, 1255 g bei der Frau – gibt es relativ große Schwankungen (TURGENJEW 2012 g, CUVIER 1851 g, KANT 1690 g, LIEBIG 1352 g, BUNSEN 1295 g, ANATOLE FRANCE 1017 g). Entscheidend sind der Feinbau des Gehirns und die Vielfalt der darin ablaufenden Vorgänge.

Jede Großhirnhemisphäre besteht wie das Rückenmark aus grauer und weißer Substanz. Im Gegensatz zum Rückenmark liegt die graue Substanz außen und bildet die Rinde, während die weiße Substanz innen liegt und das Marklager bildet. Die Rinde ist etwa 1,5 bis 5 mm dick und besteht vor allem aus Nervenzellen. Man schätzt ihre Anzahl auf etwa 10 Milliarden. Das Marklager wird von Nervenbahnen gebildet, die die verschiedenen Abschnitte des Gehirns miteinander verbinden.

Großhirn (von links)



Nicht nur die einzelnen Lappen der Großhirnrinde, sondern auch deren Teile unterscheiden sich in Bau und Funktionen voneinander. Durch Funktionsteilung innerhalb der Nervenzellen der Großhirnrinde haben sich in ihr besondere Felder oder Zentren ausgebildet, die jeweils die zelluläre Grundlage bestimmter psychischer Vorgänge sind.

Die Lage dieser **Rindenfelder** ist einmal durch elektrische Reizungen, zum anderen durch die Beobachtung von Ausfallserscheinungen bei Zerstörung bestimmter Rindengebiete infolge Verletzung oder krankhafter Prozesse ermittelt worden.

Genauere Untersuchungen haben innerhalb der motorischen und der sensiblen Felder noch besondere sekundäre, übergeordnete Zentren, sogenannte **Erinnerungsfelder**, abgrenzen lassen. Die Rindenfelder nehmen die ankommenden Erregungen auf und übertragen sie auf die Erinnerungsfelder; dort prägt sich diese Einwirkung bleibend ein.

Daß Erinnerungsfelder vorhanden sind, konnte aus dem Studium der Ausfallserscheinungen bei einigen seltenen Erkrankungen geschlossen werden. So gibt es beispielsweise Kranke, die einen Gegenstand (etwa einen Apfel) zwar sehen, ihn aber nicht als solchen erkennen. Bei ihnen ist das Erinnerungsfeld der Sehregion zerstört. Sie haben die Erinnerung an Gesehenes verloren. Läßt man derartige Kranke den Gegenstand betasten oder beriechen, erkennen sie ihn sofort, weil die Erinnerungsfelder ihrer Fühl- und Riechzentren funktionsfähig sind. Nach Zerstörung der Erinnerungsfelder motorischer Rindengebiete ist der Kranke zwar noch in der Lage, einzelne isolierte Bewegungen auszuführen, dagegen vermag er diese Einzelbewegungen nicht mehr zu fortlaufenden sinnvollen Handlungen zusammenzufügen. Zu den Erinnerungszentren gehört auch das motorische Sprachzentrum in der unteren linken Stirnwindung. Ist dieses Zentrum zerstört, kann der Kranke nicht mehr sprechen, obwohl die einzelnen am Sprechen beteiligten Muskeln voll funktionsfähig sind. Es fehlt ihm die Möglichkeit, sie in geordneter Weise zu betätigen.

Funktionen des Großhirns

Der neugeborene Mensch reagiert ebenso wie neugeborene Tiere auf bestimmte Umweltreize in gleichbleibender, gesetzmäßiger Weise. Auf einen bestimmten Umweltreiz erfolgt in einer sonst gleichbleibenden Umweltsituation jeweils eine bestimmte Reaktion. Derartige Reaktionsweisen sind in der besonderen Organisation des Nervensystems der verschiedenen Tierarten begründet. Man bezeichnet sie als **unbedingte Reflexe.**

Auch der Mensch besitzt von Geburt an eine große Anzahl unbedingter Reflexe. Viele laufen während des ganzen Lebens auf die gleiche Weise ab. Wir haben einige von ihnen bei der Funktion des Rückenmarks kennengelernt. Derartige im Verlaufe der Stammesgeschichte erworbene unbedingte Reflexe sind beim menschlichen Säugling beispielsweise der Saugreflex, der Schluckreflex und die Sekretionsreflexe der Verdauungsdrüsen. Diese unbedingten Reflexe ermöglichen dem Säugling die Nahrungsaufnahme, die Verdauung und andere für die Erhaltung seines Lebens unbedingt notwendige Körperfunktionen. Mit den unbedingten Reflexen allein, die über die stammesgeschichtlich älteren Hirnteile ohne Beteiligung des Großhirns ablaufen, kann der Säugling nicht selbständig seine lebenserhaltenden Bedürfnisse befriedigen. Er ist auf die Hilfe seiner Umgebung relativ lange angewiesen. Erst wenn die Großhirnrinde ihre vielfältigen Funktionsmöglichkeiten wahrnehmen kann, wird die fein abgestimmte Anpassung an die Umwelt möglich.

Wirkt auf den Säugling ein Reiz, der keinen unbedingten Reflex auslöst, mehrmals in Verbindung mit einem anderen Reiz ein, der einen unbedingten Reflex zur Folge hat, so entsteht eine zeitweilige Verbindung zwischen beiden Reizen. Dadurch bilden sich bedingte Reflexe aus.

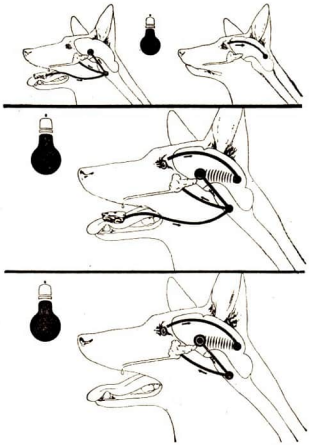
Die ersten bedingten Reflexe beim menschlichen Säugling entstehen im Anschluß an die unbedingten Reflexe der Nahrungsaufnahme. So löst beispielsweise der Anblick der

Flasche bereits Saug- und Schluckbewegungen aus. Die Flasche wirkt gleichsam als Signal, auf das hin die Saug- und Schluckbewegungen erfolgen. I. P. Pawlow (1849 bis 1936) bezeichnete die Gesamtheit aller bedingten Reflexe beim Menschen als **erstes Signalsystem.**

Die unbedingten Reflexe sind angeborene, das Leben lang bleibende Verbindungen; bedingte Reflexe sind erworbene Verbindungen. Sie können jederzeit wieder gelöst werden, wenn sie den Umweltbedingungen nicht mehr entsprechen.

Pawlow erklärt diese Erscheinung durch einen sehr vereinfachten Vergleich: „Es wäre zweifellos sehr umständlich und unzweckmäßig, wenn in einem Fernsprechnetz jeder Teilnehmer mit jedem anderen durch eine besondere Leitung verbunden wäre (= unbedingte Reflexe). Der Betrieb wird wesentlich vereinfacht, wenn durch eine Schaltstelle (= Gehirn) nach Bedarf für jeden Teilnehmer jede gewünschte Verbindung hergestellt wird. Letzteres entspricht, auf das Nervensystem übertragen, den bedingten Reflexen, wodurch eine Unzahl von Verbindungen geschaffen wird, die unter bestimmten Bedingungen bestehen und bei Nichtbedarf wieder erlöschen."

Bildung eines bedingten Speichelreflexes



Bei der Bildung von bedingten Reflexen spielen sich im Nervensystem folgende Vorgänge ab: Gelangt eine Erregung, die durch einen indifferenten Reiz ausgelöst wurde, zur Großhirnrinde, so entsteht in dieser eine sich über weite Teile der Großhirnrinde ausbreitende und allmählich schwächer werdende Erregung. Ist zu gleicher Zeit auch das Reflexzentrum eines unbedingten Reflexes erregt, so konzentriert sich die durch den bedingten Reiz verursachte Erregung und bahnt sich einen Weg zu dem Erregungsherd in dem Reflexzentrum des unbedingten Reflexes. Von hier aus läuft sie über den motorischen Teil des Reflexbogens zum Erfolgsorgan weiter und löst eine Reaktion aus. Die Reflexbögen der bedingten Reflexe verlaufen über die Großhirnrinde. Sie ist also die notwendige Voraussetzung für die Ausbildung bedingter Reflexe. Diese wiederum sind Grundlage der höheren Nerventätigkeit, damit auch des Denkens.

Die besondere Leistung des menschlichen Großhirns besteht darin, daß es außer dem System der unbedingten Reflexe und dem ersten Signalsystem (dem System der bedingten Reflexe) noch ein **zweites Signalsystem**, das System der Sprache, ausbildet. Dieses zweite Signalsystem stellt eine neue, höhere Art der Verbindung des Menschen mit seiner Umwelt dar. Es bildet die Grundlage des Sprechens und des Denkens.

Im Zusammenhang mit der Entstehung und Entwicklung der Arbeit bildeten sich beim Menschen Signale in Form von gesprochenen, gehörten und später auch geschriebenen Wörtern, die bestimmte Dinge oder Vorgänge bezeichnen. Dadurch wurde der

Mensch befähigt, nicht mehr nur unmittelbar auf einzelne Dinge oder Vorgänge in seiner Umgebung, sondern bereits auf gehörte oder gelesene Wörter zu reagieren. Beispielsweise kann uns schon im Gespräch über eine gute Mahlzeit das Wasser im Munde zusammenlaufen, das heißt, die Signale der Wörter haben zu einer Speichelabsonderung geführt. Die Wörter, die zweiten Signale, sind an die Stelle der ersten Signale, beispielsweise des Geruchs, getreten.

Das erste Signalsystem dient der unmittelbaren Widerspiegelung der Gegenstände der Umwelt in Form von Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen. Die Reizquellen sind Signale, die auf die Sinnesorgane einwirken (z. B. Schallwellen, Lichtwellen, chemische Reize). Die Verallgemeinerung der Wahrnehmungen und Vorstellungen und die Bildung von Begriffen dagegen geschieht mit Hilfe des ersten und des zweiten Signalsystems. Da man nicht denken kann, ohne Begriffe zu benutzen, ist das zweite Signalsystem auch die Grundlage des Denkens. Der Mensch spiegelt die Umwelt in seinem Großhirn in der Form des Denkens wider, und das Denken selbst erfolgt auf der Grundlage der Sprache. Das zweite Signalsystem führt also zu einer verallgemeinerten Widerspiegelung der Wirklichkeit, die dem Menschen die Möglichkeit bietet, tief in die Gesetzmäßigkeiten der objektiven Welt einzudringen. Es gestattet dem Menschen, nicht nur zu denken, sondern auch seine eigenen Gedanken zum Ausdruck zu bringen, sie auszutauschen, auf andere Menschen einzuwirken und eine gegenseitige Verständigung mit ihnen zu erreichen. Dadurch wird es zur Grundlage der aktiven, zielbewußten Tätigkeit des Menschen.

Erstes und zweites Signalsystem wirken bei den psychischen Prozessen des Menschen zusammen. Nimmt der Mensch irgendwelche Gegenstände seiner Umwelt wahr, ein Vorgang, der auf der Grundlage des ersten Signalsystems erfolgt, so ist er sich dieser Wahrnehmung zugleich auch bewußt: er denkt. Auch das zweite Signalsystem ist also an einer bewußten Wahrnehmung beteiligt. Andererseits ist ohne die Empfindungen und Wahrnehmungen, die durch das erste Signalsystem vermittelt werden, das Denken nicht möglich. Nur das wechselseitige Zusammenwirken zwischen erstem und zweitem Signalsystem gewährleistet die Widerspiegelung der Umwelt im Bewußtsein des Menschen.

Auf die Großhirnrinde wirken dauernd die verschiedensten Reize ein, so daß zwischen der Vielzahl der dadurch entstehenden bedingten Reflexe ständig eine Auswahl vor sich gehen muß. Diese Auswahl kommt dadurch zustande, daß der stärkere, lebenswichtigere Reiz zur Ausbildung eines bedingten Reflexes führt, während die anderen gehemmt werden. Diesen Vorgang bezeichnete Pawlow als **äußere Hemmung.**

Der Ablauf eines bedingten Reflexes kann jedoch auch durch eine **innere Hemmung** unmöglich werden. Diese tritt auf, wenn ein bedingter Reiz (z. B. Sehen der Nahrung, dem eine Speichelsekretion folgt) oftmals wiederholt wird, ohne daß ihm der entsprechende unbedingte Reiz (Berührung der Nahrung mit der Mundschleimhaut) folgt. Daß der bedingte Reflex nur gehemmt wird, erkennen wir daraus, daß er sich sofort wieder einstellt, sobald dem bedingten Reiz von neuem ein unbedingter Reiz folgt.

Andauernde eintönige Erregung eines bestimmten Gebietes der Großhirnrinde führt zum Schlaf.

Das Verhältnis des Schlafes zur Hemmung charakterisiert Pawlow mit den Worten: „Die Hemmung ist ein teilweiser, engbegrenzter und durch den entgegenwirkenden Prozeß der Erregung in bestimmten Grenzen gehaltener Schlaf; der Schlaf dagegen ist die auf große Gebiete der Hemisphären, auf die ganzen Hemisphären und sogar noch tiefer sich ausbreitende Hemmung."

Die Hemmung entsteht also durch die zeitweise Ausschaltung einer begrenzten Anzahl von Nervenzellen der Großhirnrinde, während im Schlaf ausgedehnte Gebiete zeitweise ganz ausgeschaltet sind.

Hemmung und Schlaf können gegenseitig ineinander übergehen, sich ablösen. Will man verhindern, daß die Hemmung in Schlaf übergeht, so muß man in den Großhirnhemisphären Erregungspunkte schaffen, die der Verbreitung des Schlafes entgegenwirken. So kann man zum Beispiel beobachten, daß ein Mensch, der gerade am Einschlafen ist, durch irgendeinen stark erregenden Reiz aufgeschreckt, wieder völlig wach wird. Die Erregung hat die Hemmung und damit den Schlaf überwunden.

Während des Schlafes können in den verschiedenen Zentren des Gehirns begrenzte Erregungsherde auftreten. Dadurch lassen sich Bewegungen oder ein Sprechen während des Schlafes erklären. Auch Träume werden durch derartige Erregungen in den Erinnerungsfeldern der Rindengebiete verursacht.
Auch unter dem Einfluß von Erregungen, die von Sinnesorganen ausgehen, sind Traumerscheinungen möglich. Versuche an schlafenden Menschen zeigten, daß sie zum Beispiel beim Rauschen der Wasserleitung von einem Fluß oder einem Wasserfall träumen. Oft hängen die Träume mit Dingen zusammen, die wir gehört oder erlebt haben. Ereignisse, die aus dem Gedächtnis anscheinend schon entschwunden sind oder die, obgleich sie sich in unserer Gegenwart abspielten, nicht deutlich zum Bewußtsein gelangten, spiegeln sich häufig in Träumen wider. Beides läßt sich durch die Tatsache erklären, daß in den Erinnerungsfeldern der Großhirnrinde Spuren der Erregungen bestehenbleiben. Der Inhalt der Traumerscheinungen des Menschen steht also in engem Zusammenhang mit seiner Gehirntätigkeit, seinen Wünschen, Erlebnissen, Interessen und Sorgen.

Die Gefühle der Ermüdung und der Frische und damit die geringere oder größere Arbeitsfähigkeit und Arbeitsfreudigkeit hängen weitgehend vom Zustand des Nervensystems ab. Jede körperliche und geistige Tätigkeit führt zur Bildung von Erregungen in bestimmten Zentren der Großhirnrinde. Die Erregungen in den nicht mit der Ausführung der betreffenden Arbeit in Verbindung stehenden Gebieten des Gehirns werden gehemmt. Die Erregung beziehungsweise Hemmung ist um so stärker, je mehr sich ein Mensch in seine Arbeit vertieft. Konzentriert man sich auf seine Tätigkeit, empfindet man kaum, was in der Umgebung vor sich geht. Weder die Menschen, die sich im gleichen Zimmer befinden, werden bemerkt, noch werden deren Worte vernommen. Eine derartige konzentrierte Tätigkeit, die mit einer starken Erregungsbildung in dem entsprechenden Zentrum der Großhirnrinde einhergeht, kann man längere Zeit ausüben, ohne zu ermüden. Dabei spielt der Wille eine große Rolle. Die Arbeitsproduktivität ist höher, wenn eine Arbeit bewußt ausgeführt wird. Eintönige, unwillig ausgeführte Arbeit führt zur allgemeinen Hemmung der Großhirnrinde. Durch schwache und einförmige Reize wird die Erregbarkeit der Hirnrinde herabgesetzt; Ermüdungs- und Unlusterscheinungen treten auf. Derartige Erscheinungen können zuweilen schon am Beginn der Tätigkeit auftreten. Durch bewußte Konzentration auf die Arbeit werden sie überwunden. Die Erregbarkeit der mit der Arbeit in Zusammenhang stehenden Zentren der Hirnrinde wird wieder erhöht, und die Arbeit kann erfolgreicher fortgesetzt werden.

Hygiene des Nervensystems

Die Lebensweise eines Menschen hat starken Einfluß auf das Nervensystem und damit auf seine Leistungsfähigkeit. Der richtige Wechsel von Arbeit und Erholung durch vernünftige Tageseinteilung ist eine Voraussetzung für das Wohlbefinden des Menschen.

Überanstrengungen können für das Nervensystem und damit für den gesamten Organismus schädlich werden. Deshalb müssen rechtzeitig Ruhepausen eingelegt werden. Nach lang anhaltender schwerer Arbeit wird das Bedürfnis, sich auszuruhen, sehr stark. Ein durch ausgedehnte und lang anhaltende Erregungsprozesse ermüdetes Zentralnervensystem kann nur durch den Schlaf erfrischt werden. Dagegen kann die Leistungsfähigkeit eines einseitig erregten Nervensystems am besten dadurch wiederhergestellt werden, daß man zu einer möglichst vollkommen andersartigen Tätigkeit übergeht, daß man also Zentren in Erregung versetzt, die bisher gehemmt waren.

Das beste Erholungsmittel nach angestrengter geistiger Arbeit ist körperliche Tätigkeit; die angestrengt tätigen Begriffszentren können nun ausruhen, während die bisher fast untätigen Bewegungszentren eine intensive Tätigkeit aufnehmen können. Die in jeder Hinsicht beste Möglichkeit der Erregung der motorischen Zentren sind Sport und Gymnastik. Sie verknüpfen mit einem besonders harmonischen Erregungsablauf in den motorischen Zentren die Möglichkeit der körperlichen Leistungssteigerung und der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Körpers. Dadurch wird wiederum die Arbeits- und Konzentrationsfähigkeit wesentlich gesteigert. Einen Teil seiner Freizeit sollte man daher unbedingt für den Sport verwenden.

Bei der Tageseinteilung sollten nach Möglichkeit stets die gleichen Zeitpunkte für den Beginn der Arbeit, des Schlafes, des Essens, für Sport und Spaziergänge festliegen. Dadurch bilden sich für die Funktionen der verschiedenen Organe bedingte Reflexe, die zu einem gesunden Lebensrhythmus beitragen. Werden beispielsweise die Mahlzeiten immer zu den gleichen Zeiten eingenommen, so beginnen sich zu dieser Zeit Verdauungssäfte abzusondern; man bekommt Appetit, und die Speisen werden besser verdaut. Geht ein Mensch täglich zur gleichen Zeit schlafen, so schläft er schneller ein.

Ein normaler Ablauf der Lebensprozesse ist nur bei einem periodischen Wechsel von Wachen und Schlafen möglich. Experimente haben gezeigt, daß bei langer Schlaflosigkeit Veränderungen im Nervensystem, besonders in der Großhirnrinde, entstehen, die schließlich zum Absterben der Zellen führen. Gelangen sehr starke Erregungen zur Hirnrinde (z. B. bei Zahn- oder Magenschmerzen), so können diese die allgemeine Hemmung durchbrechen und den Schlaf unterbinden. Andererseits wirkt alles, was Reize von den Sinnesorganen fernhält (Ruhe, Dunkelheit usw.), fördernd auf den Schlaf. Schon durch das Zudecken wird der Strom der Erregungen zu den Sinnesorganen vermindert. Bei bequemer Körperlage entspannen sich die Muskeln, so daß die Muskel- und Sehnenspindeln weniger erregt werden. Die üblichen Verrichtungen vor dem Schlafengehen (z. B. Entkleiden, Waschen, Zähneputzen usw.) führen zur Bildung von bedingten Reflexen, die die Ausdehnung des Hemmungsprozesses in der Hirnrinde fördern.

Von großem Einfluß auf das Einschlafen ist der Gesamtzustand des Organismus, insbesondere der der Großhirnrinde. Die Ermüdung nach den täglichen geistigen und besonders nach körperlichen Arbeiten vermindert die Erregbarkeit des Gehirns und fördert ein leichtes Einschlafen. Eine entgegengesetzte Wirkung ruft Überanstrengung des Gehirns durch übermäßig angespannte Arbeit, Aufregung, Sorgen oder Angst hervor. Solche Überanstrengungen können zu Schlaflosigkeit führen.

Äußerst schädlich wirkt sich die Anwendung von Reiz- oder Genußmitteln bei starker Ermüdung aus. Keinesfalls wird durch hohen Kaffee- oder Zigarettenverbrauch die Müdigkeit überwunden, es erfolgt nur ein scheinbarer, vorübergehender Leistungsanstieg. Die Nerven werden jedoch dabei über das zuträgliche Maß hinaus strapaziert.

Besonders gefährlich ist die Wirkung des Alkohols auf das Nervensystem. Bereits

geringe Mengen Alkohol setzen die Reaktionsfähigkeit stark herab. Der Mensch kann seine Umgebung nicht mehr richtig einschätzen, er „schaltet" zu spät. Starker Alkoholeinfluß stört das Sehvermögen („Doppeltsehen") und das Gleichgewichtsempfinden (schwankender Gang). Außerdem verliert ein unter Alkoholeinfluß stehender Mensch rasch die Kontrolle über sich und begeht Handlungen, die er nüchtern nie beginge (Randalieren, Prügeleien, Verkehrsunfälle). Besonders gefährlich ist Gewöhnung an Alkoholgenuß, da die aufgenommene Menge erfahrungsgemäß ständig gesteigert wird. Neben Organschäden durch Alkohol (Leber) kann auch ein völliges Versagen des Nervensystems die Folge anhaltenden Alkoholgenusses sein. Menschen, die sich solche Schäden zugezogen haben, können ihre Gesundheit nie wieder erhalten. In der DDR ist die Abgabe von Alkohol an Jugendliche unter 16 Jahren gesetzlich untersagt.

Hormone

Mit der Entwicklung vom einzelligen zum mehrzelligen Organismus bildeten sich Regulationssysteme aus, welche die Tätigkeit der Organe koordinieren. Zellen und Organe stehen untereinander in Wechselbeziehungen, die einerseits durch die regulierende Tätigkeit des Nervensystems hergestellt, andererseits durch das Blut gesteuert werden. Viele Organe sondern Substanzen in das Blut ab, die die Funktionen anderer Organe beeinflussen. Wir haben bereits bei der Betrachtung des Blutkreislaufs und der Atmung die große Bedeutung des bei der Atmung entstehenden Kohlendioxids kennengelernt. Das empfindliche Atemzentrum reagiert auf jede Veränderung des Kohlendioxidgehaltes im Blut. Es wird durch chemische Reize gesteuert. Die Darmschleimhaut bildet Sekrete, die auf dem Blutwege die Tätigkeit der Bauchspeicheldrüse anregen. Die Bauchspeicheldrüse kann jedoch auch direkt durch das Nervensystem zur Sekretion veranlaßt werden.

Von besonderer Bedeutung für die Ausbildung und Funktion der Organe sind die Sekrete der Hormondrüsen (Hormone). Diese geben ihr Sekret direkt an das Blut ab im Gegensatz zu den Drüsen, die ihr Sekret an die innere oder äußere Oberfläche des Organismus abgeben. Daher werden sie als Drüsen mit innerer Sekretion (innersekretorische Drüsen) bezeichnet. Sie besitzen keine Ausführungsgänge und sind von vielen Kapillaren umgeben, die das Hormon aufnehmen.

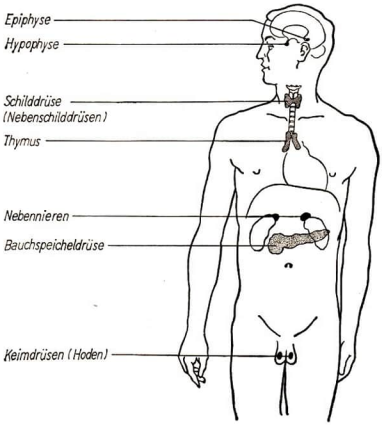
Hormone sind körpereigene, hoch wirksame Stoffe, die eine spezifische Wirkung haben. Meist sind sie jedoch nicht artspezifisch. Deshalb können Hormone aus tierischen Organen gewonnen und an den Menschen verabreicht werden. Sie ähneln in mancher Hinsicht den Vitaminen, nur werden sie stets im Körper gebildet. In den meisten Fällen wirken sie entfernt von den Organen, in denen sie gebildet werden. Ihr Transport erfolgt durch das Blut. Sie werden bereits in geringen Mengen wirksam; zum Beispiel werden täglich etwa 0,4 mg Schilddrüsenhormon gebildet.

Die Wirkungsweise der Hormone wurde vor allem durch krankhafte Erscheinungen bei Über- oder Unterproduktion der Hormondrüsen erkannt. Im Tierversuch hat die experimentelle Forschung wichtige Ergebnisse erzielt. Man untersuchte die Ausfallserscheinungen bei operativer Entfernung und Wiedereinpflanzung der Drüsen. Durch Einpflanzen frischen tierischen Drüsengewebes, durch Einspritzen von Drüsenextrakten, teilweise auch durch Verfüttern von Drüsengewebe lassen sich Ausfallserscheinungen wieder beheben.

Chemisch stellen die Hormone keine einheitliche Stoffgruppe dar. In einigen Fällen

handelt es sich um Eiweißkörper. Diese lassen sich nicht über den Magen-Darm-Kanal verabreichen, da sie dort abgebaut werden. Andere sind nicht so kompliziert gebaut, ihre Struktur ist bekannt. Sie können synthetisch hergestellt werden. Eingepflanzte Drüsengewebe sind nur begrenzte Zeit wirksam, weil sie keine Hormone erzeugen und bald resorbiert werden. Da die Hormone innerhalb der Wirbeltiere nicht artspezifisch sind, kann man sie aus tierischen Drüsen gewinnen und zur Behandlung kranker Menschen anwenden (Insulin).

Lage der Hormondrüsen beim Menschen (♂)



Zu den Drüsen mit innerer Sekretion gehören: Hypophyse, Schilddrüse, Epithelkörperchen, Langerhanssche Inseln der Bauchspeicheldrüse, Nebenniere, Keimdrüsen, Thymus, Epiphyse. Die Hormone stehen in vielfacher gegenseitiger Wechselwirkung, teils wirken sie fördernd, teils hemmend aufeinander.

Schilddrüse. Die Schilddrüse liegt vor der Luftröhre etwas unterhalb des Schildknorpels. Sie ist 20 bis 30 g schwer und besteht aus einer Unmenge bis 0,5 mm großer Bläschen, deren Wand von einem einschichtigen Epithel gebildet wird. Dieses scheidet in die Bläschen eine eiweißreiche Flüssigkeit ab, in der das Hormon enthalten ist. Das Schilddrüsenhormon besteht aus einer jodhaltigen Wirkgruppe (Thyroxin) und einem Eiweißkörper als Trägersubstanz. Das Thyroxin ist in seiner Struktur bekannt und kann synthetisch hergestellt werden.

Das Schilddrüsenhormon regelt vor allem den Stoffwechsel der Zellen. Es reguliert die Intensität des Stoffwechsels und paßt ihn den jeweils gegebenen Erfordernissen an. Es wirkt überwiegend auf den Kohlenhydratumsatz, aber auch auf den Fett- und Eiweißumsatz beschleunigend. Dadurch hat es Einfluß auf das Wachstum. Die Tätigkeit der Schilddrüse wird von einem Hormon der Hypophyse geregelt. Reichliche Thyroxinsekretion hemmt, geringe fördert die Ausschüttung dieses Hypophysenhormons. So hält sich der Hormonspiegel relativ konstant.

Beim Fehlen des Schilddrüsenhormons durch krankhafte Schädigung der Schilddrüse oder nach vollkommener operativer Entfernung sinkt der Stoffumsatz; Wachstum und Entwicklung des Körpers werden gehemmt. Bei Kindern hat das Zwergwuchs zur Folge. Sie bleiben körperlich und geistig auf einer kindlichen Entwicklungsstufe stehen (Kretinismus). Bei Erwachsenen kommt es zu einer Abnahme der körperlichen und geistigen Regsamkeit, zur teigigen Anschwellung der Haut und infolge der Herabsetzung der Verbrennungsvorgänge zu einer Gewichtszunahme. Die Körpertemperatur sinkt. Durch die ärztlich kontrollierte Verabreichung von Hormonpräparaten lassen sich diese Erscheinungen beheben.

Die Basedowsche Krankheit beruht auf einer Überfunktion der Schilddrüse. Der Stoffumsatz ist enorm gesteigert. Trotz reichlicher Nahrung tritt Abmagerung ein. Herzschlag und Atmung sind beschleunigt, die Körpertemperatur ist überhöht; die Erkrankten sind leicht erregbar. Ein kennzeichnendes Symptom ist das Hervortreten der Augäpfel. Durch operative Verminderung des Drüsengewebes oder durch medikamentöse Hemmung der Hormonproduktion lassen sich auch diese Krankheitserscheinungen beheben.

Die Schilddrüse kann sich krankhaft vergrößern, ohne entsprechend mehr Hormon zu bilden (z. B. bei Jodmangel in Gebirgsgegenden). Sie ist dann äußerlich als Anschwellung unter der Haut des Halses sichtbar (Kropf). Sie kann durch mechanische Verdrängung der Luftröhre gefährlich werden und wird dann operativ verkleinert.

Hypophyse. Die Hypophyse (Hirnanhangdrüse) ist etwa 0,6 bis 0,8 g schwer und kirschkerngroß. Sie liegt an der Unterfläche des Gehirns. Sie ist durch einen Stiel mit dem Zwischenhirn verbunden. Die Hypophyse ist das hormonale Zentralorgan, von dem aus im Zusammenwirken mit der Großhirnrinde über das Zwischenhirn fast alle innersekretorischen Drüsen gesteuert werden.

Bisher wurden mindestens 6 Hormone aus dem Vorderlappen isoliert. Als einziges wirkt das Wachstumshormon direkt auf die Körperzellen, die restlichen wirken über andere Drüsen. Bei Überfunktion des Wachstumshormons kommt es in der Jugend u. a. zu Riesenwuchs, bei Unterfunktion zu proportionalem Zwergwuchs (viele Liliputaner). Die übrigen Hormone regen die Funktionen der Nebennierenrinde und der Schilddrüse an, als geschlechtsunspezifische Hormone steuern sie bestimmte Funktionen der Eierstöcke und Hoden. Beim weiblichen Geschlecht veranlassen sie die normale periodische Tätigkeit der Ovarien und damit der Uterusschleimhaut, beim männlichen Geschlecht beeinflussen sie vor allem die Samenreifung. Während der Schwangerschaft und der Milchdrüsentätigkeit wird ein Milchabsonderungshormon wirksam (Prolaktin).

Die Ausschüttung der übergeordneten Hormone erfolgt in Wechselwirkung mit der Sekretion der anderen Hormondrüsen. Ihre starke Sekretion hemmt, ihre schwache fördert die Ausschüttung des entsprechenden Vorderlappenhormons. So wird der Hormonspiegel ständig reguliert.

Aus dem Hypophysenhinterlappen sind zwei Hormone bekannt. Das eine wirkt blutdrucksteigernd und reguliert zugleich die Wasserausscheidung in den Nieren. Es fördert die Resorption des Wassers aus den Harnkanälchen in das Blut und hemmt so die Wasserausscheidung. Der Ausfall dieses Hormons bewirkt die Ausscheidung enormer Harnmengen. Das zweite Hormon bewirkt die Kontraktion des Uterus (Wehen bei der Geburt). Alle Hypophysenhormone sind Eiweiße. Regulierend für die normale Tätigkeit wirkt das zentrale Nervensystem. Während im Vorderlappen die Hormone unmittelbar gebildet werden, ist der Hinterlappen nur Speicher- und Abgabeorgan der in Teilen des Zwischenhirns gebildeten Hormone (Neurosekretion).

Übersicht über die Hormondrüsen und ihre Hormone

Hormondrüse	Erzeugtes Hormon	Wirkung des Hormons
Schilddrüse	Schilddrüsenhormon (Thyreoglobulin)	regelt den Zellstoffwechsel
Nebenschilddrüsen (liegen der Schilddrüse an)	Nebenschilddrüsenhormon (Parathormon)	regelt den Kalziumgehalt des Blutes
Langerhanssche Inseln der Bauchspeicheldrüse	Insulin	regelt den Blutzuckerspiegel; Insulinmangel verursacht Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)
Nebennieren (liegen den oberen Nierenpolen auf)	Markschicht: Adrenalin, Noradrenalin Rindenschicht: bisher über 30 Hormone isoliert	regeln als Gegenspieler des Insulins den Blutzuckerspiegel (regen den Glykogenabbau und damit die Erhöhung des Blutzuckerspiegels an) regeln den Kohlenhydrat-, den Eiweiß-, den Mineralstoffwechsel und Wasserhaushalt sowie die Funktion der Geschlechtsorgane
Keimdrüsen	Sexualhormone	♂ u. ♀ Sexualhormone bewirken die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale (Bartwuchs bei ♂) ♀ Sexualhormone steuern außerdem die zyklischen Veränderungen der Uterusschleimhaut
Hirnanhangdrüse (Hypophyse)	Vorderlappen: 6 Hormone Hinterlappen: 2 Hormone	sie regeln fast ausschließlich die Tätigkeit der anderen Hormondrüsen das eine regelt vor allem die Nierentätigkeit; das zweite bewirkt bei der Frau die Kontraktion der Uterusmuskulatur bei der Geburt

Wirkungsweise von Regulationssystemen

Wir haben Organsysteme kennengelernt, die vorwiegend der Regelung der Körperfunktionen dienen. Dabei haben wir erfahren, daß zwischen den verschiedenen Regulationssystemen zahlreiche Verbindungen bestehen und sie sich gegenseitig beeinflussen. So steuert beispielsweise das Zentralnervensystem die Funktion der Hypophyse, Hypophysenhormone aber haben Einfluß auf die Nerventätigkeit — entweder direkt oder

über die Steuerung der Stoffwechselprozesse. Mittels dieser Regulationssysteme ist unser Organismus in der Lage, unter verschiedenen Bedingungen nahezu unverändert zu existieren. Stoffwechsel, Hormonhaushalt, Abwehr von Krankheitserregern beispielsweise werden im gesunden Organismus stets so geregelt, daß alle Organe normal funktionieren können, auch wenn unterschiedliche Belastungen (z. B. schwere körperliche Arbeit — Nachtruhe) oder verschiedene Umwelteinflüsse (z. B. Temperatur) auf unseren Körper wirken. So wird die Körpertemperatur Sommer und Winter, Tag und Nacht nahezu konstant gehalten, sofern nicht extreme Bedingungen zu krankhaften Veränderungen führen (z. B. Erfrierungen). Das Zusammenwirken von Organen und Organsystemen läßt sich mit modernen wissenschaftlichen Methoden, beispielsweise mit der Kybernetik, in Form von Regelkreisen darstellen.

Regelung des CO_2-Gehalts im Blut

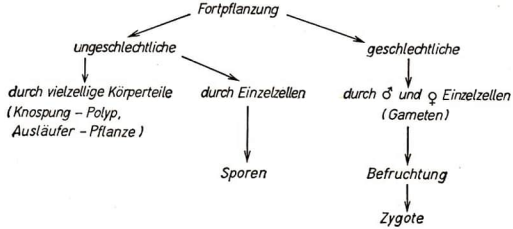
Die hier gewählte Darstellung der Regelung des CO_2-Gehalts im Blut und der Atmung gibt die Vorgänge im Organismus stark vereinfacht wieder. Zahlreiche Faktoren, die auf die Atmung ebenfalls Einfluß haben (z. B. Schreck, Aufregung, plötzliche intensive Tätigkeit wie 100-m-Lauf), blieben dabei unberücksichtigt.
Ähnliche Schemata lassen sich für die Steuerung des Blutzuckerspiegels, des Wasserhaushalts, des Mineralstoffwechsels, der Körpertemperatur oder der Verdauungsvorgänge aufstellen, da diese für uns noch einigermaßen überschaubar sind. Tatsächlich kommen alle Körperfunktionen nur durch das koordinierte Zusammenwirken verschiedener Organsysteme zustande. Es ließen sich demnach auch Schemata aufstellen, die das Ineinandergreifen solcher „Regelkreise" darstellen, beispielsweise die Beziehungen zwischen Kohlenhydratstoffwechsel, CO_2-Gehalt des Blutes, Körpertemperatur und Blutkreislauf. Praktisch sind sie jedoch kaum in einer schematischen Darstellung zu erfassen. Dieses koordinierte Zusammenwirken der Organsysteme ist eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung des Lebens auf der Erde. Je mehr der Mensch es versteht, diese Zusammenhänge zu erkennen und zu erforschen, um so besser wird es ihm gelingen, sinnvoll ins Naturgeschehen einzugreifen, etwa um Krankheiten zu heilen oder zu vermeiden.

Die Fortpflanzung des Menschen

Die Fortpflanzung ist eine grundlegende Eigenschaft aller Lebewesen. Alle Arten von Lebewesen erzeugen Nachkommen, die den Eltern in den wesentlichen Merkmalen und Eigenschaften gleichen. In der Regel werden zahlreiche Nachkommen erzeugt, deshalb spricht man auch von Vermehrung. Zellen, die noch keine Differenzierung in Zellkern und Zellplasma aufweisen (z. B. Bakterien), vermehren sich durch Zellspaltung. Alle Lebewesen, deren Zellinhalt in Zellkern und Zellplasma (und andere Bestandteile) differenziert ist, vermehren sich durch Zellteilung, der eine komplizierte Kernteilung vorausgeht. Durch einfache Zellteilung vermehren sich die einzelligen Lebewesen (z. B. Euglena, Pantoffeltierchen). Bei vielzelligen Organismen wird die Fortpflanzung von Zellgruppen oder bestimmten Zellen übernommen. Das Wesen der Fortpflanzung besteht in der Erhaltung des Lebens auf der Erde durch eine ununterbrochene Folge von Generationen. Dabei gehören die Nachkommen stets derselben Art an wie die Eltern. Das wird durch die Weitergabe der Erbanlagen von einer Generation an die andere erreicht.

Bei der Fortpflanzung lassen sich verschiedene Formen unterscheiden.

(48)



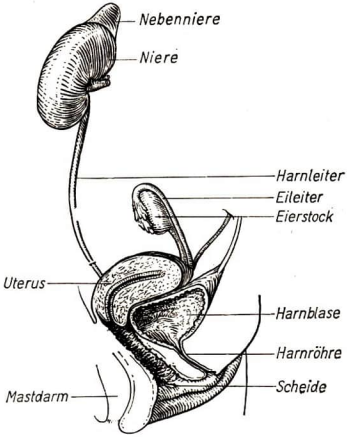
Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung kommen bei Pflanzen und Tieren vor. Der Mensch pflanzt sich nur geschlechtlich fort. Die Geschlechtszellen werden in den Geschlechtsorganen gebildet. Im Gegensatz zu allen anderen Organen des menschlichen Körpers unterscheiden sich die Geschlechtsorgane bei beiden Geschlechtern deutlich in Form und Funktion. Bei beiden Geschlechtern unterscheidet man die Bildungsstätten der Gameten und die ableitenden Wege- und Begattungsorgane.

Weibliche Geschlechtsorgane

Zu den weiblichen Geschlechtsorganen gehören die paarigen Eierstöcke (Ovarien), die paarigen Eileiter, die unpaare Gebärmutter (Uterus) und die unpaare Scheide (Vagina).

Die Eizellen sind bereits im ungeborenen weiblichen Körper in den Eierstöcken angelegt. Während des Wachstums und der Entwicklung des weiblichen Organismus nach der Geburt durchlaufen auch die Eizellen eine Entwicklung. Sie reifen allmählich nacheinander heran. Im weiblichen Embryo sind etwa 100 000 Eizellen angelegt, von denen jedoch nur ungefähr 400 zur vollen Reife gelangen. Frauen sind nur über eine begrenzte Zeit fortpflanzungsfähig.

Weibliche Geschlechtsorgane



Die junge Eizelle ist zuerst von einer einschichtigen Lage von Zellen, dem Follikelepithel, umgeben, das im Verlaufe der Zeit mehrschichtig wird. Später entsteht in seinem Inneren ein flüssigkeitsgefüllter Hohlraum, in dem sich die reifende Eizelle befindet. Die reifen Follikel, die das Follikelhormon bilden, gelangen zur Oberfläche der Eierstöcke.

Mit dem Eintritt der Geschlechtsreife platzt etwa alle 28 Tage in einem der Eierstöcke der reifste Follikel (Follikelsprung). Die darin befindliche Flüssigkeit spült die Eizelle in den anliegenden Eileiter. In den geplatzten Follikel lagern sich verschiedene Stoffe ein. Er nimmt eine gelbe Färbung an und wird als Gelbkörper bezeichnet, der ebenfalls ein Hormon, das Gelbkörperhormon, bildet. Wird das ausgestoßene Ei befruchtet, bleibt der Gelbkörper während der Schwangerschaft lange erhalten, sein Hormon verhindert das Platzen weiterer reifer Follikel. Wird das Ei nicht befruchtet, bildet sich der Gelb-

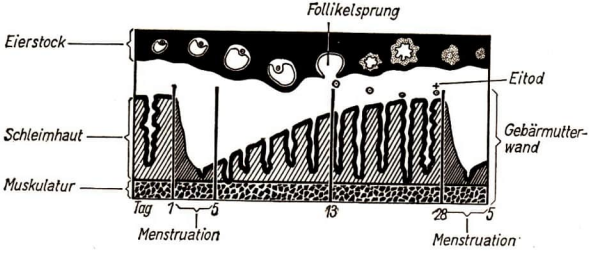
körper allmählich zurück, und es kommt nach etwa 28 Tagen zum nächsten Follikelsprung.

Der Uterus dient zur Aufnahme der befruchteten Eizelle. In ihm entwickelt sich das neue Lebewesen bis zur Geburtsreife.

Innerhalb des Zeitraums zwischen zwei Follikelsprüngen zeigt auch die Schleimhaut, die den Uterus innen auskleidet, periodische Veränderungen.

Das Follikelhormon eines heranreifenden Follikels regt die Uterusschleimhaut zum Wachstum an. Sie wird allmählich stärker. Nach dem Follikelsprung beginnt das Gelbkörperhormon auf die Uterusschleimhaut zu wirken. Diese füllt sich stark mit Nährstoffen und Blut an. Sie wird so zur Aufnahme und Ernährung einer befruchteten Eizelle vorbereitet. Die Drüsen der Schleimhaut sondern Sekrete ab. Das Ei ist nur wenige Stunden nach dem Follikelsprung befruchtungsfähig. Wird es während dieser kurzen Zeit befruchtet, wandert es zum Uterus und nistet sich dort ein. Wird es nicht befruchtet, stirbt es ab. Der Gelbkörper bildet sich zurück, die Wirkung des Gelbkörperhormons hört auf. Die oberste Schicht der Uterusschleimhaut wird abgestoßen. Im Uterus entsteht praktisch eine Wunde, die, wie alle offenen Wunden, blutet. Das mit Stücken der abgestoßenen Schleimhaut vermischte Blut gerinnt nicht. Es fließt in die Scheide ab. Diesen Vorgang bezeichnet man als Menstruation oder Periode. Sie dauert im allgemeinen 3 bis 5 Tage. Danach wächst die Uterusschleimhaut unter dem Einfluß des Follikelhormons des nächsten heranreifenden Follikels wieder heran. Nach Eintritt der Geschlechtsreife tritt die Menstruation normalerweise etwa alle 28 Tage auf. Ungefähr in der Mitte zwischen zwei Menstruationen erfolgt jeweils ein Follikelsprung.

Schema des Menstruationszyklus

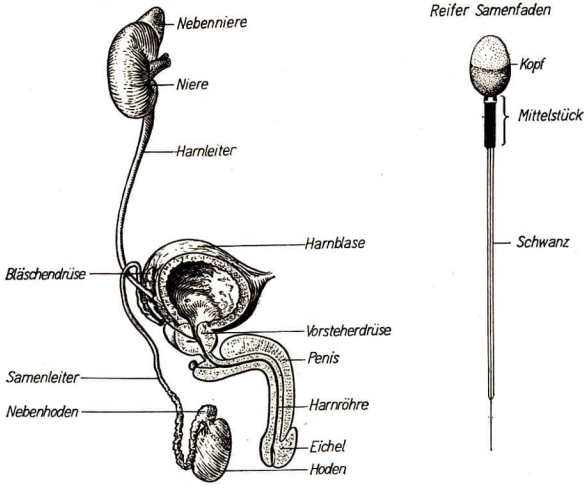


Männliche Geschlechtsorgane

Zu den männlichen Geschlechtsorganen gehören die paarigen Hoden, in denen die Samenbildungszellen und deren Ernährungszellen (Fußzellen) liegen, die paarigen Nebenhoden, die Samenleiter, die Bläschendrüsen und die unpaare Vorsteherdrüse.

Mit dem Beginn der Geschlechtsreife entwickelt sich ständig ein Teil der Samenzellen zu Samenfäden (Spermien). Samenfäden sind eigenbewegliche Zellen, die sich mit Hilfe

Männliche Geschlechtsorgane



des Schwanzes vorwärtsbewegen. Sie werden von dem männlichen Geschlechtsorgan im Samen abgegeben. Der Samen (Sperma) besteht aus den Samenfäden und der Samenflüssigkeit. Die Samenflüssigkeit entsteht aus den Sekreten, die von den Nebenhoden, den Bläschendrüsen und der Vorsteherdrüse abgegeben werden. Der Samen wird durch die Harnröhre entleert. Die Harnröhre des Mannes ist zum Teil also auch Endabschnitt der samenleitenden Wege, das Glied (Penis) ist das Begattungsorgan.

Die Geschlechtsreife tritt bei Mädchen etwa im 13. Lebensjahr, bei Jungen etwa im 14. Lebensjahr ein. Von diesem Augenblick an sind sie also biologisch in der Lage, Kinder zu bekommen. Ihre gesamte übrige körperliche, vor allem aber ihre geistige Entwicklung jedoch ist längst noch nicht abgeschlossen. Es fehlt ihnen jede Voraussetzung, ein Kind aufzuziehen. In unserem Staat hat jeder Mensch alle Möglichkeiten, sich seinen Neigungen entsprechend zu entwickeln. Er kann 10 oder 12 Jahre die Schule besuchen, eine Lehre aufnehmen und studieren. Ehe er selbständig ist, eine eigene Existenz aufgebaut hat, ist er etwa 20 Jahre alt. Mindestens bis dahin kann er kaum eine Familie gründen, ohne seine eigene berufliche und persönliche Entwicklung und auch die normale Entwicklung eines Kindes zu erschweren. Dieser Tatsachen muß sich jeder junge Mensch bewußt sein, damit er sein Leben entsprechend gestaltet. Der Mensch ist ein denkendes Wesen, das in der Lage ist, seine eigenen Handlungen zu beurteilen, seine Lebensgewohnheiten seinem Willen unterzuordnen. Das gilt auch und in besonderem Maße für die Gestaltung der Beziehungen zwischen den Geschlechtern.

Krankheiten der Geschlechtsorgane

Gebärmutterkrebs. In den letzten Jahren sind immer mehr Fälle von Gebärmutterkrebs (bösartige Wucherungen an der Gebärmutter) bekannt geworden. Durch regelmäßige, vorbeugende Untersuchungen (Kolposkopie-Reihenuntersuchungen), die für alle Frauen vom 30. Lebensjahr ab regelmäßig durchgeführt werden, ist ein frühzeitiges Erkennen und damit eine erfolgreiche Behandlung dieser gefährlichen Krankheit möglich. Alle Frauen über 30 Jahre sollten sich deshalb mindestens einmal jährlich einer solchen Untersuchung unterziehen.

Geschlechtskrankheiten. Unter dieser Bezeichnung faßt man Infektionskrankheiten der Geschlechtsorgane zusammen, die fast immer durch Geschlechtsverkehr übertragen werden. Sie gehören zu den sozial bedingten Krankheiten. Kriege und Nachkriegsjahre trugen wesentlich zu ihrer Verbreitung bei. Geschlechtskrankheiten unterstehen besonderen Gesetzen im Rahmen der Seuchenschutzgesetzgebung, da sie bei gehäuftem Auftreten großen volkswirtschaftlichen Schaden anrichten können. Durch die ständige Verbesserung der sozialen Verhältnisse und die staatlich organisierten Bekämpfungsmaßnahmen ist die Zahl der Erkrankungen in der DDR ständig zurückgegangen, jedoch sind die Geschlechtskrankheiten noch nicht völlig ausgemerzt. Die wichtigsten Geschlechtskrankheiten sind die Gonorrhoe und die Syphilis.

Die Embryonalentwicklung des Menschen

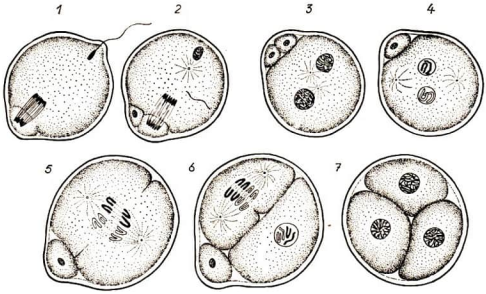
Befruchtung. Die Entwicklung eines neuen Lebewesens beginnt beim Menschen, ebenso wie bei allen sich geschlechtlich vermehrenden Tieren und Pflanzen, im Anschluß an die Befruchtung, das heißt an die Vereinigung einer Samenzelle mit einer Eizelle.

Die Befruchtung findet meist im Eileiter statt. Dorthin gelangt die noch von einigen Follikelzellen umgebene Eizelle nach dem Follikelsprung. Die Samenfäden kommen zunächst in die Scheide. Durch schlängelnde Bewegungen ihres Schwanzes wandern sie in die Eileiter. Der erste Samenfaden, der sich der Eizelle nähert, durchdringt deren Schutzhülle. Kopf und Mittelstück des Samenfadens gelangen in das Innere der Eizelle, der Schwanz wird meist abgestoßen. Der Kern im Kopf der Samenzelle und der Kern der Eizelle verschmelzen miteinander zum Kern der befruchteten Eizelle. Auch das Plasma von Ei und Samenzelle vereinigt sich. An die Befruchtung schließt sich unmittelbar eine Zellteilung an, welche die Keimesentwicklung einleitet.

Furchung. Die ersten Teilungen, die ohne Wachstum und Vermehrung des Plasmas vor sich gehen, sind äußerlich als Furchung des Eies erkennbar. Die zu Beginn eines jeden Teilungsschrittes vorhandenen Furchungszellen verdoppeln sich durch gleichartige Teilung. So entsteht die Morula; sie ist nicht größer als die befruchtete Eizelle. Etwa 6 bis 7 Tage nach der Befruchtung erreicht sie den Uterus, wo sie sich normalerweise in die Schleimhaut der Hinterwand einnistet. Die Morulazellen lösen durch Fermente die Uterusschleimhaut auf. Die Morula wird von der Schleimhaut völlig bedeckt.

Zwillingsbildung. Am Beginn der Entwicklung einer befruchteten Eizelle (Zygote) können sich die entstandenen Zellen trennen, so daß 2 Zellen oder 2 Zellgruppen entstehen, von denen sich jede zu einem neuen Lebewesen entwickelt. Es entstehen Zwillinge, die aus einer Zygote stammen. Diese **eineiigen Zwillinge** haben stets das gleiche Geschlecht und sind sich oft zum Verwechseln ähnlich. Selten werden 2 Follikel eines

Befruchtung einer Eizelle und erste Teilungen der befruchteten Eizelle

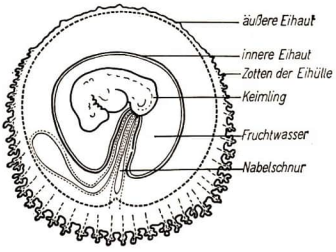


oder beider Eierstöcke zugleich reif, so daß 2 Eizellen frei werden. Werden beide befruchtet, entwickeln sich **zweieiige Zwillinge.** Sie können verschiedenen Geschlechts sein und ähneln sich nicht mehr als andere Geschwister.

Keimesentwicklung. Die Morula nimmt in ihr Inneres Flüssigkeit auf, und während sich in dem Zellhaufen Hohlräume bilden, die sich mit Flüssigkeit füllen, entwickelt sich aus einem Teil der Zellen die Anlage des Keimlings, andere Zellen bilden die Anlagen der Eihäute.

Die äußersten Zellen bilden die äußere Eihaut. An einer Stelle der Uteruswand lösen sie die Schleimhaut auf und bilden zusammen mit dieser den Mutterkuchen (die Plazenta). Zotten der äußeren Eihülle und der Uterusschleimhaut greifen ineinander. Sie sind besonders stark durchblutet. An dieser Stelle treten Nährstoffe und Sauerstoff ins Blut des Keimlings über. Über die Plazenta werden auch die Abfallstoffe aus dem Keimling in den Körper der Mutter gebracht und dort ausgeschieden. Von der Plazenta führt die Nabelschnur zum Embryo.

Keimling mit Eihäuten (schematisch)

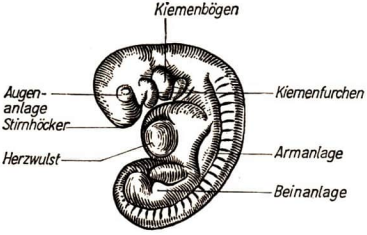


Der innere Hohlraum füllt sich mit einer Flüssigkeit, dem Fruchtwasser, das den Embryo von allen Seiten umgibt und während seiner weiteren Entwicklung gegen Stoß und Druck schützt.

Äußerlich hat der Embryo zunächst keine Ähnlichkeit mit einem Menschen. Am Kopfteil sind schon in der 3. Woche der Entwicklung blasenartige Vorwölbungen erkennbar, die Anlagen der Augen. Der Embryo ist etwa 1 cm lang. Er ist so um den Nabelstrang gekrümmt, daß sich Kopf und Schwanzende fast berühren. Durch die frühzeitige starke Entwicklung des Gehirns erscheint der Kopf gegenüber dem Körper unverhältnismäßig groß. Am Hals sind, ähnlich wie bei den Embryonen aller Wirbeltiere, Kiemenbögen angelegt. Diese entwickeln sich jedoch nicht — wie bei Fischen — zu funktionierenden Atmungsorganen, deuten aber auf einen gemeinsamen stammesgeschichtlichen Ursprung aller Wirbeltiere hin. Oberhalb des Nabels ist am Bauch ein dicker Wulst sichtbar. Dort entwickeln sich Leber und Herz.

Die Chorda dorsalis bildet die Achse des sich in der 5. Woche entwickelnden Knorpelskeletts, das erst allmählich durch ein knöchernes ersetzt wird.

Menschlicher Embryo



(etwa 4 Wochen alt)
Gesamtlänge 4,9 mm

(am Ende der 12. Entwicklungswoche)
Scheitel - Steißlänge 84 mm

Im Verlauf des 2. Entwicklungsmonats bilden sich die Anlagen der Gliedmaßen. Im 3. Monat ist der Kopf stark entwickelt, die Augen rücken gegen die Nasenwurzel und stellen sich parallel zueinander. Der Schwanz bildet sich zurück. Im 4. Monat breitet sich das erste Haarkleid über den gesamten Körper aus. Die Geschlechtsunterschiede sind erkennbar. Der Embryo ist zu dieser Zeit etwa 16 cm lang und wiegt etwa 100 Gramm.

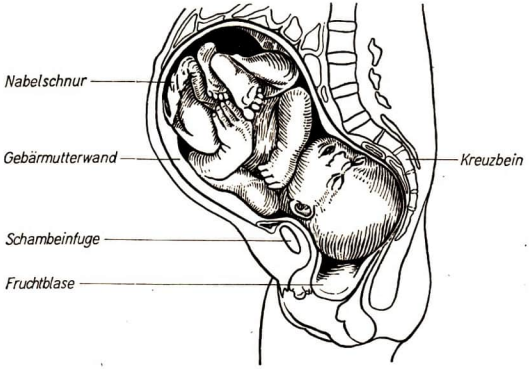
Im 5. und 6. Schwangerschaftsmonat wächst der Embryo stark. Dabei wächst der Körper stärker als der zuerst relativ große Kopf. Der Körper ist dicht behaart. Da nun die willkürliche Muskulatur gut entwickelt ist und ihre Nerven leistungsfähig geworden sind, kann die Mutter die ersten Bewegungen des Kindes spüren. Vom Ende des 5. Monats an sind auch die Herztöne des Kindes durch die mütterliche Bauchdecke zu hören.

Im 7. Monat löst sich die Verklebung der Augenlider. Das Fettgewebe entwickelt sich stärker, die Lungen sind atmungsfähig. Im 8. und 9. Monat erfolgt die weitere Ausreifung der Organe. Am Ende des 9. Monats ist das Kind etwa 50 cm groß und etwa 3000 Gramm schwer.

Die großen Übereinstimmungen in den Grundvorgängen der embryonalen Entwicklung bei allen Wirbeltieren zeigen sich vor allem in den frühesten Stadien. Schwanzanlagen, Anlagen des knorpligen Skeletts, der Kiemenbögen und Kiementaschen, die Ausbildung des embryonalen Wollhaarkleides und viele Ähnlichkeiten in der Entwicklung der anderen Organe weisen immer wieder auf die Abstammung des Menschen von tierischen Vorfahren hin. ERNST HAECKEL formulierte diese Zusammenhänge im „biogenetischen Grundgesetz": Die Keimesgeschichte eines Lebewesens ist eine kurze, abgewandelte Wiederholung seiner Stammesgeschichte.

Geburt. Während der Schwangerschaft erzeugt die Plazenta Follikelhormon und Gelbkörperhormon in beträchtlicher Menge. Beide veranlassen die weitere Ausbildung der Milchdrüsen bis zur Funktionsfähigkeit. Gegen Ende der Schwangerschaft sinkt der Gelbkörperhormonspiegel ab, während der Follikelhormonspiegel des Blutes steigt. Dadurch wird die Empfindlichkeit der Uterusmuskulatur gegen Kontraktionsreize erhöht. Durch geringe Erregungen, wahrscheinlich durch ein wehenerregendes Hormon des Hypophysenhinterlappens, kommt es zu Zusammenziehungen der Uterusmuskulatur, die von der Mutter als Wehen empfunden werden. Bei jeder Kontraktion läuft eine Kontraktionswelle von oben nach unten zum anfangs geschlossenen Uterushals. Durch den Druck der Wehen zerreißen die Eihäute, das Fruchtwasser läuft aus. Durch weitere Wehen wird das Kind durch die sich langsam weitenden Geburtswege (Uterushals und Scheide) ausgestoßen. Dabei unterstützen die Bauchmuskeln durch Pressen die weitere rasche Austreibung der Frucht. Mit Hilfe einer wissenschaftlich geleiteten, planmäßigen

Rumpf einer Gebärenden während der Geburt



psychischen und physischen Vorbereitung während der Schwangerschaft kann eine weitgehend schmerzarme Geburt erreicht werden.

Während der Geburt bleibt das Kind durch Nabelschnur und Plazenta mit dem mütterlichen Kreislauf in Verbindung. Sofort nach der Geburt wird die Nabelschnur unterbunden und durchtrennt. Der Nabelschnurrest des Kindes trocknet innerhalb der ersten Lebenswochen ein und wird abgestoßen.

Die noch nach der Geburt des Kindes auftretenden Wehen lösen etwa nach einer halben Stunde in kurzer Zeit die Plazenta und die Eihäute von der Uteruswand und treiben sie als Nachgeburt durch die Geburtswege aus. Hierbei entsteht eine offene Wundfläche, so daß eine mehr oder weniger starke Blutung erfolgt. Sechs bis acht Wochen nach der Geburt hat der Uterus nahezu seine Ausgangsgröße erreicht.

Sofort nach der Geburt erfolgt der Gasaustausch in der Plazenta nur noch ungenügend. Im Blute des Kindes reichert sich Kohlendioxid an. Dadurch und durch die Umweltsänderung (Temperaturunterschied, Luftleben u. a.) werden reflektorisch über das Atemzentrum die ersten Atembewegungen des Kindes ausgelöst. Das Neugeborene läßt den ersten Schrei vernehmen. Aus dem Embryo ist ein selbständiger Organismus geworden, der allerdings noch lange nicht allein leben kann und der sorgenden Liebe seiner Eltern bedarf.

Entwicklung des Neugeborenen

Ein reifes Neugeborenes wiegt in der Regel 3000 bis 3400 Gramm und ist im Durchschnitt 50 cm lang. Durch normalen Wasserverlust, der in den ersten Lebenstagen nicht durch die Aufnahme entsprechender Flüssigkeitsmengen ausgeglichen werden kann, tritt ein Gewichtsverlust ein, der im allgemeinen vom Körpergewicht abhängig ist (je größer das Geburtsgewicht, desto größer der Gewichtsverlust). In der Regel hat das Neugeborene nach 10 Tagen sein Geburtsgewicht wieder erreicht, allerdings kann das auch erst am 30. Tag nach der Geburt der Fall sein. Die Anzahl der Herzschläge beträgt beim Neugeborenen etwa 140 in der Minute.

Die beste Nahrung für das Neugeborene ist die Muttermilch. Nahezu 95 % aller Mütter sind in der Lage, ihr Kind mit Muttermilch zu ernähren. In der Mütterberatung erhält die Mutter auch Hinweise für die günstigste Ernährung ihres Kindes.

Schon von Anfang an ist das Kind an Regelmäßigkeit zu gewöhnen. Das Wickeln, das Baden, das Nähren müssen immer zu gleichen Zeiten erfolgen. Der Säugling braucht einen festen Platz, ausreichenden Schlaf und genügend Wärme. Er benötigt jedoch auch genügend Bewegung und frische Luft. Äußerste Sauberkeit ist in der Säuglingspflege oberstes Gebot. Alle Möglichkeiten einer Infektion des Säuglings mit ansteckenden Krankheiten sind durch einwandfreie hygienische Maßnahmen auszuschalten.

Von seiner Umwelt nimmt der Säugling zunächst nichts wahr. Saugen und Schlucken kann er von Geburt an (unbedingter Reflex). Erst allmählich reagiert er auf Licht, Geräusche und Bewegungen. Er lernt nach Gegenständen greifen, sie fassen und festhalten.

Die Sorge für Mutter und Kind

Die Sorge für Mutter und Kind ist ein feiner Gradmesser für die gesellschaftliche Situation eines Staates, gibt Zeugnis vom Stand seiner Entwicklung. In den sozialistischen Staaten gilt die besondere Fürsorge den Müttern und Kindern. In diesen Staaten ist es durch eine Vielzahl sozialer Maßnahmen gelungen, die Sterblichkeit der Säuglinge und der Mütter kontinuierlich zu senken. Auch in der DDR wurden auf diesem Gebiet große Erfolge erzielt. 1950 betrug die Säuglingssterblichkeit in der DDR noch 7,2 %, 1960 noch 3,9 %, 1965 dagegen nur noch 2,0 %. Damit gehören wir zu den Ländern mit der geringsten Säuglingssterblichkeit auf der Welt. Die Müttersterblichkeit, bezogen auf 10000 lebendgeborene Kinder, betrug in der DDR 1955 11,9, 1963 nur noch 7,8, 1965 war sie auf 6,0 gesunken (in Westdeutschland 1955 15,7, 1959 10,8).

Welche sozialmedizinischen Maßnahmen haben nun diese Entwicklung begünstigt? Die erste medizinische Betreuung beginnt bereits in der Schwangerenberatung. Jede werdende Mutter wird dort ärztlich untersucht, ihr Gesundheitszustand wird laufend überwacht. Für Frauen mit angegriffenem Gesundheitszustand besteht die Möglichkeit einer Kurverschickung, die keinerlei Anrechnung auf Jahres- oder Schwangeren- bzw. Wochenurlaub findet. Ist die werdende Mutter berufstätig und an einem Arbeitsplatz beschäftigt, der in irgendeiner Form die normale Entwicklung des Kindes gefährden könnte, so ist der Betrieb verpflichtet, die Umsetzung auf einen Arbeitsschonplatz vorzunehmen. Die Frau darf dabei keine finanzielle Einbuße erleiden, auch wenn es sich um eine qualitativ geringere Arbeit handelt. Die Lohndifferenzen sind ausschließlich vom Betrieb zu tragen. Schichtarbeit und Nachtschicht sowie Überstunden sind einer schwangeren Frau vom 4. Monat an grundsätzlich untersagt. Außerdem steht jede schwangere Frau unter Kündigungsschutz. Sechs Wochen vor dem vom Arzt errechneten Geburtstermin wird die werdende Mutter ganz von der Arbeit befreit, sie erhält Schwangerenurlaub. Während dieser Zeit erhält sie ihren Durchschnittslohn. Die Entbindungen erfolgen heute fast ausschließlich in einer stationären Einrichtung unter ärztlicher Leitung ohne besondere Kosten für die Frau. Dadurch ist nicht nur sofort spezielle ärztliche Hilfe im Falle eines komplizierten Geburtsablaufes möglich, auch das Neugeborene wird in den ersten Lebenstagen ärztlich überwacht. In dieser Zeit wird auch gleich die erste Schutzimpfung gegen Tuberkulose vorgenommen. Nach der Entlassung aus der Klinik übernimmt die Mütterberatungsstelle die weitere Betreuung. Diese Beratungsstellen ziehen sich wie ein dichtmaschiges Netz über das Territorium der DDR. Jede Mutter, auch in ländlichen Gebieten, soll nicht mehr als 2 km Fußweg bis zur Beratungsstelle zurückzulegen haben. Damit sind rein organisatorisch die Voraussetzungen geschaffen worden, die es jeder Mutter ermöglichen, ihr Kind regelmäßig dem Arzt vorzustellen. In den Beratungsstellen erfolgt neben der Kontrolle der körperlichen Entwicklung des Säuglings auch eine Ernährungs- und Erziehungsberatung sowie eine Aufklärung über die erforderlichen pflegerischen Maßnahmen.

Jede Mutter bekommt nach der Entbindung 8 Wochen bezahlten Wochenurlaub. Sie kann aber auch bis zum Ende des 1. Lebensjahres des Kindes die Sorge um ihr Kind voll und ganz selbst übernehmen, wobei ihr der Arbeitsplatz erhalten bleibt, d. h., sie bleibt Angehörige des Betriebes.

Um auch finanziell die normale Entwicklung des Kindes zu sichern, erhält jede Mutter eine Geburtenbeihilfe. Diese wird gestaffelt gezahlt, die Zahlung ist an bestimmte Bedingungen geknüpft (regelmäßiger Besuch der Schwangerenfürsorge und der Mütterberatung).

Außerdem gibt es ein monatliches Stillgeld. Die wieder berufstätige Frau hat Anspruch auf täglich 90 Minuten bezahlte Stillpause, solange sie ihr Kind stillt.

Der berufstätigen Mutter gilt weiterhin die Sorge des Staates. Damit sie unbelastet ihrer beruflichen Arbeit nachgehen kann, sind Einrichtungen zur Unterbringung der Kinder geschaffen worden, die tagsüber die Pflege und Erziehung übernehmen.

Die Kinder bis zum vollendeten 3. Lebensjahr werden in Krippen versorgt, die Vorschulkinder in Kindergärten und die Schulkinder in Horten und Tagesschulen. Für nicht schulpflichtige Kinder ist bei Schichtarbeit der Eltern die Unterbringung in einer Wocheneinrichtung möglich, in der die Kinder auch während der Nacht bleiben, da sonst durch den wechselnden Dienst der Eltern der regelmäßige Tagesablauf des Kindes gestört wäre.

Alle Eltern bezahlen für die Unterbringung ihrer Kinder in einer der obengenannten Einrichtungen nicht die tatsächlich entstehenden Kosten, sondern im Durchschnitt nur einen Verpflegungszuschuß von 20 MDN. Alle anderen Kosten werden durch staatliche Zuschüsse gedeckt, sie betragen etwa 160 MDN monatlich für jedes Kind.

Alle Einrichtungen werden laufend ärztlich überwacht, die Entwicklung der Kinder
(49) in körperlicher und geistiger Hinsicht wird kontrolliert.

Probleme der Entwicklung der Erdbevölkerung

Die Bevölkerungszahl der Erde ist eine sehr veränderliche Größe. Ihre unablässige Veränderung erfolgt durch Geburt und Tod. Gegenwärtig beträgt der Geburtenüberschuß im Weltmaßstab etwa 50 Millionen Menschen jährlich. Täglich werden auf der ganzen Erde etwa 270 000 Menschen geboren, während 135 000 sterben. Alle 2 Sekunden wächst die Erdbevölkerung um 3 Menschen. Dieser Bevölkerungszuwachs ist schon seit einigen Jahrhunderten zu beobachten, er wird auch in den kommenden Jahrzehnten noch anhalten, ja sogar zunächst noch zunehmen. In den letzten 300 Jahren hat sich die Erdbevölkerung verfünffacht. 1650 betrug die Gesamtzahl der Erdbevölkerung schätzungsweise 545 Millionen, 1800 etwa 960 Millionen, 1900 bereits 1,608 Milliarden, 1950 waren es 2,483 Milliarden. Für 1960 werden 2,96 Milliarden angegeben, für das Jahr 2000 rechnet man mit 5,8 Milliarden Menschen auf der Erde. Die Erdbevölkerung verdoppelt sich also in immer geringeren Zeiträumen. Das ist vor allem auf die Fortschritte der Medizin, aber auch auf die Verbesserung der sozialen Verhältnisse zurückzuführen. Die Folge davon ist ein deutlich spürbarer Rückgang der Sterblichkeit. Das durchschnittliche Lebensalter ist wesentlich gestiegen. So beträgt die Lebenserwartung, also die Zeit, die ein heute in der DDR geborenes Kind durchschnittlich leben wird, beim Mann etwa 68, bei der Frau etwa 73 Jahre. Noch im Jahre 1870 betrug die Lebenserwartung in Deutschland für ein Neugeborenes 35,2 Jahre beim Mann und 38 Jahre bei der Frau. Senkung der Säuglingssterblichkeit, erfolgreiche Seuchenbekämpfung, Erkennen der Krankheitsursachen (Avitaminosen, Diabetes), Fortschritte in der Chirurgie und bei der Herstellung von Medikamenten sind einige Ursachen für diese Erfolge. Daß aber die Gesellschaftsordnung an der Bevölkerungsentwicklung wesentlichen Anteil hat, zeigen einige Zahlen aus Ländern, die jahrzehnte- oder jahrhundertelang in kolonialer Abhängigkeit leben mußten und in denen die Folgen dieser Zeit heute noch nicht überwunden sind. So betrug die durchschnittliche Lebenserwartung in Indien 1930 noch 27 Jahre! 1943 starben in den britischen Provinzen Indiens eine halbe Million Menschen an Cholera. 1946 gingen allein in Bombay 3405 Menschen an der Pest zu-

grunde, 8000 waren an Pocken erkrankt. Im gleichen Jahr starb durch Not und Hunger unter den indischen Kulis in jeder Minute ein Mensch an Tuberkulose. Die Bemühungen in den Ländern, die ihre politische Unabhängigkeit erreicht haben, um eine Verbesserung des Lebensstandards und der gesundheitlichen Betreuung ihrer Bevölkerung werden in den nächsten Jahrzehnten wesentlich zum Bevölkerungszuwachs der Erde beitragen.

Verschiedentlich wird in kapitalistischen Ländern in diesem Zusammenhang von der Gefahr einer Übervölkerung der Erde gesprochen, die eine Zunahme der Arbeitslosen, der Hungernden, also der Elenden zur Folge haben müßte. Solche Gedanken wurden bereits im vorigen Jahrhundert von THOMAS ROBERT MALTHUS (1766 bis 1834), einem englischen Geistlichen, geäußert. Er entwickelte eine unwissenschaftliche Bevölkerungstheorie, nach der die wachsende Verelendung der Werktätigen im Kapitalismus nicht durch die herrschenden sozialökonomischen Verhältnisse, sondern ausschließlich durch natürliche Ursachen bedingt sei. Er behauptete, daß sich die Menschen schneller (in geometrischer Reihe) als die Produktion von Nahrungsmitteln (in arithmetischer Reihe) vermehren. Dabei stützt er sich auf ein damals aufgestelltes Gesetz über den abnehmenden Bodenertrag. MALTHUS propagierte deshalb eine rigorose Geburtenbeschränkung bei den werktätigen Schichten. Als geeignete Mittel zur Herstellung einer Übereinstimmung von Bevölkerungszahl und vorhandenen Existenzmitteln nennt er geschlechtliche Enthaltsamkeit, Einschränkung der Armenunterstützung, Elend, Seuchen und Krieg. In neuerer Zeit werden die Ideen von MALTHUS als Neomalthusianismus vor allem in Amerika stark propagiert. Einer seiner eifrigsten Verfechter, der Amerikaner W. VOGT, behauptet: „Es gibt zuviel Menschen in der Welt, als daß ihnen die beschränkten Nahrungsquellen einen hohen Lebensstandard zu bieten vermöchten." Und an anderer Stelle: „Der moderne ärztliche Beruf ... glaubt weiterhin, es sei seine Pflicht, so viele Menschen wie möglich am Leben zu erhalten. ... So wird die Katastrophe vorbereitet."

Auf diese Weise sollen die wahren Ursachen für Kriege und Krisen, für das soziale Elend großer Teile des Proletariats in den kapitalistischen Ländern verschleiert werden. In Wirklichkeit entbehren diese Theorien jeglicher wissenschaftlichen Grundlage. Nach J. D. CASTRO, Vertreter des Exekutivkomitees der Lebensmittel- und Landwirtschaftsorganisationen der Vereinten Nationen (FAO), werden „von 50 % der Erdoberfläche, die bebaut werden können, nur 10 % genutzt". Bei Anwendung der herkömmlichen Methoden der Landwirtschaft könnten nach vorsichtigen Schätzungen bereits jetzt 10 Milliarden Menschen auf der Erde ernährt werden. Dabei ist unberücksichtigt, daß auch diese Methoden ständig weiterentwickelt und verbessert werden. Wissenschaftler haben errechnet, daß der Bevölkerungszuwachs nicht unendlich so weiter geht, da ein Unterschreiten der gegenwärtig niedrigsten Sterblichkeit (Sowjetunion 7 von 1000 Einwohnern im Jahr) insgesamt kaum zu erwarten ist. Das Ansteigen der sozialen Bedürfnisse der Menschen, die Verlängerung der Ausbildungszeit und die damit verbundene spätere Familiengründung, die allgemeine Verbreitung von Kenntnissen über die Möglichkeiten der Schwangerschaftsverhütung, das verantwortungsbewußte Verhalten der Geschlechter zueinander wird auch zu einer Verringerung der Geburtszahlen führen, so daß sich allmählich ein Gleichgewicht einstellen wird.

Daß die Zunahme der Bevölkerung zugleich auch mit einer Erhöhung des Lebensstandards einhergehen kann, wenn die richtigen gesellschaftlichen Bedingungen geschaffen werden, beweisen die sozialistischen Länder. So hat beispielsweise die Bevölkerung der Sowjetunion von der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution bis zum Jahre 1966 (am 1. 7. 1966 lebten in der SU 233,2 Millionen Menschen) um 70,2 Millio-

nen zugenommen, in knapp 50 Jahren also um über 40 %. Zugleich ist eine für alle sichtbare enorme Erhöhung des Lebensstandards erfolgt, soziale Sicherheit für alle Bevölkerungsschichten garantiert. Die Sowjetunion ist ein hochentwickelter Industriestaat mit modernen Produktionsverfahren ohne Krisenerscheinungen, ohne Arbeitslosigkeit. Ähnliche Beispiele lassen sich aus allen sozialistischen Ländern anführen. Das alles widerlegt die unwissenschaftlichen Theorien des Neomalthusianismus und das Gerede von der Gefahr der Übervölkerung der Erde, aus der die Kapitalisten die Notwendigkeit einer Dezimierung der Erdbevölkerung durch Kriege, durch Verhinderung der Fortpflanzung niederer Bevölkerungsschichten und „minderwertiger" Rassen ableiten. Es besteht keine Gefahr, daß die Erde für die Menschheit zu klein wird, daß die Menschen verhungern müssen.

Die einzige wirkliche Gefahr für den Fortbestand der Menschheit ist die der atomaren Vernichtung. Die weltweiten Bemühungen um Nichtweiterverbreitung bzw. Vernichtung von Kernwaffen und um Abrüstung, die Nutzung friedlicher Zusammenarbeit der Wissenschaftler und Techniker in der Welt werden mit dazu beitragen, diese Gefahr zu bannen und allen Menschen ein menschenwürdiges Dasein zu ermöglichen.

Einige bedeutende Wissenschaftler

Zur raschen Entwicklung auf dem Gebiete der Hygiene, Bakteriologie und Serologie seit der Mitte des 19. Jahrhunderts haben neben anderen Wissenschaften (Chemie, Physik) und der Vervollkommnung der technischen Mittel (optische Geräte u. a.) viele Mediziner und Biologen wesentlich beigetragen. Im folgenden sollen einige von ihnen vorgestellt werden.

Emil von Behring (1854 bis 1917), Schüler von Robert Koch, später Professor der Bakteriologie in Marburg. Behring entdeckte 1890 das Diphtherieheilserum und wurde damit zum Begründer der Serumtherapie (passive Immunisierung).
Er entwickelte außerdem noch andere Verfahren der Serumtherapie und Vakzination gegen Infektionskrankheiten. 1901 erhielt er als erster den Nobelpreis für Medizin.

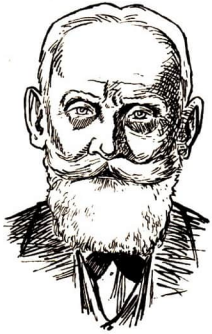
Albert Calmette (1863 bis 1933), Schüler von Pasteur. Französischer Arzt und Bakteriologe, Professor, Direktor des Pasteur-Instituts in Saigon und Lille, später in Paris. Calmette entwickelte 1926 zusammen mit Professor Guérin einen Impfstoff gegen die Tuberkulose. Aus Kulturen von Bakterium Calmette-Guérin wird unter staatlicher Kontrolle der BCG-Impfstoff gewonnen, der zur Bildung von Abwehrstoffen gegen Tbk unter die Haut gespritzt wird. Calmette entwickelte außerdem ein nach ihm benanntes Serum gegen Schlangengift.

Jean-Marie Camille Guérin (1862 bis 1961), Professor der Bakteriologie. GUÉRIN war Leiter des Pasteur-Instituts in Paris und entwickelte zusammen mit Professor CALMETTE den BCG-Impfstoff gegen die Tuberkulose.

Edward Jenner (1749 bis 1823), englischer Landarzt. JENNER entdeckte, daß eine Kuhpockeninfektion die davon Betroffenen vor einer echten Pockenerkrankung schützt. Aus dieser Erkenntnis heraus entwickelte er die Pockenschutzimpfung (1796), die erste auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Schutzimpfung gegen Infektionskrankheiten.

Robert Koch (1843 bis 1910), Arzt und bedeutender Bakteriologe. KOCH schuf die noch heute gültigen Grundlagen der experimentellen medizinischen Bakteriologie (Fixierung und Photographie des gefärbten Erregers, seine Reinzüchtung auf festen Nährböden und Tierversuche zum Nachweis der krankheitserregenden Eigenschaft des reingezüchteten Bakteriums). KOCH entdeckte 1876 die Sporenbildung des Milzbrandbazillus und klärte damit die Übertragung des Milzbrandes. 1882 gelang ihm die Entdeckung des Tuberkulosebakteriums und 1883 die des Choleraerregers. – 1885 war KOCH Professor der Hygiene an der Universität Berlin, ab 1891 leitete er als Direktor das später nach ihm benannte Institut für Infektionskrankheiten an der Charité in Berlin. 1905 erhielt KOCH den Nobelpreis für Medizin.

Karl Landsteiner (1868 bis 1943), österreichischer Hygieniker und Pathologe in Wien, Den Haag und New York. LANDSTEINER führte Untersuchungen über die Agglutination des Blutes durch und entdeckte dabei die Blutgruppen des Menschen (A, B, 0 um 1900; mit LEVINE 1927 die Eigenschaften M, N und P; mit WIENER 1940 das Rh-System). Er begründete damit die heutige Blutgruppenlehre. Er arbeitete auch an der Erforschung der Kinderlähmung und deren Erreger (Übertragung auf Affen). 1930 erhielt LANDSTEINER den Nobelpreis für Medizin.



Iwan Petrowitsch Pawlow (1848 bis 1936), russischer Physiologe, 1890 zum Professor ernannt. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts widmete sich PAWLOW fast ausschließlich und mit großem Erfolg der Erforschung der höheren Nerventätigkeit (Begründer der Lehre von den bedingten Reflexen). Für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Verdauungsphysiologie erhielt er 1904 den Nobelpreis.

Louis Pasteur (1822 bis 1895), bedeutender Chemiker, bahnbrechend auf dem Gebiet der Bakteriologie und angewandten Immunologie tätig. PASTEUR kann als Begründer der wissenschaftlichen Mikrobiologie angesehen werden (etwa 1860). Er war Professor der Physik in Dijon und der Chemie in Straßburg, Lille und Paris. PASTEUR widerlegte endgültig die Theorie von der Urzeugung, führte Gärung und Fäulnis auf Mikrobeneinwirkung zurück. Auf chemischem Gebiet begründete er die Lehre von der optischen Aktivität und der Asymmetrie der C-Atome. Später arbeitete er erfolgreich an der Schutzimpfung und Heilimpfung mit abgeschwächten Bakterien und Viren bzw. Immunseren (Milzbrand und Tollwutimpfung).

Albert B. Sabin (geb. 26. 8. 1906), amerikanischer Virologe (Universität Cincinnati). Dr. SABIN wurde durch seine Forschungen auf dem Gebiet der spinalen Kinderlähmung (Poliomyelitis) bekannt; er entwickelte eine neue Impfmethode gegen Kinderlähmung (orale Immunisierung mit lebenden virulenzgeschwächten Polio-Viren).

Michael P. Tschumakow (geb. 14. 11. 1909), Direktor des Instituts zur Bekämpfung der Kinderlähmung in der UdSSR, entwickelte die Sabinsche orale Impfmethode mit Poliomyelitis-Lebend-Vakzine weiter.

Aufgaben und Fragen

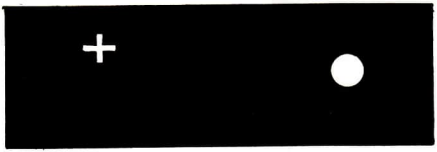
1. Vergleichen Sie anhand der Abbildung die tierische und die pflanzliche Zelle! Welche Unterschiede und welche Übereinstimmungen stellen Sie fest?
2. Führen Sie den Versuch 1 nach der Anleitung auf Seite 123 aus! Fertigen Sie ein Protokoll über den Versuchsablauf an!
3. Führen Sie nach der Anleitung auf Seite 123 den Versuch 2 durch! Fertigen Sie ein Protokoll an!
4. Führen Sie nach der Anleitung auf Seite 123 den Versuch 3 durch! Fertigen Sie ein Protokoll an!
5. Notieren Sie sorgfältig die Nahrungsmittel, die Sie an einem bestimmten Tag zu sich genommen haben! Versuchen Sie mit Hilfe der Tabelle auf Seite 20 f. festzustellen, welche Mengen an tierischen und pflanzlichen Eiweißen und Fetten, Kohlenhydraten, Vitaminen und Kalzium Sie aufgenommen haben! Wie viele kcal wurden damit dem Körper zugeführt? Vergleichen Sie die ermittelten Werte mit den Bedarfszahlen! Bewerten Sie Ihre Ernährung an diesem Tag!
6. Überprüfen Sie Ihren Speiseplan einer Woche darauf, ob Sie Ihrem Körper die erforderliche Menge an Vitaminen durch entsprechende Zubereitung und Zusammenstellung der Nahrung zugeführt haben!
7. Stellen Sie fest, wieviel Verkehrsunfälle im letzten Vierteljahr in Ihrer Stadt (in Ihrem Kreis) vorkamen! Wie viele davon wurden von Verkehrsteilnehmern unter Alkoholeinfluß verursacht? Wie hoch ist der dadurch entstehende volkswirtschaftliche Schaden (einschl. Arbeitsausfall)?
8. Führen Sie nach der Anleitung auf Seite 123 f. den Versuch 4 durch! Fertigen Sie ein Versuchsprotokoll an!
9. Führen Sie nach der Anleitung auf Seite 124 den Versuch 5 durch und protokollieren Sie den Versuchsablauf und das Ergebnis!
10. Zählen Sie Ihre Atemzüge in der Minute in Ruhe und nach 20 Kniebeugen!
11. Messen Sie den Brustumfang eines Mitschülers beim Ein- und Ausatmen bei normalen und bei besonders tiefen Atemzügen, bei gerader und bei gekrümmter Haltung des Körpers! Was stellen Sie fest? Begründen Sie Ihre Feststellungen!
12. Nennen Sie wichtige Regeln und Maßnahmen für die Vermeidung von Infektionen der Atmungsorgane!
13. Stellen Sie anhand der Tabelle fest, wann die Anzahl der Todesfälle an Tbk besonders groß bzw. besonders gering war! Worin liegen Ihres Erachtens die Ursachen dieser Erscheinung?
14. Stellen Sie ein Übertragungsschema für die Blutübertragung auf, aus dem deutlich hervorgeht, welche Blutgruppen untereinander übertragbar sind!

15. Stellen Sie fest, wo sich in Ihrem Bezirk die Blutspendezentrale befindet, und erkundigen Sie sich, wie sie arbeitet!
16. Erläutern Sie das Prinzip der Herztätigkeit und die Wirkungsweise des Herzens!
17. Begründen Sie das Sprichwort „Ein voller Bauch studiert nicht gern" aus Ihrer Kenntnis der Regulierung des Blutstromes im Körper!
18. Fertigen Sie eine schematische Darstellung des Blutkreislaufes an! Begründen Sie, weshalb man beim Menschen von einem doppelten Kreislauf spricht!
19. Sauerstoffreiches Blut wird auch als arterielles, kohlendioxidreiches als venöses Blut bezeichnet! Geben Sie an, ob tatsächlich alle Venen venöses bzw. alle Arterien arterielles Blut führen!
20. Erläutern Sie die Bedeutung des Pausensports (der Ausgleichsgymnastik) für die Gesunderhaltung der Menschen!
21. Sitzen oder liegen Sie eine Weile still, zählen Sie danach Ihre Pulsschläge in einer Minute! Führen Sie 20 Kniebeugen aus! Zählen Sie danach wieder den Puls! Zählen Sie im Abstand von 3 Minuten so lange, bis der Ruhepuls wieder erreicht ist! Wieviel Zeit ist vergangen?
22. Erläutern Sie, warum bei Venenblutungen zwischen Körper und Wunde, bei Arterienblutungen zwischen Herz und Wunde der Blutstrom unterbrochen werden muß!
23. Betrachten Sie die Abbildung eines Querschnittes durch die Haut! Kennzeichnen Sie die 3 Schichten und erläutern Sie deren Funktion!
24. Übergießen Sie die Haut Ihres Handrückens mit Wasser! Was beobachten Sie? Begründen Sie ihre Beobachtung!
25. Führen Sie nach der Anleitung auf Seite 124 den Versuch 7 durch! Erläutern Sie das Ergebnis!
26. Erläutern Sie, an welchen Körperstellen Schweißdrüsen besonders gehäuft auftreten! Versuchen Sie diese Tatsache zu begründen!
27. Prüfen Sie an verschiedenen Körperstellen (z. B. Fingerbeere, Handfläche, Fußsohle), bei welchem Abstand die Spitzen eines stumpfen Stechzirkels gerade noch als zwei Berührungsreize der Haut empfunden werden! Begründen Sie Ihre Feststellungen!
28. Tauchen Sie Ihre rechte Hand einige Minuten in heißes, Ihre linke Hand zur gleichen Zeit in kaltes Wasser! Tauchen Sie dann beide Hände gleichzeitig in lauwarmes Wasser! Was stellen Sie im Augenblick des Eintauchens fest? Begründen Sie Ihre Feststellung!
29. Geben Sie eine Übersicht über die Stoffe, die vom Menschen aufgenommen werden, und erläutern Sie, welche Organsysteme in welcher Weise an der Stoffaufnahme beteiligt sind!

Organsystem	Aufgenommener Stoff	Art der Aufnahme

30. Erläutern Sie die Transportfunktion des Blutes im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel!

31. Stellen Sie eine Übersicht über die an der Stoffabgabe beteiligten Organsysteme zusammen! Erläutern Sie, aus welchen aufgenommenen Stoffen die verschiedenen abgegebenen Stoffe entstanden!
32. Erläutern Sie den Begriff Stoffwechsel!
33. Stellen Sie die wesentlichen Unterschiede bei der autotrophen und der heterotrophen Lebensweise der Organismen heraus!
Begründen Sie, daß die autotrophen Organismen den Fortbestand allen Lebens auf der Erde sichern!
34. Erklären Sie mit Hilfe einfacher Schemadarstellungen den chemischen Aufbau der Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße!
35. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen dem Abbau der Nährstoffe im Organismus und der Energiegewinnung!
36. Welche Vorgänge spielen sich bei der Zellatmung ab?
37. Erläutern Sie, welche Forderungen für die Gestaltung Ihrer Lebensgewohnheiten (Tagesablauf, Ernährung, Erholung) sich aus der Kenntnis der Stoffwechselvorgänge ergeben!
38. Führen Sie den Versuch 8 (Anleitung S. 124) durch! Erläutern Sie anhand der Versuchsergebnisse die Funktion der verschiedenen Bestandteile des Knochens!
39. Geben Sie einen Überblick über das Skelett des Menschen!
40. Vergleichen Sie den Bau des Skeletts von Arm und Bein des Menschen! Welche Unterschiede und welche Übereinstimmungen stellen Sie fest? Begründen Sie Ihre Feststellungen!
41. Suchen Sie Beispiele für die verschiedenen Gelenkformen an Ihrem Körper! Beobachten Sie die Bewegbarkeit der Gelenke! Erläutern Sie diese!
42. Sezieren Sie ein Rinderauge! Bestimmen Sie die einzelnen Teile! (Anleitung S. 125)
43. Betrachten Sie einen Gegenstand mit beiden Augen! Drücken Sie mit dem Finger seitlich leicht gegen einen Augapfel! Wie verändert sich das Bild? Erklären Sie Ihre Feststellung!
44. Schließen Sie das linke Auge und blicken Sie mit dem rechten auf das weiße Kreuz! Nähern Sie das Buch den Augen, bis der weiße Fleck verschwindet (etwa im Abstand von 15 cm)! Begründen Sie diese Erscheinung!



45. Lassen Sie einen Mitschüler für einige Sekunden beide Augen mit den Händen bedecken! Betrachten Sie die Pupille, wenn er die Hände wegnimmt! Lassen Sie ihn danach einige Sekunden eine Lichtquelle (Taschenlampe) ansehen! Betrachten Sie abermals die Pupille! Was stellen Sie fest? Begründen Sie!
46. Erläutern Sie die Ursachen der verschiedenen Sehfehler, die beim Menschen auftreten können!
47. Prüfen Sie mit Hilfe eines feinen sauberen Pinsels und wäßriger Lösungen von Natriumchlorid, Zucker, Speiseessig und Bittersalz die Empfindlichkeit der ver-

schiedenen Zungenbereiche! Stellen Sie fest, ob alle Geschmacksqualitäten überall empfunden werden!

48. Nennen Sie Beispiele für geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung bei Pflanzen und Tieren!
49. Geben Sie einen Überblick über die Maßnahmen unseres Staates zum Schutz von Mutter und Kind! Informieren Sie sich über deren gesetzliche Grundlagen!
50. Begründen Sie die Unhaltbarkeit der Theorien von der Gefahr einer Übervölkerung der Erde! Nennen Sie einige der wirklichen Ursachen für die Tatsache, daß heute noch täglich Menschen verhungern, daß gegenwärtig etwa zwei Drittel der Erdbevölkerung keine ausreichende Ernährung haben!

Anleitungen für Versuche und Sektionen

Nachweis des Traubenzuckers nach Fehling 1

Untersuchungsmaterial: 10 %ige Glukoselösung
Geräte und Reagenzien: Reagenzgläser, Spiritus- oder Bunsenbrenner, Reagenzglashalter
Durchführung: Wir mischen gleiche Teile Fehling I und Fehling II (zusammen etwa 4 ml), so daß eine klare, tiefblaue Lösung entsteht. Dieser Lösung fügen wir 2 ml 10 %ige Glukoselösung hinzu und erhitzen unter Schütteln bis zum Sieden.
Ergebnis: Es bildet sich ein orangefarbener Niederschlag.

Eiweißnachweis mit Xanthoprotein 2

Untersuchungsmaterial: weiße Feder oder weiße Schafwolle, hartgekochtes Eiklar
Geräte und Reagenzien: Reagenzgläser, Glasstab, Spritzflasche mit Wasser, Brenner, Salpetersäure (konzentriert), Ammoniaklösung (10 %ig)
Durchführung: Mit Hilfe eines Glasstabes geben wir in ein Reagenzglas eine kleine Menge weißer Federn oder weißer Schafwolle, in ein zweites hartgekochtes Eiklar. Wir übergießen das Untersuchungsmaterial mit 2 ml konzentrierter Salpetersäure und erwärmen leicht. Nach etwa 2 Minuten gießen wir die Säure ab und spülen das Untersuchungsmaterial mit Wasser. Dann versetzen wir beide Proben mit je 3 ml Ammoniaklösung.
Ergebnis: Das im Untersuchungsmaterial enthaltene Eiweiß nimmt eine intensiv gelbe Farbe an.

Fettnachweis mit der Fettfleckprobe 3

Untersuchungsmaterial: fetthaltige Pflanzensamen (Mohn, Raps), Speiseöl
Geräte und Reagenzien: Filtrierpapier, Glasstab
Durchführung: Mohn- oder Rapssamen werden zwischen zwei Stückchen Filtrierpapier gelegt und dann zwischen Daumen und Zeigefinger zerquetscht.
Ergebnis: Die fetthaltigen Samen ergeben einen deutlichen Fettfleck. Zum Vergleich kann mit dem Glasstab ein Tropfen käuflichen Speiseöls auf das Filtrierpapier gebracht werden.

Stärkespaltung durch Mundspeichel 4

Untersuchungsmaterial: Brotstücke
Geräte und Reagenzien: Reagenzgläser, Mörser mit Pistill, Spritzflasche mit destilliertem Wasser, Jodkaliumjodidlösung in Tropfflasche, Fehling I und Fehling II.

Durchführung: Ein Brotstückchen wird mit Jodkaliumjodidlösung betropft, eine tiefblaue Färbung zeigt Stärke an.
Ein anderes Brotstückchen wird etwa 5 Minuten lang gut durchgekaut und dann in den Mörser gebracht. Es wird mit etwas destilliertem Wasser versetzt und gut durchgemischt. Danach lassen wir den Mörser einige Minuten ruhig stehen und gießen anschließend den Überstand ab. Ein Teil des Überstandes wird mit Jodkaliumjodidlösung auf Stärke geprüft. Bei genügender Durchspeichelung fällt diese Probe negativ aus. Der Rest des Überstandes wird nach Versuch 1 mit Fehlingscher Lösung auf Glukose untersucht. Die Probe fällt in der Regel positiv aus.
Ergebnis: Durch den Mundspeichel wird die im Brot enthaltene Stärke in Traubenzucker (Glukose) zerlegt.

Eiweißspaltung durch Pepsin

5 ▼ Untersuchungsmaterial: Fibrin (aus Blut von Schlachttieren) oder Fischfleisch
Geräte und Reagenzien: 3 Reagenzgläser, 1 Becherglas (600 ml), Brenner, Dreifuß, Asbestdrahtnetz, Thermometer, Fettstift, Salzsäure (0,2 %ig), Pepsinlösung (1 %ig), destilliertes Wasser.
Durchführung: Drei Reagenzgläser werden mit Fettstift numeriert (I, II, III). In jedes Glas bringen wir etwa gleiche Mengen Fibrin oder Fischfleisch. In Glas I gießen wir 1 ml Pepsinlösung und 10 ml destilliertes Wasser, in Glas II 10 ml 0,2 %ige Salzsäure, in Glas III 1 ml Pepsinlösung und 10 ml 0,2 %ige Salzsäure. Alle 3 Gläser werden im Wasserbad (Becherglas) etwa 1 Stunde bei 37 °C gehalten.
Ergebnis: Das Fibrin in Glas I bleibt unverändert, in Glas II quillt es, in Glas III wird es langsam kleiner und verschwindet schließlich ganz. Das Pepsin ist in wäßriger Lösung allein unwirksam. In Salzsäure quellen die Eiweiße lediglich auf. Erst beim Zusammenwirken von Pepsin und Salzsäure werden die Eiweiße abgebaut.

Fettemulgierung durch Gallensaft

6 ▼ Untersuchungsmaterial: Pflanzenöl, Gallensaft (frisch oder getrocknet)
Geräte und Reagenzien: Reagenzgläser im Ständer, Spritzflasche mit destilliertem Wasser
Durchführung: Gießen Sie in 2 Reagenzgläser je eine geringe Menge Pflanzenöl und füllen Sie bis zur Hälfte mit destilliertem Wasser auf! Setzen Sie einem der beiden Gläser etwas Gallensaft zu! Schütteln Sie anschließend beide Gläser kräftig!
Ergebnis: Beobachten Sie anschließend das Verhalten der beiden Flüssigkeiten! Leiten Sie aus Ihrer Beobachtung die Wirkung des Gallensaftes bei der Fettverdauung ab!

Wasserabgabe durch die Haut des Menschen

7 ▼ Geräte und Reagenzien: trockenes Becherglas (etwa 600 ml), trockenes Tuch
Durchführung: Eine Hand wird so in das Glas geführt, daß dieses weder innen noch außen berührt wird. Die Öffnung zwischen Glasrand und Handgelenk wird durch das Tuch verschlossen. Beobachten Sie die Innenwand des Glases! Was stellen Sie fest? Begründen Sie Ihre Beobachtung!

Nachweis der organischen und der anorganischen Bestandteile des Knochens

8 ▼ Untersuchungsmaterial: einige kleine, möglichst entfettete Röhrenknochen von Kaninchen oder Geflügel

Geräte und Reagenzien: Becherglas (200 ml), Brenner, Dreifuß, Asbestdrahtnetz; Kalilauge (5 %ig), Salzsäure (5 %ig)
Durchführung:

a) Entfetten des Knochens. Die von Fleisch- und Hautresten sorgfältig gereinigten Knochen werden 5 bis 10 Minuten in 5 %iger Kalilauge gekocht. Danach wird die Kalilauge vorsichtig abgegossen, die Knochen sind gründlich unter fließendem Wasser zu waschen.
b) Kalziumnachweis: Ein entfetteter Knochen wird in einem Becherglas mit 5 %iger Salzsäure übergossen und so lange stehengelassen, bis die Gasentwicklung aufhört. Dann ist die Salzsäure abzugießen und frische nachzufüllen. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis bei Zugabe frischer Salzsäure keine Gasentwicklung mehr auftritt. Danach wird der Knochen sorgfältig unter fließendem Wasser ausgewaschen.
   Ergebnis: Der Knochen behält seine Form, hat aber seine Festigkeit verloren. Er ist stark biegbar.
c) Nachweis der organischen Substanz. Ein entfetteter Knochen wird auf dem Asbestdrahtnetz über starker Flamme etwa 10 Minuten stark erhitzt (unter dem Abzug arbeiten oder für gute Durchlüftung des Raumes sorgen!).
   Der entstehende brenzliche Geruch läßt darauf schließen, daß organische Substanzen verbrennen.
   Ergebnis: Der abgekühlte Knochen hat zunächst noch seine ursprüngliche Form, seine Oberfläche ist porös. Beim Versuch, ihn zu biegen, zerbricht er.
   Erklären Sie mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse die Bedeutung der organischen und der anorganischen Bestandteile des Knochens im Hinblick auf seine Funktion!

Sektion eines Rinderauges 9

Untersuchungsmaterial: möglichst frische Kalbs- oder Rinderaugen
Geräte und Reagenzien: Sezierschale, Seziernadeln, scharfes Messer oder Skalpell, Zeichenpapier, gut gespitzte Bleistifte; 1 %ige Natriumchloridlösung
Durchführung: Ein frisches Rinderauge wird sorgfältig von etwa noch anhaftenden Teilen (Lider, Augenmuskeln) befreit, der dicke Sehnerv wird nicht entfernt. Danach zerlegen Sie das Auge durch einen Schnitt mit dem scharfen Messer in seine vordere und hintere Hälfte. Vergleichen Sie die Wandung mit der Abbildung auf Seite 77! Benennen Sie die einzelnen Schichten (Augenhäute)!
Nehmen Sie aus beiden Hälften den Glaskörper heraus! Lösen Sie die Netzhaut ab! Suchen Sie auf der hinteren Augenwand die Eintrittsstelle des Sehnervs und beachten Sie, wie sich die Blutgefäße verteilen! Nehmen Sie aus der vorderen Augenhälfte anschließend die Linse heraus! Stechen Sie sie mit einer Seziernadel an! Betrachten Sie die austretende Flüssigkeit! Tasten Sie die Linse nach ihrem festen Kern ab! Führen Sie nun einen Schnitt durch die vordere Augenhälfte, der genau durch die Pupille geht! Betrachten Sie die so entstandenen Teile! Achten Sie vor allem auf die Stärke der Hornhaut und die Größe der vorderen Augenkammer!
Zeichnen Sie die wichtigsten Phasen der Sektion sorgfältig auf!

Register

Adaptation 79
Akkommodation 77, 78*, 79
Aminogruppen 12
Aminosäuren 13, 19, 31 f.
Ammoniak 17, 53
Antitoxin 40
Aorta 46 f.*
Armskelett 69*
Arterie 44*
Atembewegungen 35 f.*
Atemwege 33, 35*
Atmung 15, 33
—, äußere 33
—, innere 33
Auge 75 ff.*
autotrophe Organismen 10

Ballaststoffe 31
Bauchfell 28
Bauchspeicheldrüse 24*, 27*
Baustoffwechsel 15
Becken 68*
Beckengürtel 66*
Befruchtung 106, 107*
Behring, E. 115*
Betriebsstoffwechsel 15
Bewegungsempfindung 83*
Bindegewebe 63, 64*
Biokatalysatoren 17
biologische Oxydation 16 f., 33
Blinddarm 24*, 28, 29*
Blut 38 ff.
Blut, Abwehrreaktionen 40
Blutadern 44*
Blutflüssigkeit 39 f.
Blut, Funktionen 44
Blutgefäße 44*, 46*
Blutgruppen 43*
Blutkörperchen 40*
Blutkreislauf 44 f., 47*
Blutplasma 40
Blutplättchen 38* ff.
Blut, Übertragungsschema 43*
Bronchien 34 f.

Calmette, A. 115*
chemische Sinne 84*

Darm 27*
Darmzotten 28*, 31
Dickdarm 24*, 28, 31
Disacharide 12
Dünndarm 24*, 28*, 31

Eierstöcke 99, 103*
Eileiter 103*, 106
Eiweiße 12, 19, 31 f.
Eizelle 103, 106
Elle 69*
Embryo 108*
Energiebedarf 18
Energiefreisetzung bei der Zellatmung 15
Enzyme 22
Erfrierungen 57
Ergänzungsstoffe 21
Erregung 73 f.
Erregungsleitung 73 f.
Erste Hilfe 48 f.*, 70
Erythrozyten 38 ff.

Fette 14, 19, 31 f.
Fettgewebe 64*
Fettsäuren 19, 31 f.
Fermente 17
Fibrillen 60
Furchung 106

Gallenblase 24*
Gasaustausch 36
Gebärmutterkrebs 106
Geburt 109*
Gehirn 87*
Gehirnnerven 89
Gelbkörperhormon 104, 109
Gelenk 70, 71*, 72
Genußmittel 23
Gesamtumsatz 18
Geschlechtskrankheiten 106
Gewebe 6
Gewürze 23
Glukose 61*
Glykogen 19, 61
Glyzerin 14, 31 f.
Großhirn 90*, 91 ff.
Grundumsatz 18
Guérin, J.-M. 116*

Haargefäße 44
Hämoglobin 38 f.
Harn 53
harnableitende Organe 52*, 54
Harnbildung 53
Harnorgane 52*, 54
Harnstoff 17, 53
Hauptschlagader 47
Haut 54* ff.
Hemmung 94
Herz 45*, 46
heterotrophe Organismen 10
Hirnschädel 66*
Hoden 98, 105*, 106
Hormondrüsen 98
Hormone 97
Hörvorgang 82
Hypophyse 98 f.*

Immunität 40, 42*
Immunisierung 40
Insulin 27

Jenner, E. 116*

Kalorienbedarf 18
Kalorienverbrauch 18
Kapillargefäße 44*, 47*
Katalysatoren 17, 22
Kehlkopf 33, 34*, 35*
Keimesentwicklung 107 f.*
Knochen 65*
Knochengewebe 64 f.*
Knochenhaut 65
Knorpelgewebe 64*
Koch, R. 116*

Kohlenhydrate 11, 19, 29, 32
Kohlenstoff 8
Kreislauf des Kohlenstoffs 11
Kreislauferkrankungen 48

Lageempfindung 83*
Landsteiner, K. 43, 117*
Langerhanssche Inseln 98
Leber 24*, 27*, 53
Leukozyten 39 f.
Luftröhre 34, 35*
Lungenflügel 34, 35*
Lymphgefäß 28*, 31

Magen 24*, 26*, 30*
Mageninhalt, Schichtung 30*
Magensaft 30
Magenschleimhaut 26*
Malthus, R. 113
Mastdarm 24*, 28, 31
Menstruationszyklus 104*
Merkmale des Lebens 57
Milchsäure 61*
Mineralstoffe 21
Mitochondrien 10
Monosacharide 12, 31
Mundhöhle 24*, 26*, 29
Mundspeichel 32
Muskelarbeit 61*
Muskelfaser 59
Muskelgewebe 59
Muskelkontraktion 62*
Muskulatur 59 f.*
Myofibrillen 59

Nabelschnur 110
Nährstoffe 19
Nase 33
Nebenhoden 104, 105*
Nervenzelle 74*
Niere 52*
Nierenkörperchen 53*

Ohr 81* ff
Organ 7
Organsystem 7

osmotischer Druck 39

Pasteur, L. 117*
Pawlow, I. P. 117*
Pepsin 30, 32
Periost 65
Peristaltik 29
Pfortader 28
Pfortaderkreislauf 48
Pförtner 30*
Photosynthese 10
Pigment 56
Plasma 39
Plastiden 10
Plazenta 107, 110
Polysacharide 29
Propantriol 14*
Protoplasma 50
Puls 46*

Rachenhöhle 24*
Rachenmandel 33
Reflex, unbedingter 110
Regulationssysteme 97
Reiz 73
Reizaufnahme 73
Reizbarkeit 73
Rezeptoren 73
Rh-Faktor 43
rote Blutkörperchen 38*
Röhrenknochen 67
Rübenzucker 19
Rückenmark 86*, 87
Rückenmarksreflex 87

Sabin, A. B. 118*
Samen 105
Samenfaden 104 ff *
Samenleiter 104
Schädel 69*
Schilddrüse 98*
Schlagadern 44*
Schlüsselbein 66*, 69*
Schulterblatt 66*
Sehstörungen 80*, 81
Signalsystem, erstes 93*
—, zweites 93

Skelett 66* f., 70
Speiche 69*
Speicheldrüsen 25*
Speiseröhre 24*, 26*
Stärke 19
Stimmbänder 33
Stoffwechsel 58*
Stützgewebe 63

Tastsinnesorgan 56
Temperatursinnesorgan 56
Tetanus 63
Thrombozyten 39 f.*
Thyroxin 98
Tonus 63
Toxine 40
Traubenzucker 19, 32
Tschumakow, M. P. 117*
Tuberkulose 37

Uterus 99, 103*, 104

Vagusnerv 89
Venen 44*, 47
Verbrennungen 57
Verdauungsorgane 24*
Verdauungsvorgänge 29
Vitamine 21 ff
Vorhöfe 45* f.

Wasser 15, 21, 50
Wirbelsäule 66*, 68*
weiße Blutkörperchen 38* f.
Wurmfortsatz 24*, 28

Zähne 24, 25*
Zellatmung 15
Zellulose 19
Zentralnervensystem 75, 85* ff.
Zusammensetzung der Nahrung 19
Zusammensetzung wichtiger Nahrungsmittel 20
Zwerchfell 24*, 35, 36*
Zwillinge 106
Zwölffingerdarm 24*, 27*

Erläuterungen zu den Abbildungen auf den inneren Umschlagseiten

Vordere innere Umschlagseite

Obere Reihe (von links nach rechts)

Herztätigkeit (demonstriert an der rechten Herzhälfte)

1 Das Blut strömt aus den Venen in den rechten Vorhof ein.

2 Der rechte Vorhof zieht sich zusammen, das Blut wird in die rechte Herzkammer gepreßt.

3 Die rechte Herzkammer zieht sich zusammen. Die Klappe zwischen Vorhof und Herzkammer schließt sich und verhindert ein Zurückfließen des Blutes in den Vorhof. Das Blut wird in die Arterie gedrückt.

4 Das Herz tritt in eine Pause ein. Klappen zwischen der rechten Herzkammer und den Arterien verhindern das Zurückfließen des Blutes. Inzwischen strömt in den rechten Vorhof wieder Blut ein.

Untere Reihe (von links nach rechts)

Entwicklung des Blutkreislaufs bei den Wirbeltieren (vom Fisch bis zu den Säugetieren).

Hintere innere Umschlagseite

Oben (von links nach rechts)

Motorische (rot) und sensorische (blau) Rindenfelder der Großhirnrinde
1 Sprache, 2 Sehen, 3 Hören, 4 Schreiben, 5 Lesen

Senkrechter Schnitt durch die Schädeldecke
1 Schädelkapsel, 2 harte Hirnhaut, 3 Spinnwebhaut, 4 weiche Hirnhaut, 5 graue Substanz, 6 weiße Substanz

Präparat der menschlichen Lunge (Ausschnitt)
Lungenvene (rot), Lungenarterie (blau), Bronchialbaum (grau)
Korrosionspräparat
(Korrosionspräparate sind anatomische Präparate von Hohlorganen. Sie werden gewonnen, indem man die Hohlorgane mit erstarrenden Flüssigkeiten [z. B. Harz-Wachs-Masse] füllt und die umgebenden Teile durch Säuren oder Laugen zerstört, so daß nur die Ausgußformen erhalten bleiben)

Lungenbläschen mit Blutgefäßen (Kapillaren)

Unten (von links nach rechts)

Innere Organe der Brust und Bauchhöhle
Kehlkopf mit Schilddrüse, Lungenflügel, dazwischen Herzbeutel, Leber, Bauchspeicheldrüse, Dünn- und Dickdarm

Hintere Bauchwand mit Harnorganen
Blutgefäße, Nieren mit Nebennieren, Harnleiter, Harnblase

Lungen- und Körperkreislauf (ohne Pfortaderkreislauf)

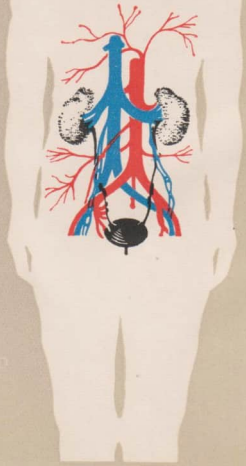
Pfortaderkreislauf
Pfortaderwurzeln, untere Hohlvene und Lebervene (schwarz), Arterien fehlen

Rindenfelder der Großhirnrinde

Schnitt durch die Schädeldecke

Innere Organe

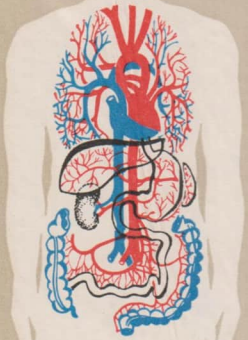
Harnorgane



Menschliche Lunge (Ausschnitt)

Lungenbläschen

Blutkreislauf
(ohne Pfortader)



Pfortaderkreislauf

010953–2 · 3,–