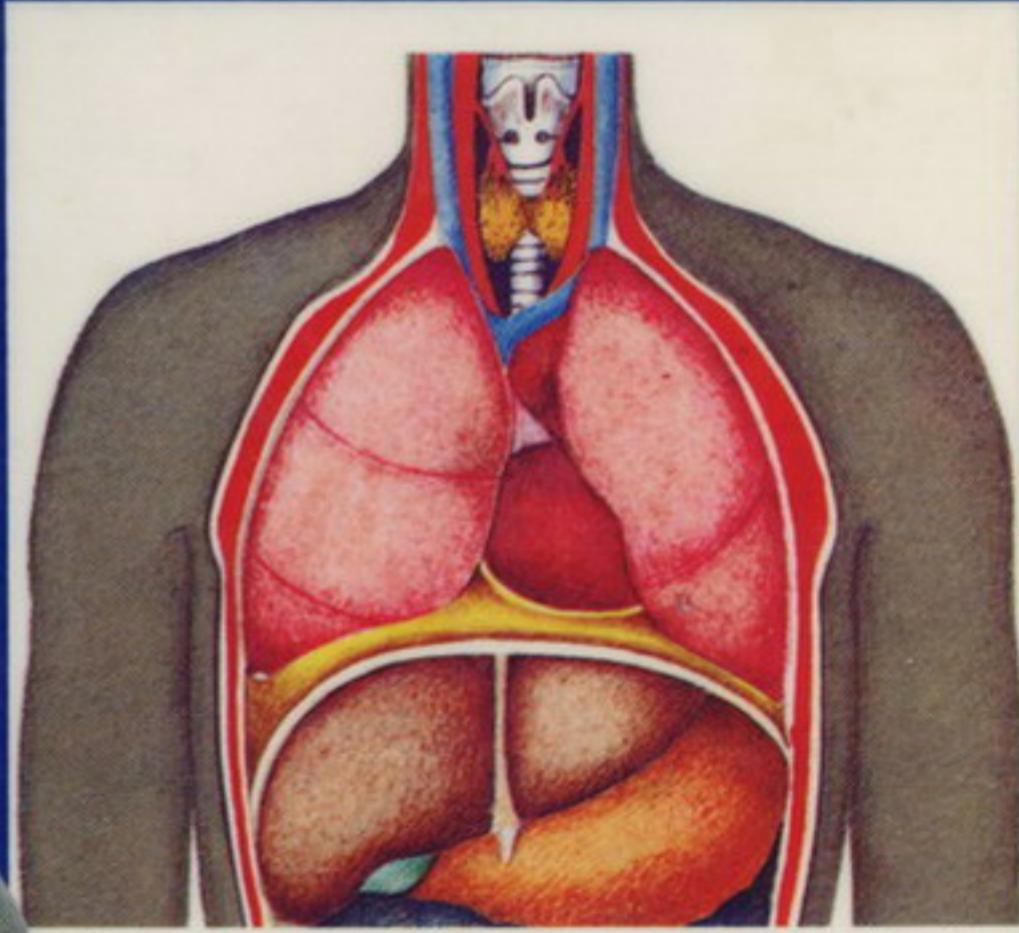
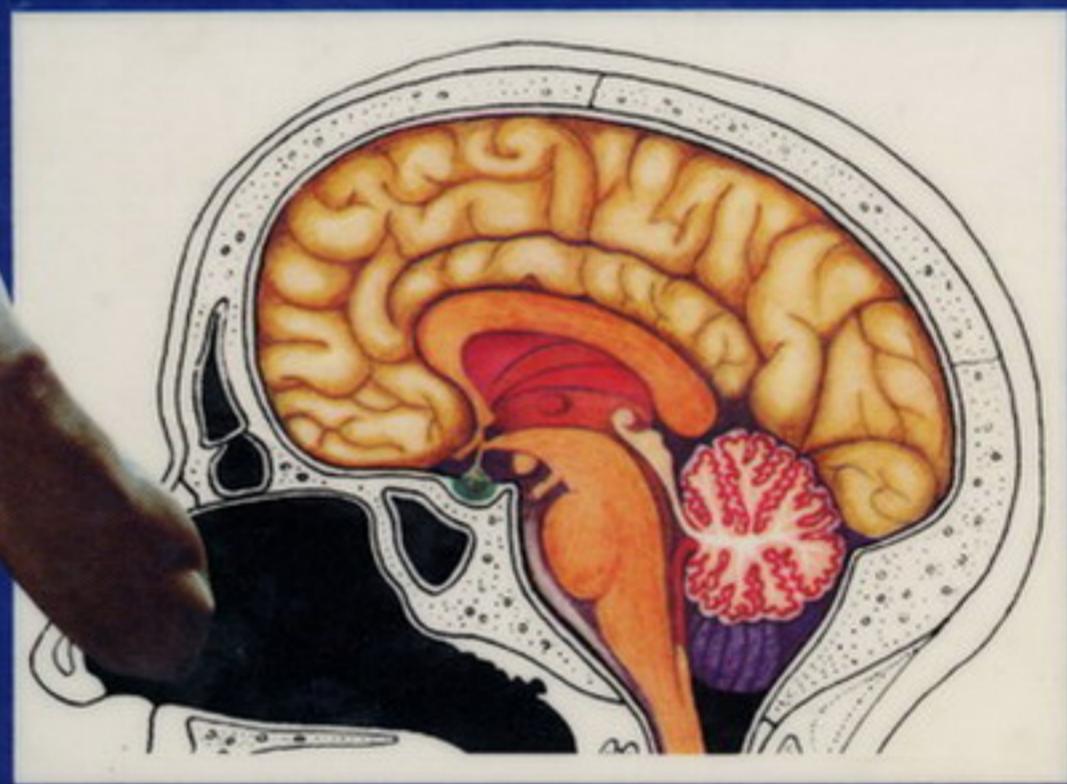
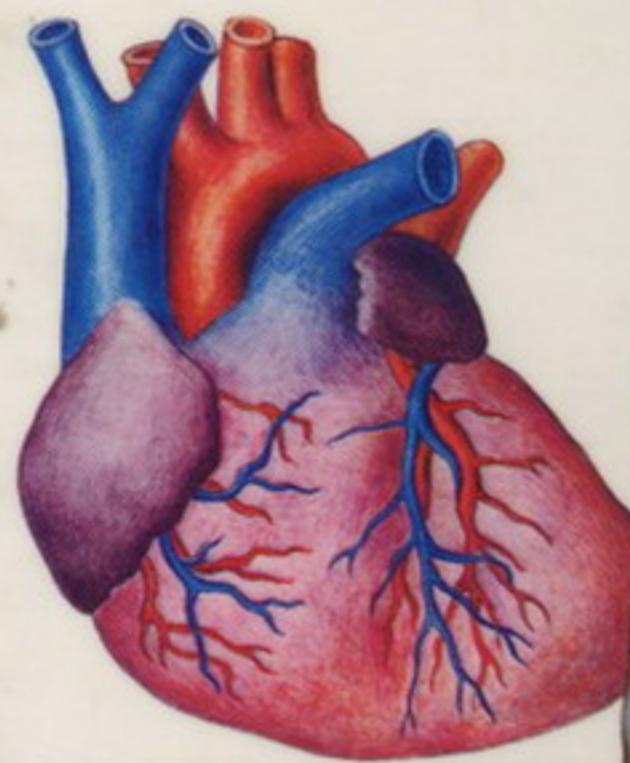


**WAS
Ist
WAS**

Unser Körper

Von der Zelle bis
zum Menschen

BAND 50





In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Band 1 Unsere Erde | Band 26 Wildblumen | Band 53 Das Auto | Band 77 Tierwanderungen | Band 99 Sternbilder und Sternzeichen |
| Band 2 Der Mensch | Band 27 Pferde | Band 54 Die Eisenbahn | Band 78 Geld | Band 100 Multimedia |
| Band 3 Energie | Band 30 Insekten | Band 55 Das alte Rom | Band 79 Moderne Physik | Band 101 Geklärte und ungeklärte Phänomene |
| Band 4 Chemie | Band 31 Bäume | Band 56 Ausgestorbene Tiere | Band 80 Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen | Band 102 Unser Kosmos |
| Band 5 Entdecker | Band 32 Meereskunde | Band 57 Vulkane | Band 81 Die Sieben Weltwunder | Band 103 Demokratie |
| Band 6 Die Sterne | Band 33 Pilze, Moose und Farne | Band 58 Die Wikinger | Band 82 Gladiatoren | Band 104 Wölfe |
| Band 7 Das Wetter | Band 34 Wüsten | Band 59 Katzen | Band 83 Höhlen | Band 105 Weltreligionen |
| Band 8 Das Mikroskop | Band 35 Erfindungen | Band 60 Die Kreuzzüge | Band 84 Mumien | Band 106 Burgen |
| Band 9 Der Urmensch | Band 36 Polargebiete | Band 61 Pyramiden | Band 85 Wale und Delphine | Band 107 Pinguine |
| Band 10 Fliegerei und Luftfahrt | Band 37 Computer und Roboter | Band 62 Die Germanen | Band 86 Elefanten | Band 108 Das Gehirn |
| Band 11 Hunde | Band 38 Säugetiere der Vorzeit | Band 63 Die alten Griechen | Band 87 Türme | Band 109 Das alte China |
| Band 12 Mathematik | Band 39 Magnetismus | Band 64 Eiszeiten | Band 88 Ritter | Band 110 Tiere im Zoo |
| Band 13 Wilde Tiere | Band 40 Vögel | Band 65 Berühmte Ärzte | Band 89 Menschenaffen | Band 111 Die Gene |
| Band 14 Versunkene Städte | Band 41 Fische | Band 66 Die Völkerwanderung | Band 90 Der Regenwald | Band 112 Fernsehen |
| Band 15 Dinosaurier | Band 42 Indianer | Band 67 Die Völkerwanderung | Band 91 Brücken | Band 113 Europa |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt | Band 43 Schmetterlinge | Band 68 Natur | Band 92 Papageien und Sittiche | Band 114 Feuerwehr |
| Band 18 Der Wilde Westen | Band 44 Das Alte Testament | Band 69 Fossilien | Band 93 Die Olympischen Spiele | Band 115 Bären |
| Band 19 Bienen, Wespen und Ameisen | Band 45 Mineralien und Gesteine | Band 70 Das alte Ägypten | Band 94 Samuräi | Band 116 Musikinstrumente |
| Band 20 Reptilien und Amphibien | Band 46 Mechanik | Band 71 Seeräuber | Band 95 Haine und Rochen | Band 117 Bauernhof |
| Band 21 Der Mond | Band 47 Elektronik | Band 72 Heimtiere | Band 96 Schatzsuche | Band 118 Mittelalter |
| Band 22 Die Zeit | Band 48 Luft und Wasser | Band 73 Spinnen | Band 97 Zauberer, Hexen und Magie | |
| Band 24 Elektrizität | Band 49 Unser Körper | Band 74 Naturkatastrophen | Band 98 Kriminalistik | |
| Band 25 Schiffe | Band 50 Briefmarken | Band 75 Fahnen und Flaggen | | |
| | Band 52 Briefmarken | Band 76 Die Sonne | | |

Ein WAS IST WAS Buch

Unser Körper

**von Professor Dr. med.
Wolfgang Tarnowski
und Dr. med. Katrin Tarnowski
Illustrationen von
Anne-Lies Ihme**



„Die Anatomie des Dr. Tulp“, Gemälde von Rembrandt (Ausschnitt)

NEUER TESSLOFF VERLAG · HAMBURG

Vorwort

Paris 1534: Inmitten der verwesenden Leichname auf dem Richtplatz Montfaucon sitzen zwei Studenten der Medizin, verblichene Knochen in der Hand, und studieren den Bau des menschlichen Skeletts. Eine Horde herrenloser Hunde stürzt herbei und fällt wütend die Störenfriede an. — Mit dieser und ähnlich makabren Szenen beginnt eines der spannendsten Kapitel in der Geschichte der Wissenschaft vom Menschen: die vorurteilsfreie Erforschung des menschlichen Körpers. Drei Jahre später ist einer der beiden Studenten, Andreas Vesal aus Brüssel, Professor der Chirurgie in Padua. Sein Wissensdurst kennt keine Grenzen. Und 1543 erscheint sein Werk „Über den Bau des menschlichen Körpers“, das erste moderne Lehrbuch der Anatomie mit wunderbar genauen Abbildungen. Vesal wird verketzert und verleumdet; aber er hat eine Lawine ins Rollen gebracht. Eine Zeit bricht an, in der das, was das Auge des Forschers sieht, mehr gilt als die Behauptungen vergilbter Lehrbücher. Immer neue Tatsachen über Bau und Funktion des menschlichen Körpers werden entdeckt. 1628 beschreibt William Harvey, ein englischer Arzt, den Kreislauf des Blutes. 1661 findet Marcello Malpighi unter seinem primitiven Mikroskop die Kapillaren, die noch fehlenden Bindeglieder zwischen Arterien und Venen. 1839 gelingt Matthias Jacob Schleiden und Theodor Schwann eine der folgenreichsten Entdeckungen in der Geschichte der Biologie: nicht nur Pflanzen, auch der Körper der Tiere und des Menschen besteht aus Billionen winziger Zellen, von denen jede — wie wir heute wissen — ein Lebewesen für sich ist. Damit beginnt ein ganz neues Kapitel in der Erforschung des menschlichen Körpers.

Dies Buch beschreibt unseren Körper so, wie die moderne Naturwissenschaft ihn sieht: Als einen unvorstellbar komplizierten Organismus, dessen Geschichte vor drei Milliarden Jahren in den Urmeeren der Erde begann.

Wer die Natur in ihrer blinden Größe und Tiefe kennenlernen möchte, sollte mit seinen Studien dort beginnen, wo diese Natur ihr Meisterstück geliefert hat: beim eigenen Körper, bei sich selbst.

Prof. Dr. Wolfgang Tarnowski

Inhalt

| | Seite | | Seite |
|---|-------|---|-------|
| DIE ENTWICKLUNG DES MENSCHEN | 4 | Wie arbeiten die Verdauungsorgane? | 27 |
| Woher kommt der Mensch? | 4 | Was sind Vitamine? | 29 |
| Wann und wo begann das Leben? | 4 | Welche Aufgaben erfüllt die Leber? | 30 |
| Was ist Evolution? | 5 | Was tun die Nieren? | 30 |
| Was ist das biogenetische Grundgesetz? | 7 | | |
| Wie entwickelt sich ein Embryo? | 8 | SKELETT, GELENKE, MUSKELN | 32 |
| DIE BAUSTEINE DES KÖRPERS | 9 | Was ist das Skelett? | 32 |
| Was haben Mensch und Pantoffeltierchen gemeinsam? | 9 | Was sind Gelenke? | 34 |
| Was geschieht in den Körperzellen? | 10 | Wie arbeiten die Muskeln? | 35 |
| Wie sind die Zellen im Körper angeordnet? | 12 | SINNESORGANE | 36 |
| Was sind Organe? | 13 | Was tut die Haut? | 36 |
| DAS BLUT UND SEIN KREISLAUF | 15 | Gibt es Sinnesorgane auch in den Schleimhäuten? | 36 |
| Was ist Blut? | 15 | Wie arbeitet das Auge? | 37 |
| Was ist Blutplasma? | 16 | Wie funktioniert das Ohr? | 38 |
| Welche Arten von Blutzellen gibt es? | 16 | | |
| Was tun die roten Blutkörperchen? | 17 | DAS ZUSAMMENSPIEL DES KÖRPERS | 40 |
| Was sind Blutgruppen? | 17 | Wie regelt der Körper sein Zusammenspiel? | 40 |
| Was tun die weißen Blutkörperchen? | 18 | Was sind Hormone? | 40 |
| Was bedeutet Blutgerinnung? | 19 | Was ist das Nervensystem? | 41 |
| Wie bewegt sich das Blut durch den Körper? | 20 | Das Rückenmark | 42 |
| Wie arbeitet das Herz? | 21 | Hirnstamm, Kleinhirn und Zwischenhirn | 43 |
| | | Das Großhirn | 44 |
| DIE ATMUNG | 24 | | |
| Wie arbeiten die Lungen? | 24 | DIE FORTPFLANZUNG | 45 |
| Wie atmen wir? | 25 | Die Geschlechtsorgane der Frau | 45 |
| | | Die Geschlechtsorgane des Mannes | 47 |
| DIE VERDAUUNG | 26 | | |
| Was heißt Verdauung? | 26 | WOHIN GEHT DER MENSCH? | 48 |

Die Entwicklung des Menschen

Noch vor etwa hundert Jahren gab es auf diese Frage nur eine Antwort:

Woher kommt der Mensch?

Der Mensch wurde von Gott erschaffen. Wenige kamen auf die Idee, daran zu zweifeln. Dann aber – man schrieb das Jahr 1859 – war mit einem Schlag alle Sicherheit dahin. Wie ein Lauffeuer verbreitete sich die Nachricht, ein englischer Naturforscher, Charles Darwin, habe behauptet, der Mensch stamme vom Affen ab. Das hatte Darwin zwar nicht gesagt, aber das Gerücht hatte einen wahren Kern. In seinem Buch „Die Entwicklung der Arten“ hatte Darwin erklärt, alles Leben habe sich wie ein Baum entwickelt. So, wie die Äste eines Baumes aus dem Stamm hervorgehen, so seien alle Lebewesen aus gemeinsamen Vorfahren hervorgegangen. Und so, wie sich die Äste eines Baumes immer weiter verzweigen, so hätten sich auch die Tierarten immer weiter verzweigt und entwickelt. Diese Entwicklung – so behauptete Darwin – werde nicht von Gott, sondern vom Zufall gelenkt. Denn durch Zufall entstehen immer wieder Lebewesen, die für den Kampf ums Dasein etwas besser ausgerüstet sind als ihre Eltern und Geschwister. Sie sind schneller, stärker oder klüger. Das aber bedeutet, daß sie länger und sicherer leben und daß sie mehr Nachkommen erzeugen und ernähren: So schreitet die Entwicklung voran, langsam und blind. Aus winzig kleinen primitiven Schleimklümpchen entstehen Pflanzen, Fische, Lurche, Vögel, Säugetiere und schließlich der Mensch. Der Darwinismus, die Lehre von der Verwandtschaft aller Lebewesen, schockierte die Welt der Gläubigen.

Die christlichen Kirchen nannten ihn eine Erfindung des Teufels. In den Vereinigten Staaten wurde ein Gesetz erlassen, das jeden mit Strafe bedrohte, der den Darwinismus vor Schülern auch nur erwähnte. Dieses Gesetz wurde erst 1968 wieder aufgehoben. Heute wissen wir, Darwin hatte recht. In mühevoller Kleinarbeit haben Wissenschaftler so viele Beweise zusammengetragen, daß kein vernünftiger Zweifel mehr möglich ist. Alle Lebewesen sind miteinander verwandt. Auch der Mensch ist ein ferner Abkömmling jener längst verschwundenen Schleimklümpchen, mit denen das Leben begann.

Das erste Lebewesen entstand vor

Wann und wo begann das Leben?

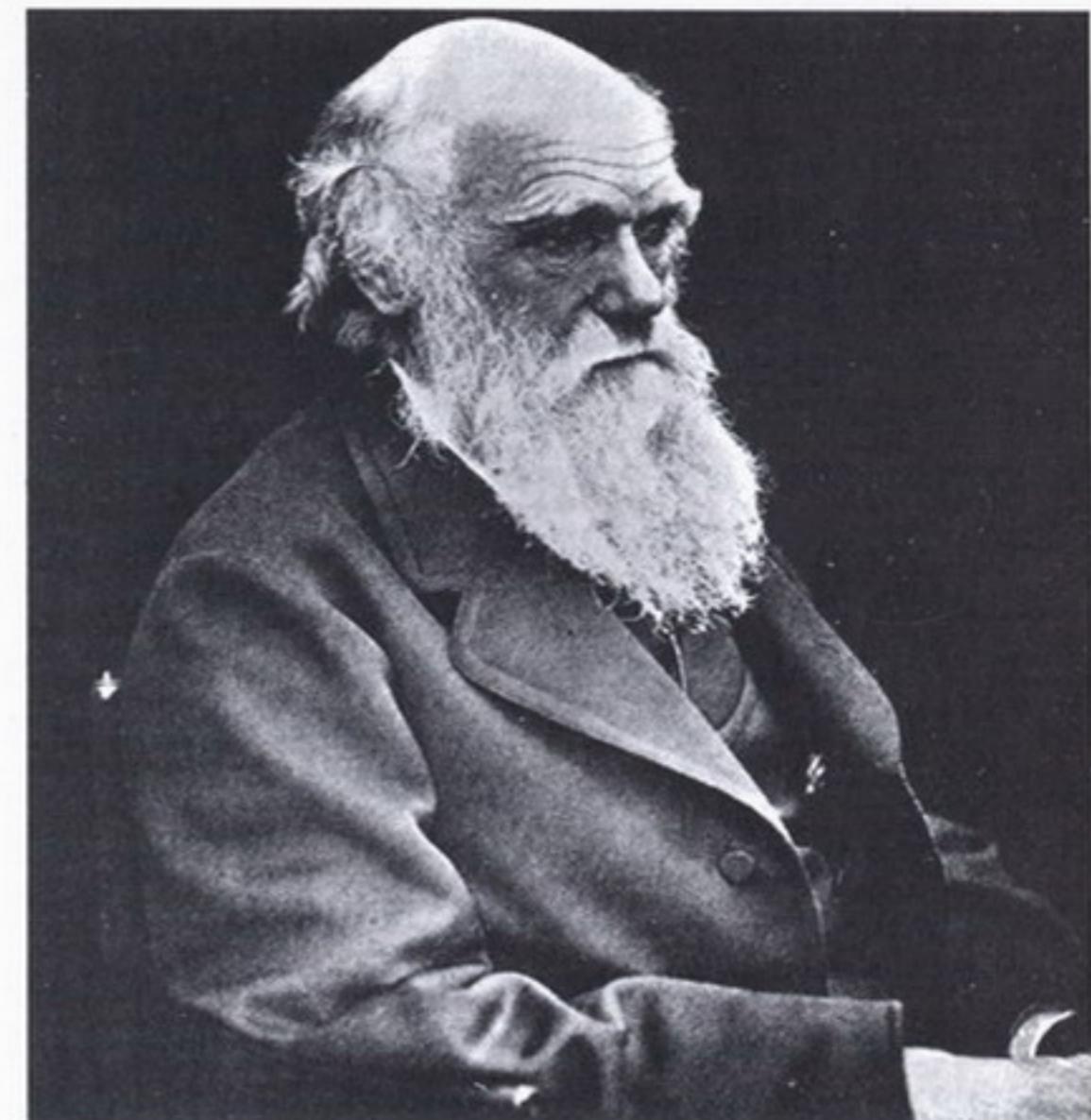
etwa drei Milliarden Jahren in den sturmgepeitschten Urmeeren unserer Erde. Damals bot die Erde ein gespenstisches Bild. Immer wieder zerriß ihre Oberfläche. Die geborstenen Gesteinsplatten wurden emporgehoben und zu gewaltigen Gebirgen zusammengeschoben. Aus der Tiefe drang glühende Lava an die Oberfläche.

Die Erde brodelte und dampfte. Riesige Wolken aus Methangas und Wasserdampf zogen darüber hin. Auf die Urlandschaft brannte die Sonne herab, die damals viel heißer war als jetzt. Blitze zuckten, und gewaltige Wolkenbrüche rauschten nieder. In diesem Urweltchaos entstanden die Stoffe, aus denen später das Leben hervorging. Das ultraviolette Sonnenlicht spaltete Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff. Sauerstoff reagierte mit Methangas und Ammoniak. Dabei wurden

hauptsächlich Kohlendioxyd, Stickstoff und wiederum Wasser gebildet. Aber daneben entstanden winzige Mengen organischer Stoffe, von denen einige wenige sich zu komplizierteren Stoffen zusammenlagerten. Es entstanden Nukleotide: die Bausteine der Erbsubstanz, und Aminosäuren: die Bausteine der Eiweiße. Amerikanische und deutsche Wissenschaftler haben das Urweltchaos im Laboratorium nachgeahmt, und sie haben diese Bausteine des Lebens wirklich gefunden. Sie entstanden hoch oben in den riesigen Gaswolken, die den Himmel bedeckten. Von dort spülten gewaltige Regengüsse sie hinab in die Urmeere. Ungeheure Mengen organischer Stoffe sammelten sich so an.

Niemand weiß genau, wann es geschah; sicher ist nur, daß es geschah: Einige der immer komplizierter gewordenen Stoffe lagerten sich so glücklich zusammen, daß sie damit die Fähigkeit erlangten, andere Stoffe aufzunehmen und sich selbst aus diesen zu erhalten und nachzubilden. Sich selbst erhalten und sich selbst nachbilden aber heißt: leben.

Die ersten Lebewesen waren noch sehr primitiv. Aber im Laufe einiger hundert Millionen Jahre entwickelten und verbesserten sie sich immer mehr. Sie umgaben sich mit einer Eiweißhülle. So entstanden die Urzellen. Nach und nach veränderten sich auch diese Urzellen. Einige von ihnen spezialisierten sich darauf, bestimmte chemische Stoffe aufzubauen. Andere veränderten ihre Gestalt, wenn sie von einem elektrischen Stromstoß getroffen wurden. Wieder andere konnten mit Hilfe des Sonnenlichtes Strom erzeugen. Diese spezialisierten Zellen schlossen sich zu Zellkolonien zusammen. Aus solchen Kolonien entwickelten sich später die vielzelligen Lebewesen: Pflanzen, Tiere und schließlich der Mensch.



Der englische Naturforscher Charles Darwin (1809–1882).

Die allmähliche, schrittweise Entwick-

Was ist Evolution?

lung von der Urzelle bis hinauf zum Menschen nennt man Evolution. Ihr Verlauf ist uns heute einigermaßen deutlich. So muß es gewesen sein:

Vor etwa drei Milliarden Jahren begann das Leben. Während der folgenden zwei Milliarden Jahre entwickelten sich die Einzeller.

Vor 500 Millionen Jahren gab es bereits grüne Algen.

Vor 400 Millionen Jahren lebten die ersten Fische.

Vor 300 Millionen Jahren eroberten die Pflanzen das trockene Land. Baumhohe Schachtelhalme und Farne entstanden.

Vor 250 Millionen Jahren lebten die ersten Amphibien.

Seit 200 Millionen Jahren gibt es Reptilien. Als die ersten von ihnen auf ihren Stummelbeinen ans flache Land krochen, wuchsen dort bereits riesige

Nadelwälder. Aus den Reptilien entwickelten sich später die Vögel und schließlich die Säuger, die ihre Jungen mit der eigenen Milch ernähren.

Vor 175 Millionen Jahren wimmelten die Meere und das Land von Tieren aller Art. Außer Einzellern, Quallen, Würmern und Fischen gab es jetzt Frösche, Schildkröten, Krokodile und Säugetiere von der Größe der Ratten.

Vor 150 Millionen Jahren beherrschten die riesigen Saurier die Erde. Aus den Reptilien gingen auch die Vögel hervor.

Vor 50 Millionen Jahren waren die Riesensaurier von der Erde verschwunden. Es gab jetzt überall Singvögel und Beuteltiere. Dann entfalteten die Blütenpflanzen ihre Pracht.

Vor 45 Millionen Jahren tauchten die ersten Menschenaffen auf.

Dann, vor 1–2 Millionen Jahren, erscheint der Mensch: ein aufrechtgehendes, affenähnliches Wesen, mit einem Gehirn, das sich ungeheuer

Vor etwa zwei Milliarden Jahren entstanden in den Urmeeren der Erde die ersten einzelligen Lebewesen: die Urzellen. Aus ihnen entwickelten sich primitive Mehrzeller, später die Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säuger und schließlich der Mensch. Dieser lange Weg von der Urzelle zum Menschen heißt Evolution.

▼

schnell entwickelt. Irgendwann hatten Menschen und Menschenaffen gemeinsame Vorfahren.

Um den Menschen hervorzubringen, hat die Natur mehr als drei Milliarden Jahre gebraucht. Niemand kann sich eine so gewaltige Zeitspanne vorstellen. Ein deutscher Wissenschaftler hat daher einen Vergleich angestellt: Man denke sich die fünf Milliarden Jahre – so lange gibt es vermutlich das Weltall – als ein Kalenderjahr. Dann entsteht im Februar aus einer kosmischen Staubwolke die Erde: ein glühender Ball, der sich um sich selbst dreht, dessen Oberfläche aber allmählich erkaltet. Im April bilden sich die Erdkruste und die Meere. Im Juni entsteht das Leben. Ende November erobern die Pflanzen das trockene Land. Anfang Dezember folgen ihnen die ersten Tiere. Weihnachten sterben die Riesensaurier aus, nachdem sie eine Woche lang über die Erde geherrscht haben. Innerhalb eines einzigen Tages entwickeln sich die Vögel und die Säugetiere. Dann, am 31. Dezember gegen 22 Uhr, taucht der Mensch auf. Der Neandertaler lebt zehn Minuten vor Mitternacht. Die heutigen Menschenrassen gibt es aber erst seit fünf Minuten.

ARCHÄOZOIKUM

Beginn vor mehr als 4000 Millionen Jahren



KAMBRIUM

Beginn vor 540 Millionen Jahren



SILUR

Beginn vor 450 Millionen Jahren

Algen



Amphibien

Fische

Farne

Schachtelhalm

DEVON

Beginn vor 350 Millionen Jahren

ten; und was wir Geschichte nennen, das alles geschieht während der letzten 30 Sekunden des Jahres.

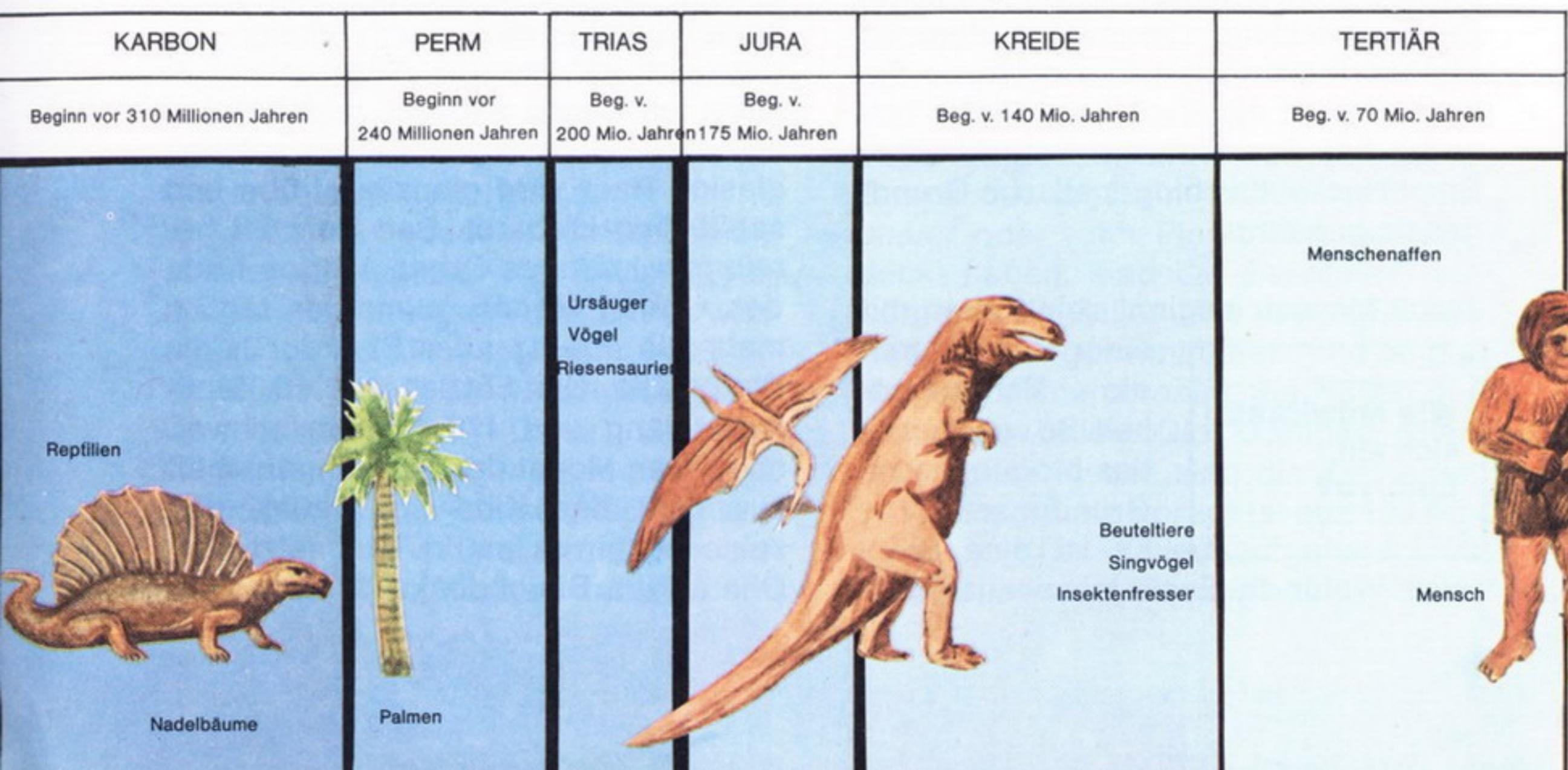
Darwin hatte behauptet, die Evolution

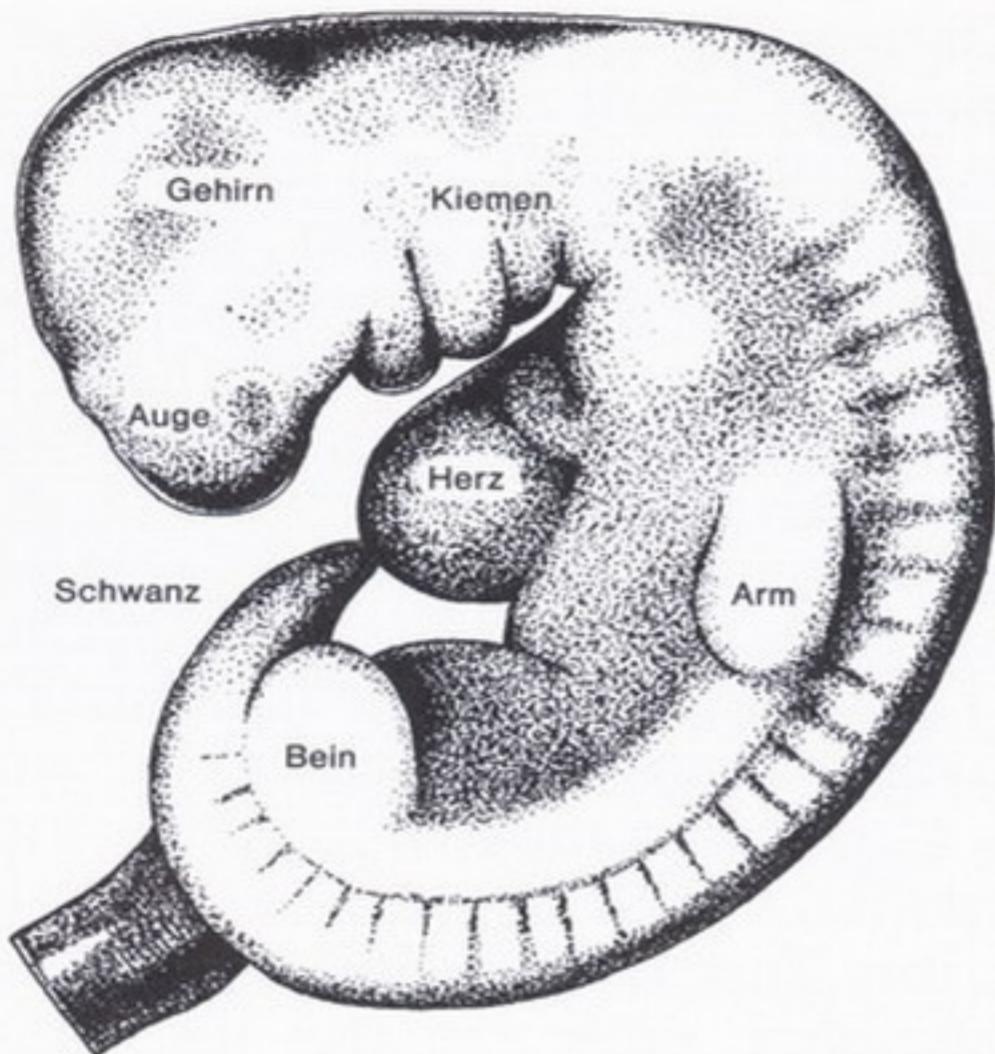
Was ist das biogenetische Grundgesetz?

Menschen hervorgebracht. Ein besonders eindrucksvoller Beweis dafür ist die Entwicklung des menschlichen Embryos: so heißt die Leibesfrucht während der ersten drei Monate der Schwangerschaft. Ein Embryo entsteht, wenn eine väterliche Samenzelle im Leib der Mutter auf eine Eizelle trifft und mit ihr zu einer einzigen Zelle verschmilzt. Diese erste Zelle vermehrt sich nun durch Zellteilung. Nach etwa zwei Tagen besteht der Embryo aus vier oder gar aus sechs Zellen. So ähnlich müssen auch die ersten mehrzelligen Lebewesen in den Urmeeren ausgesehen haben. Am Tag darauf ist ein Zellhaufen entstanden, der wie eine Himbeere aussieht. In ihm bildet sich dann ein Bläschen und an dessen Rand ein Zellknötchen: der künftige Mensch.

Während der zweiten Woche der Schwangerschaft entsteht der Urdarm: eine primitive, nach vorn offene Höhle. Einen so primitiven Darm haben zeitlebens die einfachen Nesseltiere, die im Meer leben. Während der dritten bis fünften Woche der Schwangerschaft bilden sich am Kopf des Embryos Kiemenbögen aus. Kiemenbögen sind die Atmungsorgane der Fische. Ein Mensch aber braucht keine Kiemen. Daher werden die Kiemenbögen später zu anderen Organen umgebildet. Aus ihnen entstehen der Oberkiefer, der Unterkiefer, das Zungenbein und ein Teil des Kehlkopfes. Während der Kiemenzeit hat das heranwachsende Menschlein auch einen Schwanz, ähnlich wie die Lurche und die Kriechtiere. In der zehnten Woche der Schwangerschaft gleicht der menschliche Embryo den Embryonen der Säugetiere. Noch kurz vor der Geburt besitzt er ein Fell aus feinen wolligen Haaren.

Auch in der Entwicklung des menschlichen Herzens verrät sich die Evolution. Zunächst ist das Herz des Embryos nichts anderes als eine Verdickung in der Wand eines primitiven Blutgefäßes. Solche Herzen haben noch heute die Blutegel und die Re-





Die Entwicklung eines Menschen im Mutterleib verläuft wie eine ferne Erinnerung an die Evolution. Dieser vier Wochen alte, 4 mm lange menschliche Embryo zeigt deutlich die Anlage von Kiemen, wie sie Fische haben, und einen Schwanz. Wenige Wochen später ist beides wieder verschwunden.

genwürmer. Später teilt sich das Schlauchherz in vier hintereinanderliegende Abschnitte. Genauso sieht ein Fischherz aus.

Dann wird einer dieser Abschnitte, die Vorkammer, durch ein Häutchen in zwei Teile geteilt. Ein Herz mit zwei Vorkammern, aber mit nur einer Herzkammer, haben Lurche und Frösche. Beim menschlichen Embryo wird später auch die Herzkammer geteilt. Aber die Trennwand hat noch ein Loch, wie bei den Eidechsen. Erst später wächst dieses Loch zu.

Es gibt noch mehr Beispiele dieser Art. Sie alle zeigen immer wieder dasselbe: Die Entwicklung eines Menschen im Mutterleib verläuft wie eine ferne Erinnerung an die Evolution. Diese Tatsache hat der deutsche Naturforscher Ernst Haeckel das biogenetische Grundgesetz genannt.

Jeder Mensch beginnt sein Leben mit

einer Reise durch die Vergangenheit. So verlangt es das biogenetische Grundgesetz. Es ist eine Blitzreise. Wofür die Evolution zwanzig Mil-

lionen Jahre brauchte, das schafft der Embryo an einem einzigen Tag. Zwei Monate nach der Empfängnis hat er den größten Teil des Weges vom Einzeller zum hochentwickelten Säuger bereits hinter sich. In der neunten Woche der Schwangerschaft ist er unverkennbar ein menschliches Wesen. Zu dieser Zeit ist sein Kopf genauso groß wie sein übriger Körper. Seine Haut ist dünn und glasig wie Pergament. Arme und Finger sind auch schon da.

Zwei Wochen später kann man mit bloßem Auge erkennen, ob das Kind ein Junge oder ein Mädchen wird. Gegen Ende des dritten Monats ist der Embryo neun Zentimeter lang und vierzig Gramm schwer. Alle Organe sind jetzt deutlich vorgebildet. Damit ist die Embryonalzeit zu Ende. Von jetzt an heißt das heranwachsende Menschlein nicht mehr Embryo, sondern Fötus oder kurz Föt.

Die Fötalzeit ist die Zeit des Wachstums und der Reifung. Gleich zu Anfang beginnt das kleine Wesen, das in seinem Fruchtwassersack hin- und herschaukelt, sich zu rekeln. Es grapscht mit seinen Stummelfingern ins Leere und schneidet dabei seltsame Grimassen. Seine anfangs glasige Haut wird glanzlos, trübe und schließlich krebsrot. Das Herz ist bereits ein kräftiges Organ. Gegen Ende des vierten Monats pumpt es täglich mehr als dreißig Liter Blut durch die Blutgefäße. Der Föt ist jetzt 16 Zentimeter lang und 170 Gramm schwer. Im fünften Monat der Schwangerschaft strampelt das Kind so kräftig, daß seine Mutter es merkt. Wer jetzt sein Ohr an die Bauchdecke der Schwan-

Wie entwickelt sich ein Embryo?

reise. Wofür die Evolution zwanzig Mil-

geren legt, kann hören, wie das kleine Herz 120- bis 150mal in der Minute pocht. Im Monat darauf geschieht etwas Besonderes: Auf den winzigen Fingerkuppen entstehen feine Muster aus gebogenen Linien, Kreisen und Spiralen. Wenn ein Mensch später einen glatten Gegenstand anfaßt, dann werden diese Muster dort als Fingerabdrücke zurückbleiben. Fingerabdrücke sind einmalig. Man wird unter den vier Milliarden Menschen, die auf der Erde leben, nicht zwei gleiche finden. Das aber heißt: im sechsten Mo-

nat der Schwangerschaft empfängt der Mensch von der Natur den Stempel seiner Individualität. Im siebten Monat ist der Fötus bereits lebensfähig. Er ist jetzt 35 Zentimeter lang, 1300 Gramm schwer und mit einer käsigen Schmiere bedeckt. Während der letzten Monate der Schwangerschaft entwickelt sich das nun fertig ausgebildete Kind sehr schnell. Wenn es schließlich geboren wird – das geschieht 266 Tage oder 38 Wochen nach der Empfängnis –, dann ist es gewöhnlich 50 Zentimeter lang und wiegt 3200 Gramm.

Die Bausteine des Körpers

Wer ein neugeborenes Kind betrachtet, wird vergeblich nach Spuren seiner Entwicklungsgeschichte suchen. Viele Menschen würden

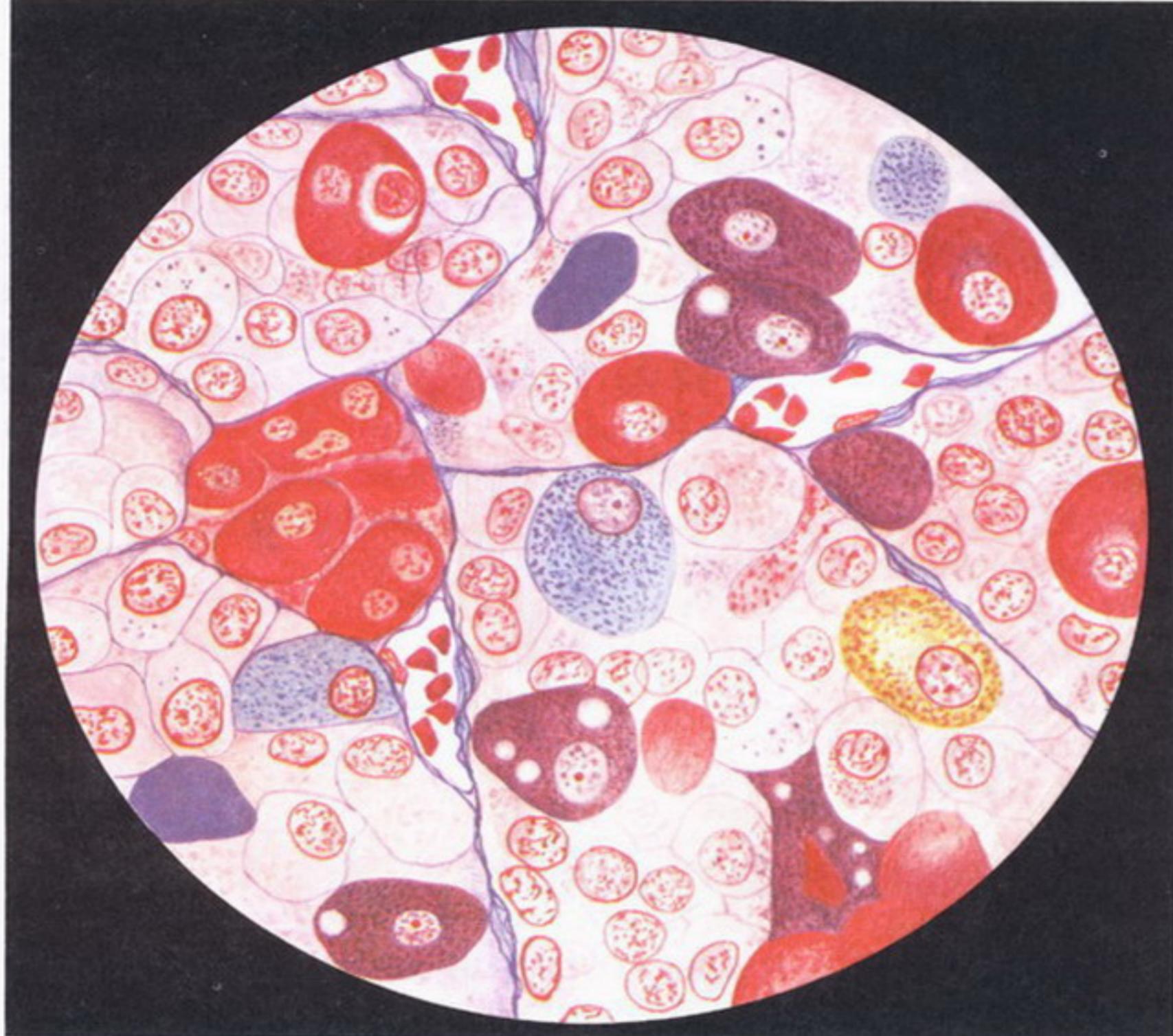
Scheiben. Diese legen wir auf kleine Glasplatten, träufeln Farbe darüber und spülen ein paar Minuten später mit Wasser nach. Wir bedecken die gefärbten Gewebeschnitte mit hauchdünnen Glasplättchen und schieben die so entstandenen Präparate unter ein Mikroskop.

wohl darüber lachen, wenn man ihnen erklärte, dies Kind habe noch jetzt und fortan bis zu seinem Tode mit seinen Verwandten, den Pantoffeltierchen im Leitungswasser, den Quallen, Fröschen, Salamandern und Elefanten, vieles gemeinsam. Allerdings ist es unmöglich, die Verwandtschaft eines Menschen und eines Pantoffeltierchens mit bloßem Auge zu erkennen. Dazu braucht man ein Mikroskop und ein gut eingerichtetes Laboratorium.

Wir wollen in Gedanken ein Experiment machen. Stellen wir uns vor, ein Chirurg entnimmt seinem Patienten während der Operation von mehreren Stellen des Körpers stecknadelkopfgroße Gewebestückchen. Diese Gewebestückchen härten wir in Alkohol, schmelzen sie in künstliches Kerzenwachs ein und schneiden die so entstandenen Klötzchen in hauchdünne

Auf den ersten Blick sehen wir nichts als eine Fülle verschiedener Farben und Formen. Dann aber beobachten wir etwas sehr Typisches: dicht aneinander gedrängt liegen überall kreisrunde, ovale, dreieckige, viereckige, sechseckige, vieleckige, wurmförmige oder zipflig ausgezogene Felder. Jedes dieser Felder ist von einem feinen Saum umgeben, und innerhalb dieser Grenzlinie liegt ein kräftig gefärbter blauer oder roter Fleck. Was wir entdeckt haben, sind die Bausteine des Körpers: die Zellen. Die feinen Säume sind die aufgeschnittenen und angefärbten Zellmembranen, die Hüllen der einzelnen Zellen. Die kräftigen roten und blauen Flecke sind die Zellkerne. Der menschliche Körper ist aus 100 Billionen solcher Zellen aufgebaut. 100 Billionen, das ist eine Eins mit vierzehn

Was haben Mensch und Pantoffeltierchen gemeinsam?



So sieht ein hauchdünnes, gefärbtes Scheibchen der Hirnanhangdrüse, der Hypophyse, aus, wenn man es durch ein Mikroskop betrachtet. Die fleischfarbenen, roten, gelben, blauen und violetten Felder sind Zellen mit ihren Zellkernen. Jeder Zelltyp der Hirnanhangdrüse erzeugt eines oder mehrere der mindestens acht Hormone, die von dem erbsengroßen Organ gebildet werden.

Nullen! Eines ist aber noch erstaunlicher als diese riesige Zahl: jede einzelne Zelle ist ein Lebewesen für sich. Dies ist der Beweis: man kann einzelne Zellen abtrennen und in einer Nährösung wochenlang, oft jahrelang am Leben erhalten. Solche Zellen atmen, nehmen Nahrung auf, scheiden aus, und sie vermehren sich durch Zellteilung. Und darin gleichen sie jedem beliebigen einzelligen Lebewesen, z. B. einem Pantoffeltierchen.

Aber die Ähnlichkeit zwischen den Bausteinen des menschlichen Körpers und den einzelligen Lebewesen reicht viel tiefer. Wissenschaftler, die den Zellstoffwechsel erforschen, haben gefunden, daß alle wirklich wichtigen Stoffwechselwege in primitiven Einzellen genauso ablaufen wie in jeder menschlichen Körperzelle. Alle lebenden Zellen ernähren sich von gleichen oder von ähnlichen Nahrungsstoffen, und alle bauen ihre Erbsubstanz und ihre Eiweiße aus den gleichen Bausteinen auf. Von dieser Regel gibt es keine

Ausnahme. Auch das spricht dafür, daß alle Lebewesen sich aus einer einzigen Urzelle entwickelt haben, so wie Darwin es vermutet hatte. Das erklärt aber auch, warum Wissenschaftler, die den menschlichen Körper untersuchen wollen, oft an Versuchstieren: an Bakterien, Würmern, Fröschen, Schildkröten, Mäusen, Ratten, Hamstern, Katzen, Hunden oder Affen arbeiten. Viele der so gewonnenen Erkenntnisse gelten auch für den Menschen.

Man kann den menschlichen Körper nicht verstehen, wenn man die Grundtatsachen des Zellstoffwechsels nicht versteht.

Was geschieht in den Körperzellen?

Aber das ist gar nicht so schwierig. Jede lebende Zelle muß ständig Energie herbeischaffen. Energie ist nötig, um Wärme zu erzeugen. Energie ist auch nötig, um komplexe chemische Stoffe, wie zum Beispiel die Erbsubstanz oder die

vielen Eiweiße aufzubauen, die jede Zelle zum Leben braucht. Energie ist ferner nötig, wenn eine Zelle sich bewegen will. Körperzellen, die sich bewegen, sind die Muskelfasern. Sie können sich zusammenziehen und bewegen so auch unsere Gliedmaßen, das Herz und die Eingeweide. Schließlich ist Energie nötig, um elektrischen Strom zu erzeugen, der für das Nachrichtensystem des Körpers gebraucht wird. Das tun vor allem die Nervenzellen.

Woher nehmen die Körperzellen diese Energie? Die Antwort ist: Sie verbrennen Nahrung und bauen mit der Energie, die sie dabei gewinnen, einen chemischen Stoff auf, der die Eigenschaft hat, Energie zu speichern. Dieser Stoff heißt Adenosintriphosphat oder abgekürzt ATP. Wenn ATP in der Zelle gespalten wird, so wird die darin gespeicherte Energie wieder frei. Mit dieser Energie kann die Zelle Wärme produzieren, elektrischen Strom erzeugen, komplizierte chemische Stoffe aufbauen oder Bewegungen in Gang setzen. Mit einem Wort: ATP treibt die Zellmaschinerie.

Wie aber erzeugen die Zellen ihr ATP? Die Antwort kennen wir schon. Die Zellen verbrennen Nahrungsstoffe. Das ist auf zweierlei Art möglich. Die erste ist die Verbrennung von Zuckern ohne Sauerstoff. Dabei entsteht eine Substanz, die die Chemiker Brenztraubensäure nennen. Diese Form der Verbrennung heißt Zuckerspaltung oder Glykolyse. Bei der Glykolyse entsteht nur wenig ATP. Dafür braucht die Zelle aber auch keinen Sauerstoff. Die Glykolyse ist deshalb die Urform der Verbrennung in der Zelle. Das Leben begann ja im Wasser, und das heißt: in einer sauerstoffarmen Umgebung. Die zweite Möglichkeit ist die Verbrennung von Brenztraubensäure, Fett und Eiweiß mit Sauerstoff. Alle genannten

Stoffe enthalten Kohlenstoff und Wasserstoff. Ihre Verbrennung geschieht in zwei Schritten. Zuerst wird der Wasserstoff entfernt. Zugleich zerlegt die Zelle das zurückbleibende Kohlenstoffgerüst und scheidet es als Kohlendioxyd durch die Zellmembran hindurch aus. Dann, im zweiten Schritt, wird der so gewonnene Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbrannt. Dabei wird sehr viel Energie frei, und mit die-

Die gewaltige Energie, die frei wird, wenn Wasserstoff in reinem Sauerstoff verbrennt, treibt die turmhohen Weltraumraketen hinauf in den Himmel. Dieselbe Energie treibt aber auch das Leben der Zellen in unserem Körper. Nur erfolgt hier die Verbrennung in Stufen; und es entsteht nicht unmittelbar Wärme und Bewegungsenergie, sondern das Zell-„Benzin“ ATP. Wenn ATP in der Zelle gespalten wird, so wird die darin gespeicherte Energie wieder frei. Mit dieser Energie kann die Zelle Wärme produzieren, elektrischen Strom erzeugen, komplizierte chemische Stoffe aufbauen oder Bewegungen in Gang setzen.



ser Energie bauen die Körperzellen große Mengen von ATP auf. Das alles klingt sehr fremdartig. Tatsächlich aber hat wohl jeder von uns diese Art von Energieerzeugung mit eigenen Augen gesehen, und zwar im Fernsehen. Wenn in Cap Kennedy die riesigen amerikanischen Saturnraketen zum Mond starten, dann nutzen die Techniker die ungeheure Energie aus, die bei der Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff entsteht. Die Tanks einer Saturnrakete sind mit flüssigem Wasserstoff und mit flüssigem Sauerstoff gefüllt. Sobald die gigantischen Motoren gezündet werden, verbrennen Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser, und die turmhohe Rakete schwebt davon, als sei sie aus Stanniolpapier und nicht aus Stahl. Es klingt unglaublich und ist trotzdem wahr: Dieselbe Energie, die die gigantischen Weltraumraketen in den Himmel emportreibt, treibt auch das Leben der Zellen in unserem Körper. Nur findet in den Körperzellen keine Explosion statt, und es gibt keine Stichflamme. Die Verbrennung erfolgt hier in Stufen; und es entsteht nicht Wärme und Bewegungsenergie, sondern ATP.

Eine lebende Zelle ist eine wunderbare

Wie sind die Zellen im Körper angeordnet?

Schöpfung. Aber nicht weniger wunderbar ist die Tatsache, daß 100 Billionen solcher Zellen ihre Selb-

ständigkeit aufgeben und sich einordnen, um miteinander einen gewaltigen Zellenstaat: den menschlichen Körper, aufzubauen. Warum tun sie das? Welchem Naturgesetz gehorchen sie? Niemand weiß das.

Besser bekannt sind die Regeln für das Zusammenleben im Zellenstaat. Da gibt es zum Beispiel den Grundsatz der Arbeitsteilung. Schon, wenn der Embryo

noch ein formloses Klümpchen ist, spezialisieren sich seine Zellen und schließen sich zu Kolonien zusammen. Wissenschaftler nennen das: die Bildung der Keimblätter. Aus den Keimblättern entwickeln sich später die Gewebe – so nennt man die ausgereiften Zellverbände, die im Körper gleiche oder ähnliche Aufgaben erfüllen. Betrachtet man die Zellen als die Bausteine des menschlichen Leibes, dann sind die Gewebe seine Bauelemente, vergleichbar den Bauelementen eines Hauses: den Wänden, den Fußböden, dem Dach. Die Gewebe des menschlichen Körpers sind: das Bindegewebe, das Epithelgewebe, das Muskelgewebe und das Nervengewebe.

Bindegewebe verbindet – wie sein Name sagt – die Körperzellen miteinander. Die Fähigkeiten der Bindegewebszellen sind erstaunlich. Einige von ihnen spinnen zentimeterlange, teils feste, teils elastische Fasern, mit denen sie sich selbst oder andere Zellen aneinander fesseln. Solche Bindegewebsfasern können mitunter dicke Seile bilden, die man Sehnen nennt.

Alle Bindegewebszellen betten ihre Fasergespinste in eine gallertige Masse, die die Wissenschaftler Grundsubstanz nennen. Diese Grundsubstanz kann mitunter so fest wie Hartgummi werden. Ein so zähes Bindegewebe heißt Knorpel. Knorpel wirkt wie ein Stoßdämpfer in den Gelenken.

An anderen Stellen des Körpers werden in die Grundsubstanz Kalksalze eingelagert. Dadurch wird das Bindegewebe steinhart und heißt jetzt Knochen. Knochen stützen den Körper, und sie legen sich schützend um seine empfindlichsten Teile: um das Gehirn, das Rückenmark, die Augen oder – als Brustkorb – um Herz und Lungen.

Epithelgewebe bewacht dagegen die äußeren und inneren Oberflächen des Körpers. Draußen bedeckt es die Haut.

Epithelzellen können verhören. Sie tun das dort, wo die Haut besonders belastet wird, vor allem an den Fußsohlen und in den Handflächen.

Aber auch die nach außen offenen Leibeshöhlen: die Nase und ihre Nebenhöhlen, das Mittelohr, die Mundhöhle, Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien und Lungenbläschen, Speiseröhre und Magen-Darm-Kanal, Nierenbecken, Harnleiter, Blase und Harnröhre – dazu bei Frauen: Scheide, Gebärmutter und Eileiter – alle diese Hohlorgane sind innen von Epithelgewebe ausgekleidet. Auch in den geschlossenen Leibeshöhlen: der Kopf-, Brust- und Bauchhöhle, überziehen Epithelien die dort liegenden Organe mit einer hauchdünnen Zellschicht. Diese Zelltapeten verhindern, daß frei bewegliche Organe wie die Lungen und die Därme an der Brustwand festkleben und festwachsen.

Epithelgewebe bildet auch die Innenhaut der Blutgefäße und des Herzens. Die feinsten Blutgefäße: die Kapillaren, bestehen nur noch aus einer einzigen Schicht flacher Epithelzellen. Durch sie hindurch erfolgt der Stoffaustausch zwischen dem Gewebswasser, in dem die Zellen wie in einer Nährlösung leben, und dem Blut, das dieses Gewebswasser mit Nährstoffen versorgt und es zugleich von den Schlacken des Zellstoffwechsels reinigt.

Spezialisten eigener Art sind die Drüsenzellen. So nennt man Epithelien, die imstande sind, Körpersäfte herzustellen und auszuscheiden. Drüsenzellen leben als „Schleimzellen“ im Epithelgewebe der Nase und ihrer Nebenhöhlen, der Mundhöhle, der Speiseröhre und des Magen-Darm-Kanals. Sie haben diesen Oberflächen den Namen „Schleimhäute“ eingetragen. Andere Drüsenzellen dagegen ziehen sich schon früh unter die Oberflächen zurück und bilden in der Tiefe eigene Or-

gane: die Drüsen. Drüsen sind: die Schweißdrüsen, die Talgdrüsen, die Tränendrüsen, die Speicheldrüsen, die Leber, die Bauchspeicheldrüse, dazu beim Mann: die Samenbläschen und die Vorsteherdrüse. Sie produzieren: den Schweiß, den Talg, die Tränen, den Speichel, die Galle, den Bauchspeichel und die Samenflüssigkeit. Diese Körpersäfte leiten sie durch Ausführungsgänge teils auf die Haut, teils auf die Schleimhäute.

Gegenüber dem Bindegewebe und dem Epithelgewebe ist das **Muskelgewebe** weit weniger abwechslungsreich. Es besteht immer aus langgestreckten Zellen, die die Fähigkeit haben, sich zusammenzuziehen. **Nervengewebe** dagegen gibt es in zahlreichen Abwandlungen. Alle Nervenzellen haben aber eines gemeinsam: sie erzeugen oder leiten elektrischen Strom.

Bindegewebe, Epithel-, Muskel- und Nervengewebe sind – wie gesagt – die Baulemente des menschlichen Körpers. Aus ihnen werden schon

Was sind Organe?

im Mutterleib die Organe aufgebaut. Das Wort „organon“ bedeutet Werkzeug. Offensichtlich wußten die griechischen Ärzte, die vor mehr als 2500 Jahren die Körperteile so nannten, daß Organe vom Körper benutzt werden wie Werkzeuge, nämlich als Hilfsmittel, mit denen man bestimmte Aufgaben schneller, einfacher und besser erledigen kann. Organe haben in der Regel eine charakteristische Form, und sie nehmen im Körper einen bestimmten Platz ein. Beispiele dafür sind: das Gehirn, das Herz, die Lungen, die Leber, die Nieren usw. Von dieser Regel gibt es aber ein paar Ausnahmen. So bildet zum Beispiel Fettgewebe ein ungeformtes Speicherorgan für Fette, das in alle



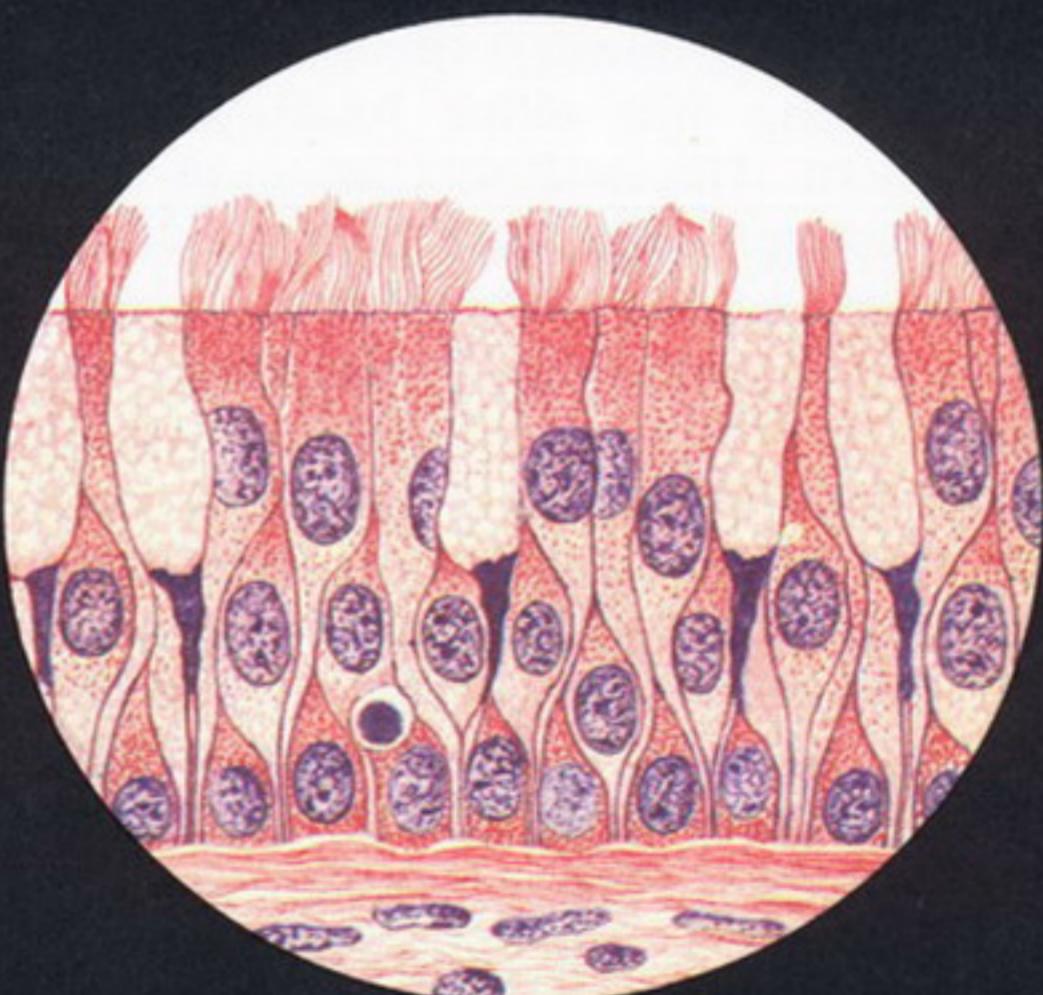
Nervengewebe aus dem Rückenmark



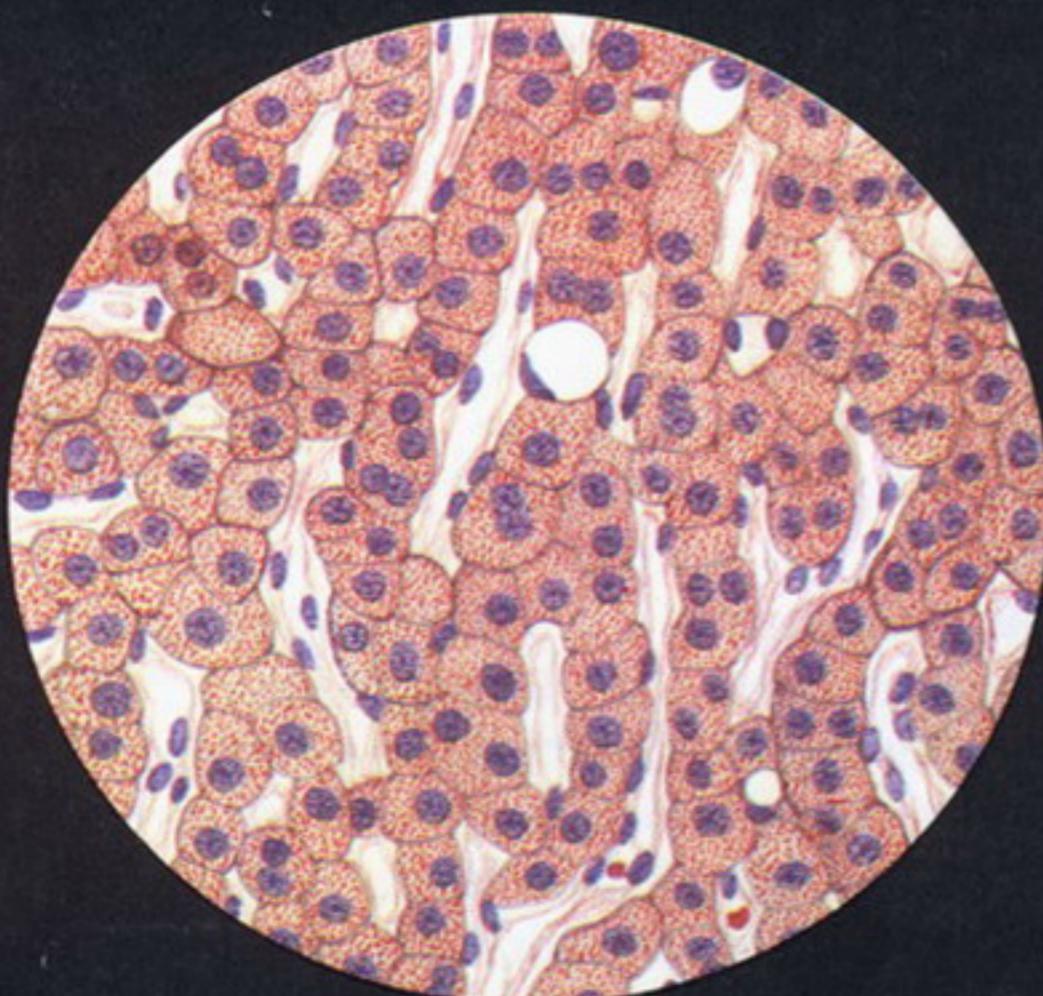
Knorpelgewebe aus der Nase



lockeres Bindegewebe



Epithelgewebe aus der Nase



Epithelgewebe aus der Leber

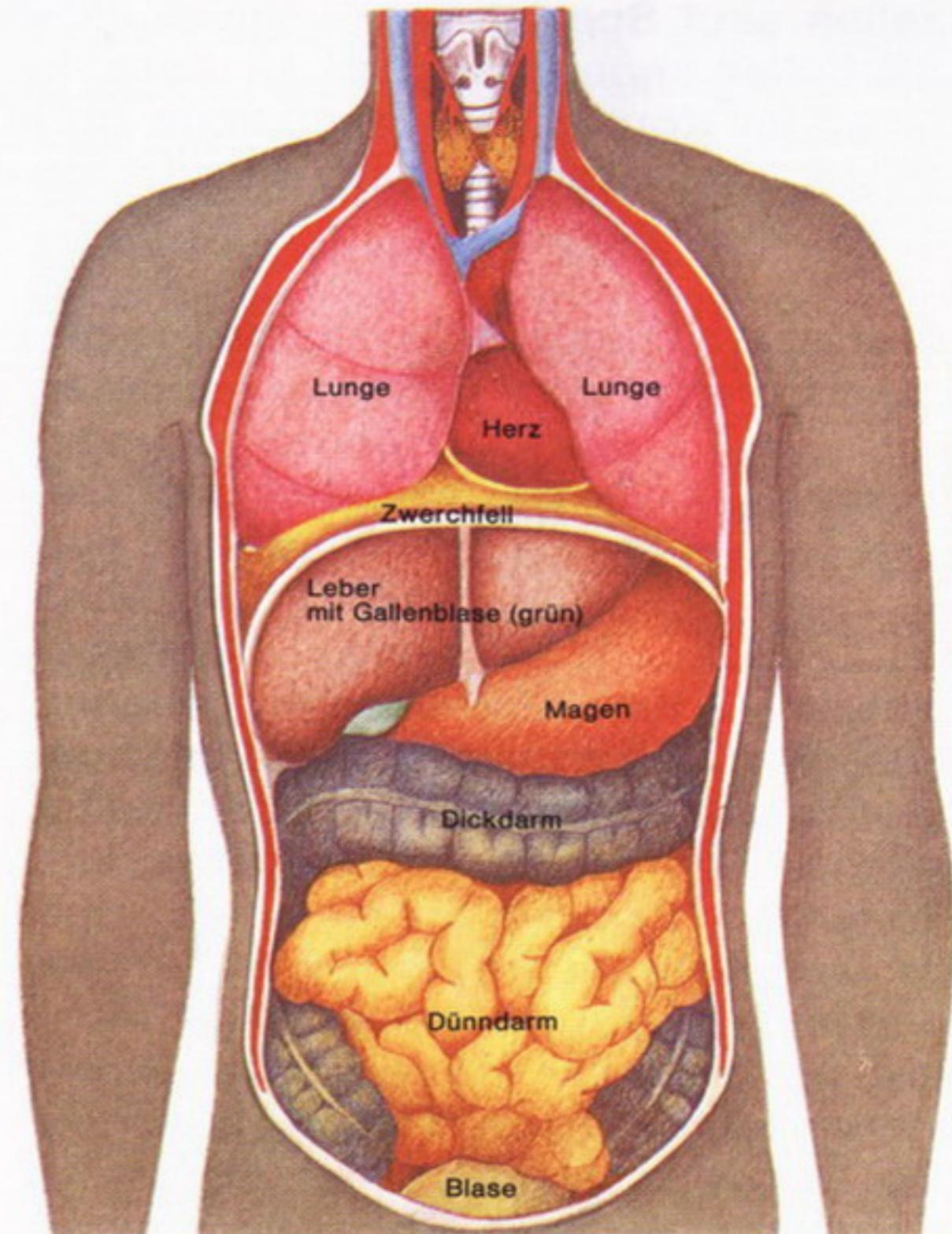


Muskelgewebe aus dem Herzen

Linke Seite: Zellverbände, die gleiche oder ähnliche Aufgaben erfüllen, heißen Gewebe. Betrachtet man die Zellen als Bausteine des Körpers, dann sind die Gewebe seine Bauelemente, vergleichbar den Wänden, den Fußböden, dem Dach eines Hauses. Die Gewebe des menschlichen Körpers sind: das Bindegewebe, das Epithelgewebe, das Muskelgewebe und das Nervengewebe. Wie diese sechs Beispiele sehen Gewebe aus, wenn man sie in hauchdünne Scheibchen schneidet, färbt und unter dem Mikroskop betrachtet.

Rechts: In der Brusthöhle und in der Bauchhöhle liegen die großen Organe des Körpers dicht gepackt über-, neben- und hintereinander. Organe sind aus Geweben aufgebaut.

Spalten und Falten des Körpers hineinwächst; ebenso ist das Knochenmark, in dem der Großteil der Blutzellen gebildet wird, ein Organ, das sich jeweils den Kammern und Kanälen des Skeletts anpaßt. Die interessanteste Ausnahme von der Regel aber ist das Blut.



Das Blut und sein Kreislauf

Wer eine blutende Wunde unbefangen betrachtet, könnte leicht glauben, Blut sei eine rote Flüssigkeit. Aber jeder, der einmal Gelegenheit hatte, in der Praxis eines Arztes den Ständer mit den Blutsenkungen zu beobachten, weiß, daß das ein Irrtum ist. Bei einer Blutsenkung wird ungerinnbar gemachtes Blut in ein 30 cm langes Glasrohr aufgesogen und dann einfach stehen gelassen. Schon nach etwa einer halben Stunde — bei manchen Kranken schneller — trennt sich das Blut in zwei Bestandteile: einen dunkelrot gefärbten Bodensatz und einen wasserhellen Überstand. Man muß daraus schließen:

Was ist Blut?

es ist der Bodensatz, der das Blut rot färbt. Wenn Blut in einer Zentrifuge geschleudert wird, ist die Trennung schon nach ein paar Minuten vollständig. Im Zentrifugenröhrchen nimmt der durchsichtige Überstand, das Blutwasser, etwa 55 %, der rote Bodensatz dagegen 45 % des Raumes ein. Wenn man nun einen Tropfen vom Bodensatz unter dem Mikroskop betrachtet, sieht man: es wimmelt darin von hellgrauen Kreisen, Ovalen und Klümpchen. Das sind die Blutzellen.

Blut besteht also aus Blutzellen und Blutwasser. Blutzellen werden aber nicht von Bindegewebe zusammengehalten; sie schwimmen frei umher. Das gibt es in anderen Organen nicht. Sonst aber ist alles ganz ähnlich. Auch Blut-

zellen sind Spezialisten, genauso wie die Zellen anderer Organe. Und sie erfüllen im Körper ganz bestimmte Aufgaben. Das Besondere ist: Blut ist ein flüssiges Organ.

Blut ist ein flüssiges Organ, weil es gegenüber anderen Organen ungewöhnlich viel Gewebewasser enthält. Wir haben dieses Gewebs-

wasser bisher Blutwasser genannt. Wissenschaftler nennen es Blutplasma. Blutplasma ist eine unglaublich inhaltsreiche Flüssigkeit. Neben Eiweißen, Fetten und Zuckern hat man darin einige hundert andere Stoffe gefunden, und sicher wurden noch lange nicht alle entdeckt. Die Namen dieser Stoffe stehen oft in Zeitschriften und Illustrationen. Es sind Namen wie: Harnstoff, Harnsäure, Bilirubin, Kochsalz, Vitamin C, Vitamin D, Insulin, Östrogene und viele andere. Das ist alles sehr verwirrend. Aber im Grunde verbirgt sich hinter dieser Vielfalt eine ganz einfache Tatsache: Blutplasma ist eine Flüssigkeit, die chemische Stoffe: Nährstoffe, Salze, Vitamine, Hormone und Stoffwechselschlacken, zwischen den Körperzellen hin- und hertransportiert.

Was das bedeutet, versteht man sofort, wenn man folgendes bedenkt: Alle Körperzellen leben im Gewebewasser, wie dereinst ihre Vorfahren in den Urmee- ren. Sie leben darin wie in einer Nährlösung. Aber um 100 Billionen Körperzellen am Leben zu erhalten, würde man im Laboratorium 200 000 Liter Nährlösung brauchen. Der menschliche Körper enthält dagegen nicht einmal 10 Liter Gewebewasser. Dennoch kommen die Zellen mit dieser vergleichsweise winzigen Menge aus. Das verdanken sie allein dem vorbeiströmenden Blutplasma. Würde das Gewebs-

wasser vom Blutplasma nicht immer wieder mit neuen Nährstoffen versorgt, müßten die Körperzellen sehr schnell verhungern. Und würde das Blutplasma das Gewebewasser nicht ständig reinigen, müßten die Körperzellen schon nach kurzer Zeit in ihren eigenen Stoffwechselschlacken zugrunde gehen. Es ist also das Blutplasma, das dafür sorgt, daß das winzige Urmeer, das wir aus Urzeiten in unseren Körper hingerettet haben, nicht zur nährstoffarmen Kloake verkommt.

Blut ist wirklich ein ungewöhnliches Organ. Ungewöhnlich sind auch seine Zellen. Wer zum ersten Mal einen gefärbten Blutaussstrich unter dem Mikroskop betrachtet, wird über die Vielfalt der Formen und Farben staunen. Was zuerst auffällt, ist das Gewimmel der **roten Blutkörperchen**. Als lachsrote kernlose Scheibchen liegen sie dicht nebeneinander oder übereinander. Sie sind es, die dem Blut die rote Farbe geben. Dazwischen liegen vereinzelt größere Zellen, die mit den roten Blutkörperchen keinerlei Ähnlichkeit haben. In gefärbten Blutbildern leuchten ihre Zelleiber flieiderfarben, stahlblau oder rehbraun. Einige von ihnen sind von violetten Zellkernen fast bis zum Rand ausgefüllt. Andere sind vollgestopft mit himbeerfarbenen oder kobaltblauen Körnchen, und ihre Zellkerne ringeln sich wie schlecht gestopfte Würste. Diese prächtigen Zellen sind die angefärbten **weißen Blutkörperchen**. Färbt man Blutaussstriche lange genug, so erscheint eine dritte Zellart: die **Blutplättchen**. Im Gewimmel der roten Blutkörperchen sehen Blutplättchen aus wie versprengte blaue Farbkleckse. Auch sie haben keinen Zellkern. Rote Blutkörperchen,

Welche Arten von Blutzellen gibt es?

weiße Blutkörperchen und Blutplättchen erfüllen im Körper jeweils ganz verschiedene Aufgaben.

Rote Blutkörperchen – ihr wissen-

Was tun die roten Blutkörperchen?

schaftlicher Name ist Erythrozyten – transportieren den Sauerstoff der Atemluft von den Lungen zu den Körperzellen. Sie tun das mit Hilfe eines blauroten, eisenhaltigen Farbstoffs, den die Wissenschaftler Hämoglobin nennen. Hämoglobin reißt Sauerstoff gierig an sich. Im Körper geschieht das in den Lungen. Hier sind die Kapillaren besonders lang und eng. Wenn sich die Erythrozyten durch sie hindurchquälen, müssen sie sich so eng an die Kapillarwand anschmiegen, daß sie jetzt nur noch durch deren hauchdünne Epithelschicht von der Atemluft in den Lungenbläschen getrennt sind. Durch diese Epithelschicht hindurch wird das Hämoglobin der roten Blutkörperchen mit Sauerstoff beladen. Dabei ändert das Blut seine Farbe, denn sauerstoffarmes Hämoglobin ist dunkelrot, sauerstoffreiches dagegen hellrot. Mit dem aufgenommenen Sauerstoff versorgen die Erythrozyten alle Zellen des Körpers. Mit Hilfe des Sauerstoffs verbrennen die Körperzellen den Wasserstoff, den sie der Nahrung entnehmen, zu Wasser und gewinnen dabei für sich selbst ATP. Das daneben entstehende Kohlendioxid wird zum Teil in den roten Blutkörperchen, zum größeren Teil aber vom Blutplasma zur Lunge gebracht und dort in die Atemluft hinein ausgeschieden.

100 Billionen Körperzellen mit Sauerstoff zu versorgen, ist eine gewaltige Aufgabe. Dementsprechend hoch ist auch die Zahl der Erythrozyten im strömenden Blut: insgesamt etwa 25 Billionen Zellen. Würde man sie zu einer

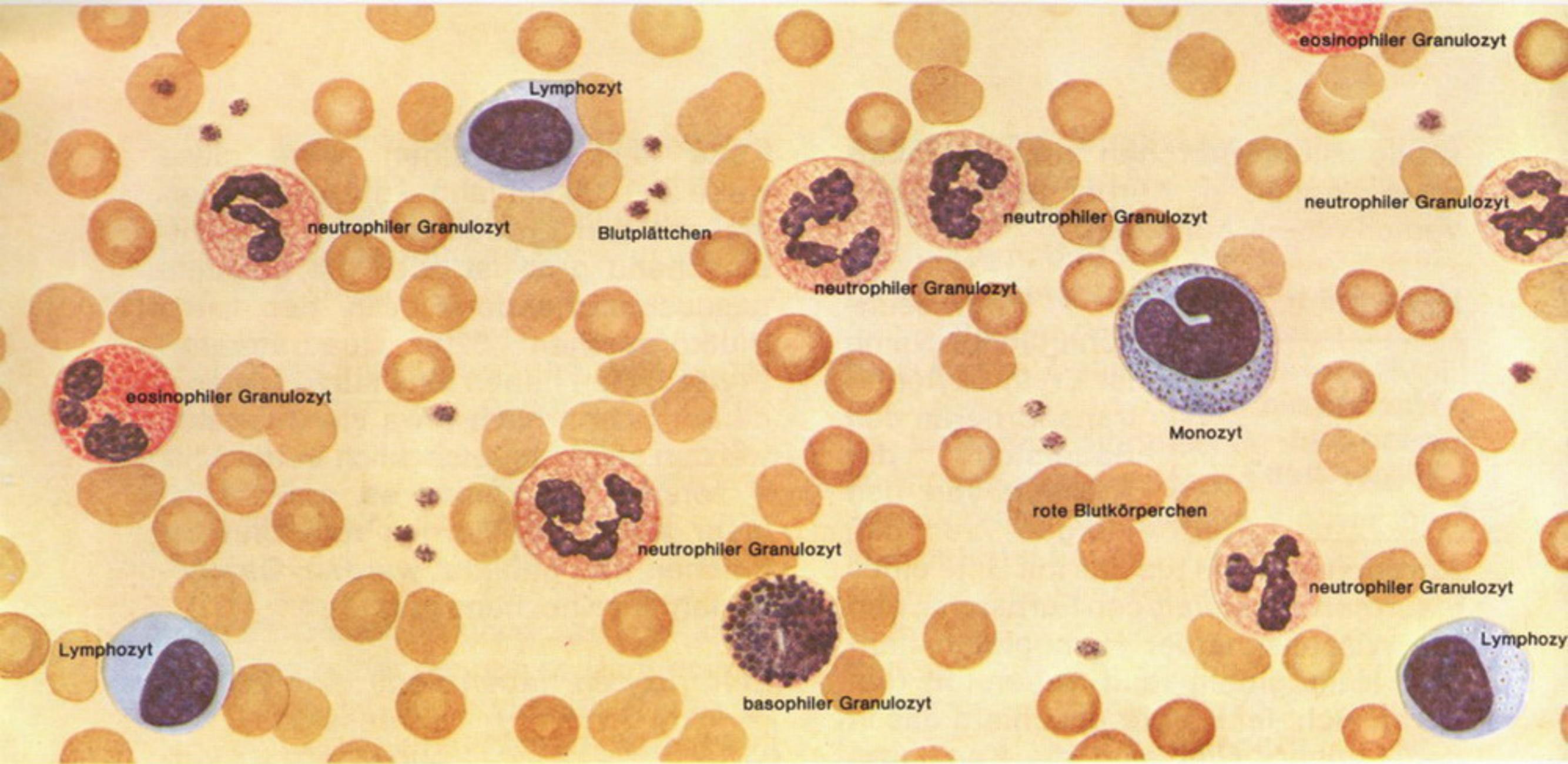
Kette aneinanderreihen, wäre diese Kette 200 000 km lang – sie würde fünfmal um den Erdball reichen. Dementsprechend groß ist auch die gesamte gasaustauschende Fläche der roten Blutkörperchen: 3200 Quadratmeter! Erythrozyten haben eine kurze Lebensdauer. Schon nach etwa vier Monaten werden sie – hauptsächlich in der Milz – zerstört. So kommt es, daß täglich mehr als 200 Milliarden rote Blutkörperchen neu gebildet werden. Das geschieht im Knochenmark.

Erythrozyten haben noch eine andere interessante Eigenschaft: sie verklumpen, wenn sie mit dem Blutplasma anderer Menschen zusammen-

Was sind Blutgruppen?

gebracht werden. Ärzte sagen: sie agglutinieren. Das geschieht nicht immer, aber doch ziemlich oft. Agglutination war die Ursache dafür, daß die ersten Blutübertragungen von Mensch zu Mensch oft tödlich verliefen. Die Wissenschaftler haben diese Frage inzwischen gründlich untersucht. Sie haben folgendes gefunden: An der Oberfläche menschlicher Erythrozyten finden sich zwei sogenannte Blutgruppensubstanzen, die man mit A und B bezeichnet. Manche Menschen haben an ihren roten Blutkörperchen gleich beide Stoffe. Ihre Blutgruppe ist dann: AB. Wieder andere besitzen gar keine Blutgruppensubstanzen. Sie haben die Blutgruppe 0.

Wer die Blutgruppe A hat, besitzt in seinem Blutplasma immer auch einen Stoff, der Erythrozyten der Blutgruppe B agglutiniert. Und umgekehrt gibt es im Blutplasma von Menschen mit Blutgruppe B einen Stoff, der gegen die Blutgruppensubstanz A gerichtet ist. Solche Stoffe, die Agglutination auslösen, heißen Agglutinine. Menschen mit



Blutgruppe AB besitzen natürlich keine Agglutinine, sonst würden ihre eigenen Blutkörperchen ja agglutinieren. Dagegen gibt es im Plasma der Blutgruppe 0 Agglutinine, die sowohl gegen A als auch gegen B gerichtet sind. Wir wollen die Blutgruppeneigenschaften des Menschen in einer Tabelle zusammenfassen:

| Blutgruppe | Blutgruppensubstanz an den Erythrozyten | Agglutinine im Blutplasma |
|------------|---|---------------------------|
| A | A | gegen B gerichtet |
| B | B | gegen A gerichtet |
| A B | A und B | keine Agglutinine |
| 0 | keine | gegen A und B gerichtet |

Wer die Tabelle verstanden hat, kann sich leicht selbst überlegen, warum Menschen der Blutgruppe A kein Blut der Blutgruppe B erhalten dürfen. Oder warum man Blut der Blutgruppe 0 jedem beliebigen Patienten übertragen kann. Es ist interessant, darüber ein bisschen nachzudenken.

Man hat inzwischen weitere Blutgruppensubstanzen entdeckt. Viele von ihnen sind A- oder B-Untergruppen.

Blut besteht aus Blutplasma und Blutzellen. Unter dem Mikroskop sieht man, daß rote Blutzellen keinen Zellkern haben. Dagegen enthalten weiße Blutkörperchen Kerne, die groteske Formen annehmen können. In gefärbten Blutaussstrichen leuchten ihre Zelleiber fliederfarben, stahlblau oder blaßbraun. Blutplättchen haben auch keinen Zellkern; wenn sie zerfallen, leiten sie die Blutgerinnung ein.

Eine eigene Blutgruppensubstanz ist der sogenannte Rhesus-Faktor. Blutgruppen werden – wie andere Eigenschaften auch – von den Eltern auf ihre Kinder vererbt.

Wir hatten gesehen: Erythrozyten transportieren Sauerstoff und Kohlendioxyd, und sie sind die Träger der Blutgruppeneigenschaften. Mit alledem haben ihre ungleichen Brüder, die Leukozyten – so nennen Wissenschaftler die weißen Blutkörperchen – nichts zu tun. Ihre Aufgabe ist eine ganz andere: sie sind die Polizei des Körpers. Überall dort, wo Krankheitserreger eindringen, sammeln sie sich in großen Mengen. Sie wandern durch die Kapillaren hindurch ins Gewebe aus und stürzen sich sofort auf den

Was tun die weißen Blutkörperchen?

Feind. Ein erbitterter Abwehrkampf beginnt. Einige Leukozyten scheiden Stoffe aus, in denen eingedrungene Bakterien zugrunde gehen. Andere werfen sich über den Angreifer, fressen und verdauen ihn. Dabei gibt es Opfer auch in den eigenen Reihen. Aber diese Opfer haben einen Sinn: aus den zerfallenen weißen Blutkörperchen werden Stoffe frei, die andere Leukozyten anlocken. So wird die Front der Verteidiger immer dichter. Schließlich umgeben sie den Krankheitsherd wie eine Armee, die den Gegner eingeschlossen hat. Gegen Ende des Kampfes wimmelt es auf dem Schlachtfeld von toten Bakterien, Zelltrümmern und umgekommenen Leukozyten. Das alles verschmilzt oft zu einer zähen, gelben Jauche: dem Eiter. Später sind es wieder die Leukozyten, die den Kampfplatz abräumen und reinigen. Man versteht, warum im Blut von Menschen, die sich mit Bakterien infizieren, die weißen Blutkörperchen oft sehr stark vermehrt sind. Aber auch nach einer Organverpflanzung ist das der Fall. Die Leukozyten betrachten das fremde Gewebe als Feind und versuchen, es zu zerstören. Das ist der Grund dafür, daß so viele Organverpflanzungen mit einem Mißerfolg enden.

Es gibt verschiedene Arten von weißen Blutkörperchen. Nach Form und Herkunft unterscheidet man: Granulozyten, Lymphozyten und Monozyten. Ihre

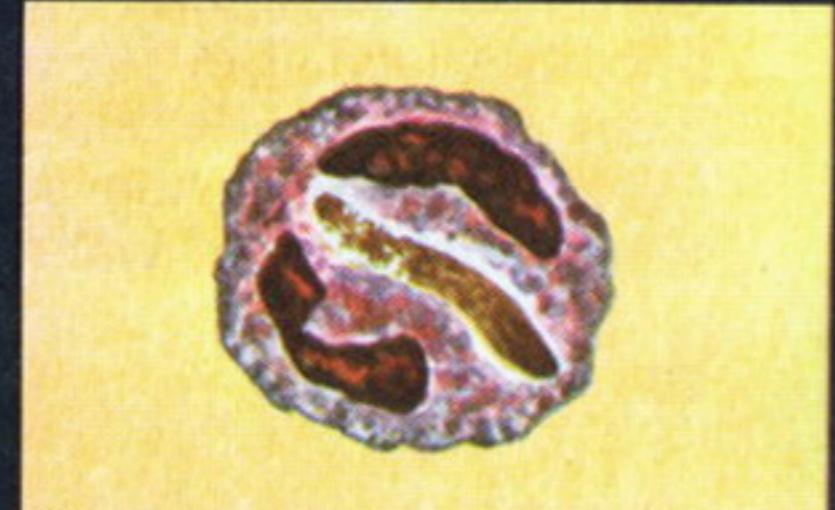
Weiße Blutkörperchen sind die Polizei des Körpers. Einige von ihnen, die neutrophilen Granulozyten, sind Freßzellen. Sie können, wie man sieht, Krankheitserreger in ihrem Zelleib aufnehmen, verdauen und so zerstören.

Bildungsstätten sind das Knochenmark, die Lymphknoten und besondere Zellen, die in der Nähe der Blutgefäße liegen und überall im Körper verstreut sind. Eines aber ist allen Leukozyten gemeinsam: sie gehören zur Schutztruppe des Körpers.

Wenn Blut so viele lebenswichtige Aufgaben erfüllt, muß es für den Körper gefährlich sein, wenn er Blut verliert. Das ist in der Tat so. Es ist daher sinnvoll, wenn der menschliche Organismus über Methoden verfügt, Blutungen schnell und wirkungsvoll zum Stehen zu bringen. Eine dieser Methoden ist die Blutgerinnung. Wenn man sich mit einem Messer in den Finger schneidet und das Blut dann einfach laufen läßt, kann man spätestens nach einigen Minuten beobachten, wie die Blutstropfen dickflüssiger werden, dann zu tropfen aufhören und die Wunde schließlich durch eine speckig glänzende, rote Gallerte verschlossen wird. Das Blut ist geronnen.

Diese Blutgerinnung ist ein überaus komplizierter Vorgang. An ihr sind mehr als 20 verschiedene Stoffe beteiligt. Der Grundvorgang besteht darin, daß in der Wunde ein lösliches Eiweiß des Blutplasmas, das Fibrinogen, in ein unlösliches, elastisches Fasergespinst, das Fibrin, umgewandelt wird. Dieses immer dichter werdende Netz zieht sich zusammen und fängt so in seinen Maschen die vorbeiströmenden Blutzellen ein.

Um Fibrinogen in Fibrin zu verwandeln,



bedarf es eines Wirkstoffes, den die Wissenschaftler Thrombin nennen. Thrombin ist ein Enzym: so heißen Stoffe, die im Körper chemische Reaktionen in Gang setzen, ohne selbst dabei verändert zu werden. Die Thrombin-Bildung beginnt, wenn mit dem Blut auch die hochempfindlichen Blutplättchen, die Thrombozyten, austreten und sofort an der Luft zerfallen. Damit beginnt eine Kette komplizierter Stoffwechselvorgänge, an deren Ende schließlich das Enzym Thrombin entsteht, das dann in der zweiten Phase der Gerinnung Fibrinogen in Fibrin umwandelt.

Wie wichtig die Blutgerinnung für den Körper ist, sieht man besonders deutlich am Beispiel der Bluter. Bluter sind Kranke, bei denen die Gerinnung gestört ist, weil irgendeiner der vielen dazu nötigen Stoffe nicht normal gebildet wird. Solche Menschen können verbluten, wenn sie sich zu stark die Nase putzen. Jede Operation wird bei ihnen zu einer besonders schwierigen Aufgabe.

Der Körper eines gesunden Erwachsenen enthält 5 Liter Blut. Dieses Blut strömt fortwährend durch ein geschlossenes Röhrensystem. Zwei

Wie bewegt sich das Blut durch den Körper?

Pumpen: das linke und das rechte Herz – so werden die beiden Herzhälften von Medizinern genannt –, treiben es 1500 mal am Tag im Kreis herum.

Das linke Herz pumpt das sauerstoffreiche Blut der Lungen zunächst in die große Körperschlagader: die **Aorta**. Eine gesunde Aorta ist so dick wie ein Gartenschlauch. Ihre Wand ist zäh und hochelastisch. Bei jedem Herzschlag bläht sie sich wie ein aufgepumpter Fahrradschlauch. Aber schon eine Viertelsekunde später, während das Herz

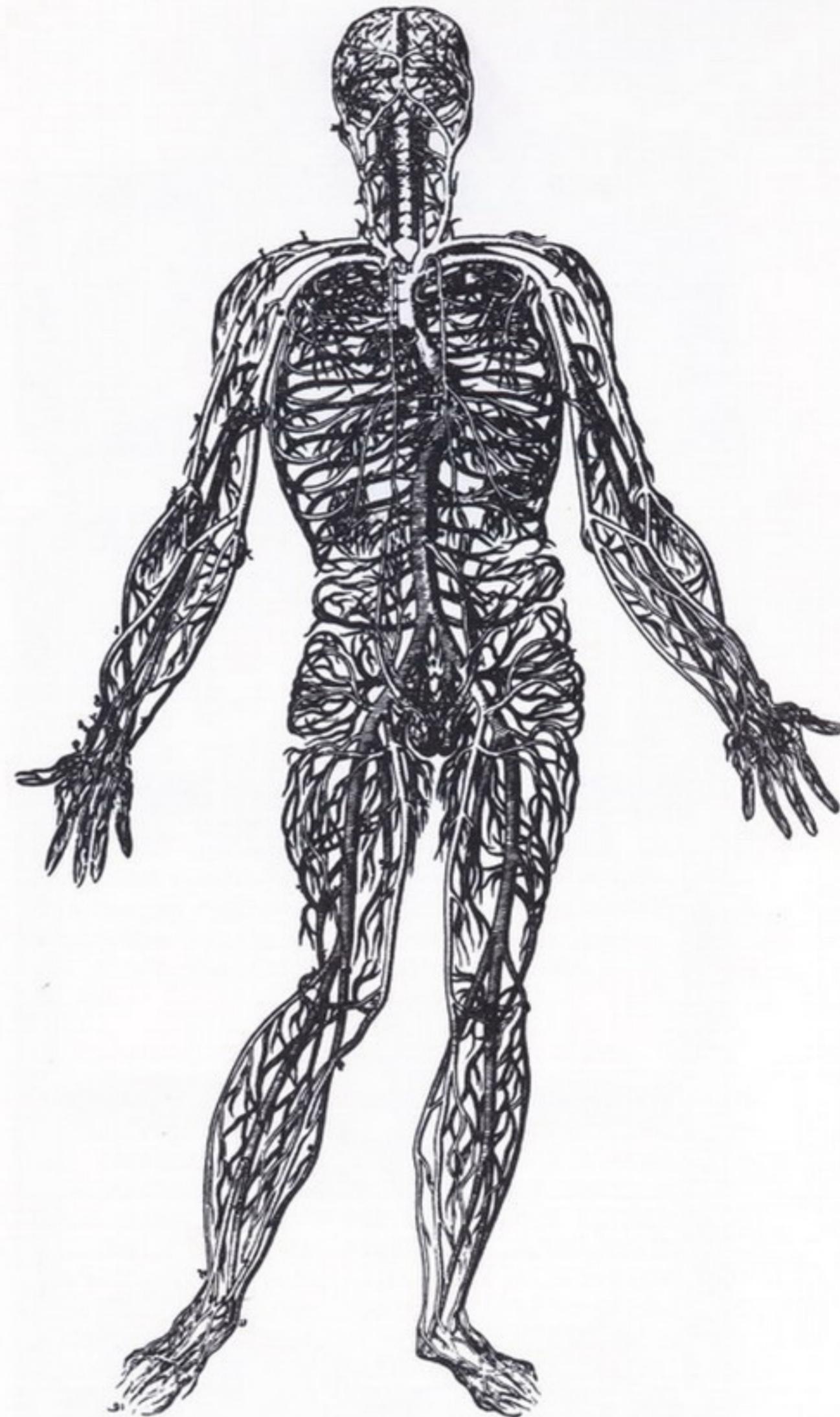
wieder erschlafft und neues Lungenblut ansaugt, schnurrt sie auf ihre ursprüngliche Dicke zusammen. Dabei preßt sie das Blut in ihre Äste, die großen Arterien – so heißen alle Adern, die das Blut vom Herzen weg und in den Körper leiten. Diese großen Schlagadern, in denen das Blut nach jedem Herzschlag fühlbar pulsiert, verzweigen sich wie Bäume. Ihre letzten, für das Auge unsichtbaren Ausläufer heißen Arteriolen.

Arteriolen sind unvorstellbar feine, von hauchdüninem Epithel ausgekleidete Muskelschlüche. Auf Befehl des Gehirns oder veranlaßt durch körpereigene Wirkstoffe können sie vollständig erschlaffen oder sich zu undurchdringlichen Muskelfäden zusammenkrampfen. Die Arteriolen sind die Verkehrsampeln des Blutkreislaufs, denn sie geben dem Blut den Weg in die Kapillaren frei. Sie sind es, die das Blut des linken Herzens auf die Organe verteilen. Normalerweise fließt ein Siebentel des Aortenblutes durch das Gehirn, ein Zehntel durch den Herzmuskel, ein Viertel durch die Nieren, ein Fünftel durch die Verdauungsorgane und ein Drittel durch Muskeln, Haut und Knochen. Diese Verteilung ändert sich aber sofort, wenn ein Organsystem besonders beansprucht wird. So erhalten Magen, Darm und Leber nach einer guten Mahlzeit weitaus mehr Blut als vorher. Unter dieser Neuverteilung des Blutes leidet auch das Gehirn. Daher wird ein Mensch nach dem Essen müde: „Ein voller Bauch studiert nicht gern.“

Die **Kapillaren** der Organe bilden ein unvorstellbar dichtes Netz aus epithelialen Blutgefäßen. Ihre Gesamtlänge im Körper wird auf 100 000 Kilometer, ihre Oberfläche auf 700 000 Quadratmeter geschätzt. Durch diese gewaltige Fläche hindurch tauschen Blutplasma und Gewebswasser Nährstoffe,

Wirkstoffe und Stoffwechselschlacken untereinander aus. Und in diesem Labyrinth von Haargefäßen gibt auch das Hämoglobin der Erythrozyten seinen Sauerstoff an die Zellen ab. Dabei wechselt seine Farbe von hellrot nach dunkelrot.

Das aus den Kapillaren austretende Blut sammelt sich in feinen Blutadern: den **Venolen**, die zu größeren Gefäßen: den **Venen**, zusammentreten. Von der treibenden Kraft des Herzschlags ist in den Venen nichts mehr zu spüren. Während diese Gefäße nichts anderes als dünnwandige Muskelröhren, würde in ihnen der Blutstrom zum Stehen kommen. Damit dies nicht geschieht, besitzen alle größeren Venen Ventile: die Venenklappen. Das sind kleine, herzwärts offene Täschchen, die vom rückwärts schwappenden Blut gefüllt und damit verschlossen werden. So kann die Blutsäule herzwärts von Klappe zu Klappe steigen. Alles Venenblut sammelt sich schließlich in den großen Venenstämmen und strömt von dort durch die beiden Hohlvenen ins rechte Herz. Das rechte Herz ist die zweite Pumpe des Blutkreislaufs. Es pumpt das nunmehr dunkelrote Blut der Körpervenen in die fingerdicken Stämme der **Lungenschlagadern** und damit in das gewaltige Kapillarnetz der Lunge. Hier wird das Hämoglobin der Erythrozyten erneut mit Sauerstoff beladen, und Kohlendioxyd, das Abgas der Verbrennungsprozesse in den Körperzellen, wird herausgewaschen und entweicht mit dem Atem. Das wieder hellrote Lungenblut sammelt sich in den beiden großen **Lungenvenen**, die es ins linke Herz zurückleiten. Damit ist der Blutkreislauf geschlossen. Ein Blutkörperchen, das vom linken Herzen durch die Aorta und die große Beinschlagader ins Kapillarnetz der kleinen Zehe schwimmt und von dort durch die Körpervenen, das rechte Herz und die Lun-



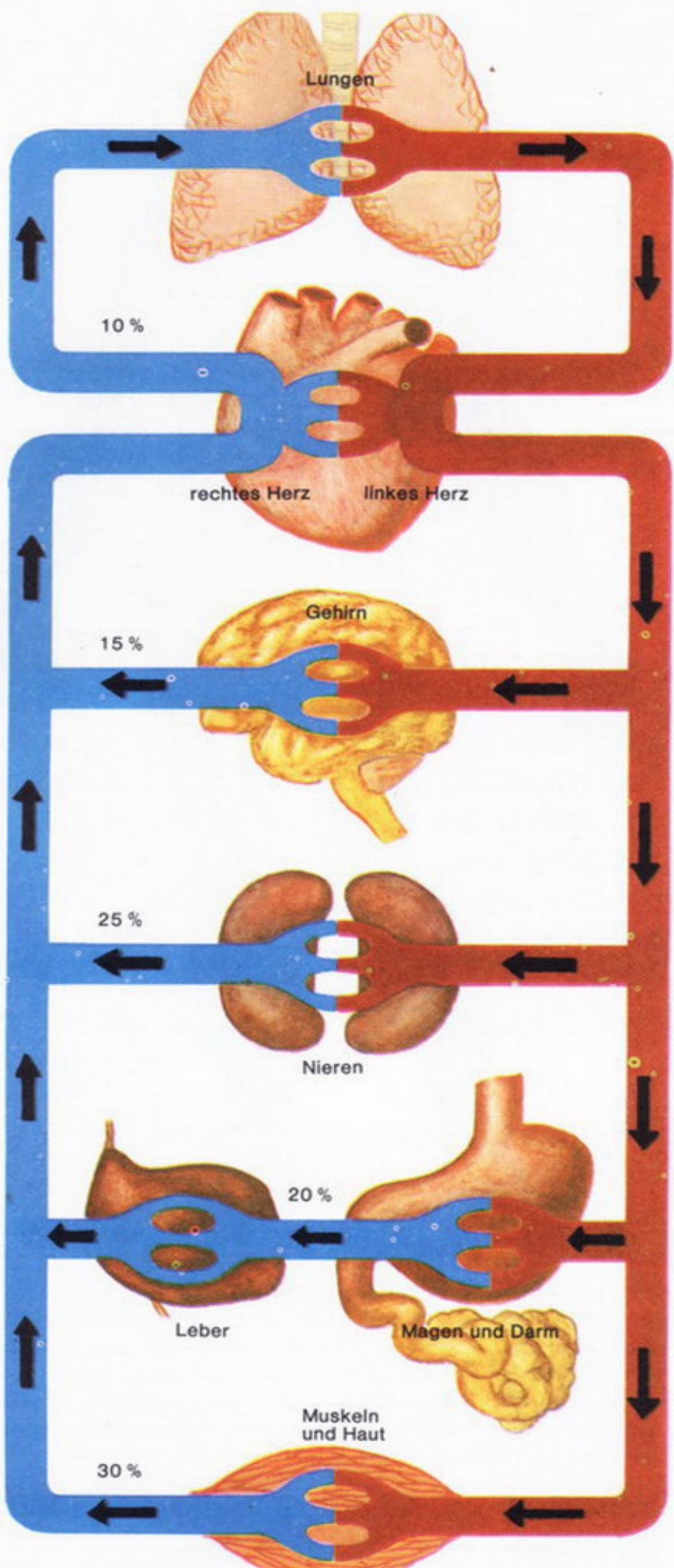
Die großen und mittleren Gefäße des Blutkreislaufs haben die Aufgabe, das Blut im Körper zu verteilen. Dieses Bild wurde vor mehr als 400 Jahren von einem flämischen Künstler nach Angaben des berühmten Anatomen Andreas Vesal (1514–1564) in Kupfer gestochen. Vesal war der erste Wissenschaftler, der den menschlichen Körper in allen seinen Teilen richtig darstellte.

gen ins linke Herz zurückkehrt, braucht für diese Reise 23 Sekunden.

Es sind – wie gesagt – zwei Pumpen,

Wie arbeitet das Herz?

die das Blut durch die Blutgefäße im Kreise herumtreiben: das linke und das rechte Herz. In allen höheren Lebewesen haben sich aber diese bei-



1500mal am Tag strömt unser Blut durch ein geschlossenes Röhrensystem im Kreise herum. Die Motoren dieses Blutkreislaufs sind das linke und das rechte Herz – so nennen Ärzte die beiden Herzhälften. Das linke Herz pumpt das Blut in die großen Arterien und durch das Kapillarnetz der Organe in die Körpervenen. Das rechte Herz sammelt dieses Blut und treibt es durch den Gefäßbaum der Lunge zurück ins linke Herz. Damit ist der Kreislauf geschlossen.

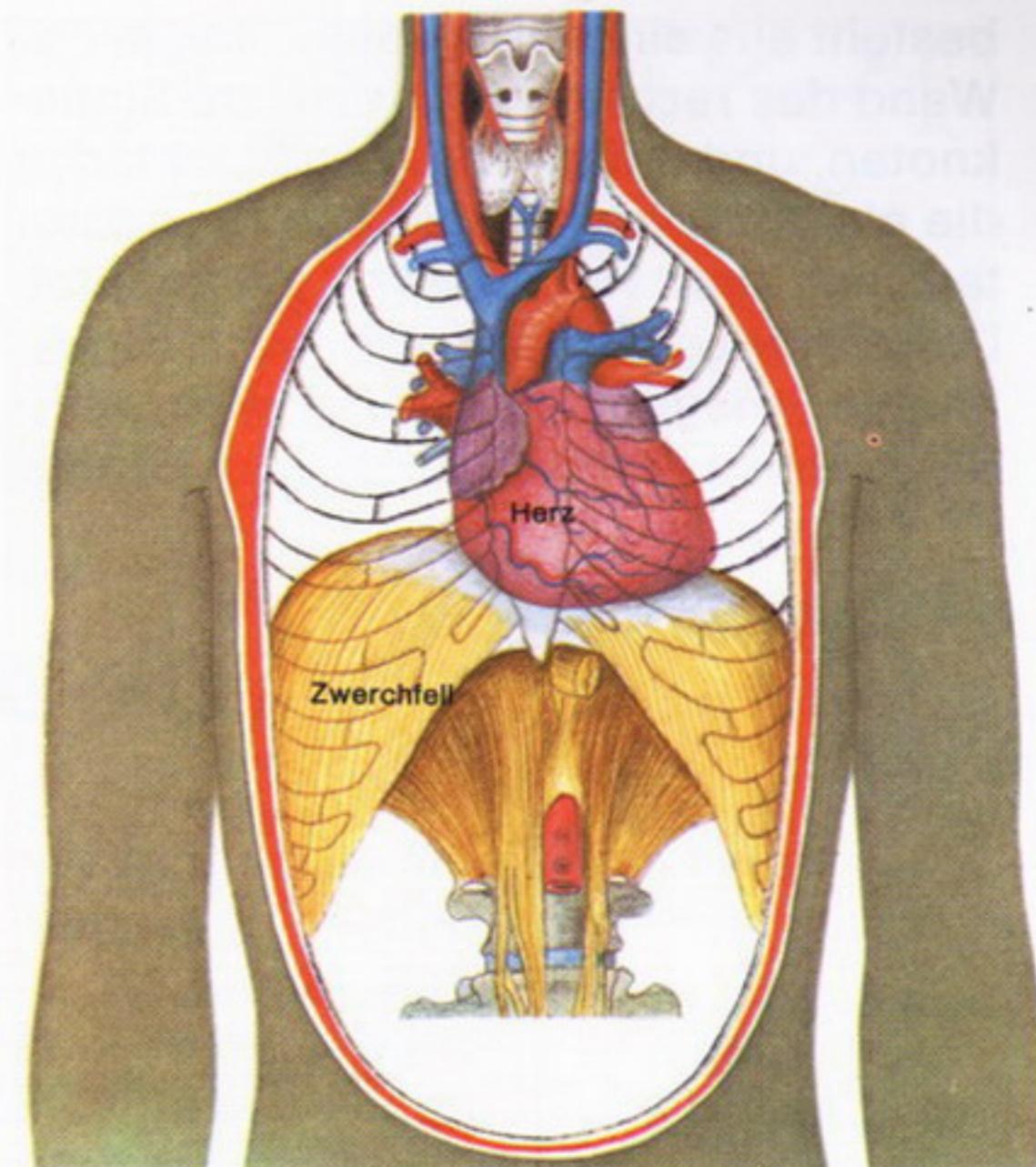
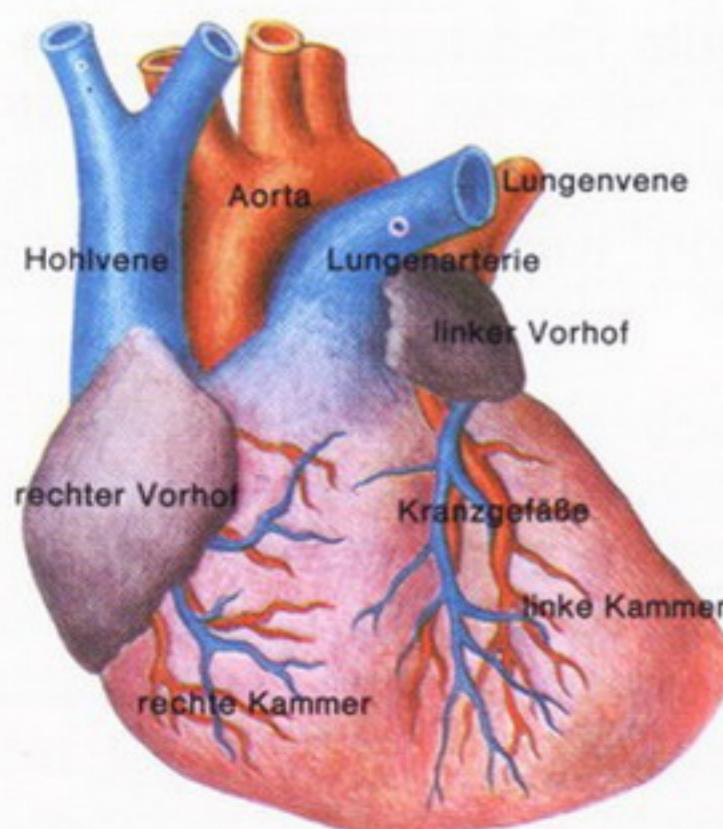
den an sich selbständigen Organe zu einem einzigen Organ, dem Herzen, zusammengeschlossen. Das Herz ist demnach ein paariger, hohler, von Epithel ausgekleideter, 300 g schwerer Muskel, der sich 60–70mal in der Minute zusammenzieht. Dabei werden jeweils etwa 0,075 l Lungenblut vom linken Herzen in die Aorta und 0,075 l Venenblut vom rechten Herzen in die Lungen gepumpt. Das aber heißt: mit 100 000 Schlägen preßt das Herz täglich 15 000 Liter Blut durch die Kapillarnetze der Organe. Dabei leistet das faustgroße Organ dieselbe Arbeit wie ein Lastenträger, der 30 Zentner Kohlen vom Hof hinauf in den 3. Stock schleppt. Aber das ist nur seine Mindestleistung. Bei jeder größeren Anstrengung vermag das Herz fünfmal so viel zu leisten.

Man begreift, warum ein so kleines Organ – sein Gewicht beträgt noch nicht einmal $\frac{1}{2}$ Prozent des Körpergewichtes – dennoch 20 % des eingeatmeten Sauerstoffs verbraucht. Und man begreift auch, warum allein der Herzmuskel 10 % des sauerstoffreichen Lungenblutes über die Herzkranzgefäße für sich selbst abzweigt.

Jede Herzhälfte besteht aus zwei Abschnitten: dem dünnwandigen Vorhof, der das Venenblut sammelt, und der muskulösen Kammer, die das Blut in die Arterien pumpt. Durch die Kammerung der Herzhälften entstehen jeweils zwei Durchlässe, die das Blut passieren muß: eine zwischen Vorhof und Kammer und eine zweite zwischen Kammer und Arterie. Beide können durch Herzklappen verschlossen werden. Die Herzklappen zwischen den Vorhöfen und den Kammern sehen aus wie aufgespannte Sonnensegel, daher ihr Name: Segelklappen. Sie verhindern, daß Blut aus den Kammern in die Vorhöfe zurückströmt. Dagegen gleichen die Klappen zwischen Kammern

und Arterien den Venenklappen. Sie verschließen die Arterien gegen die Kammern, wenn diese sich erneut mit Blut füllen. Man kann das Zuschlagen der Herzklappen hören, wenn man ein Hörrohr, wie es die Ärzte benutzen, über dem Herzen auf die Brustwand aufsetzt. Es ist das leisere Geräusch, das dem „Herzschlag“ folgt. Die kurze Ruhezeit, in der das Herz erschlafft und dabei Venenblut in die Kammern saugt, heißt Diastole. Die noch kürzere Zeit, in der der Herzmuskel sich zusammenzieht und Blut auswirft, heißt Systole. Eine Systole dauert eine Drittel Sekunde, eine Diastole zwei Drittel Sekunden. Man kann also sagen, daß das menschliche Herz am Tag acht Stunden arbeitet und 16 Stunden ruht. Das Herz ist ein weitgehend selbstständiges Organ. Während jeder andere Muskel im Körper vom Gehirn kommandiert wird, besitzt der Herzmuskel seinen eigenen Schrittmacher. Dieser

Zwei Pumpen: das linke und das rechte Herz, bewegen unser Blut im Kreise herum. Bei allen höheren Lebewesen haben sich diese beiden an sich selbstständigen Organe zu einem einzigen Organ zusammengeschlossen. Das menschliche Herz ist ein faustgroßer hohler Muskel, der durch die Herzkranzgefäße mit Blut versorgt wird.



Geschützt vom knöchernen Brustkorb und eingehüllt von den Lungen, liegt unser Herz inmitten der Brusthöhle. Die Brusthöhle wird durch ein paariges Muskelgewölbe, das Zwerchfell, von der darunterliegenden Bauchhöhle getrennt.

Während jeder andere Muskel im Körper vom Gehirn kommandiert wird, besitzt der Herzmuskel seinen eigenen Schrittmacher: den Sinusknoten – so nennen die Wissenschaftler eine hirsekorngroße Ansammlung von Nervenzellen in der Wand des rechten Vorhofs. Der Sinusknoten erteilt dem Herzmuskel elektrische Befehle, die sich während jedes Herzschlags in „Stromschleifen“ über den ganzen Körper ausbreiten. Werden solche Herzströme aufgezeichnet, so erhält man eine Herzstromkurve: ein Elektro-Kardiogramm (abgekürzt: EKG). Ein EKG gestattet es den Ärzten, die Arbeit des gesunden und des kranken Herzens zu beurteilen.



besteht aus einem Nervenknoten in der Wand des rechten Vorhofs: dem Sinusknoten, und einem Nervengeflecht, das die elektrischen Befehle des Sinusknotens an den Herzmuskel weiterleitet. Der elektrische Strom, der vom Sinusknoten ausgeht, verbreitet sich während eines Herzschlags in „Strom-

schleifen“ über und durch den ganzen Körper. Er kann durch geeignete Apparate aufgezeichnet werden. Eine solche aufgezeichnete Herzstromkurve heißt: Elektrokardiogramm oder abgekürzt: EKG. Ein EKG gestattet es den Ärzten, die Arbeit des gesunden und des kranken Herzens zu beurteilen.

Die Atmung

Schauen wir noch einmal zurück! Wir hatten gesehen, daß jede Körperzelle einem kleinen Kraftwerk gleicht. Sie erzeugt ständig Energie, um zu leben. Sie tut das, indem sie Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbrennt und die dabei freigesetzte Energie als ATP speichert. Zugleich zerlegt sie das Kohlenstoffgerüst der

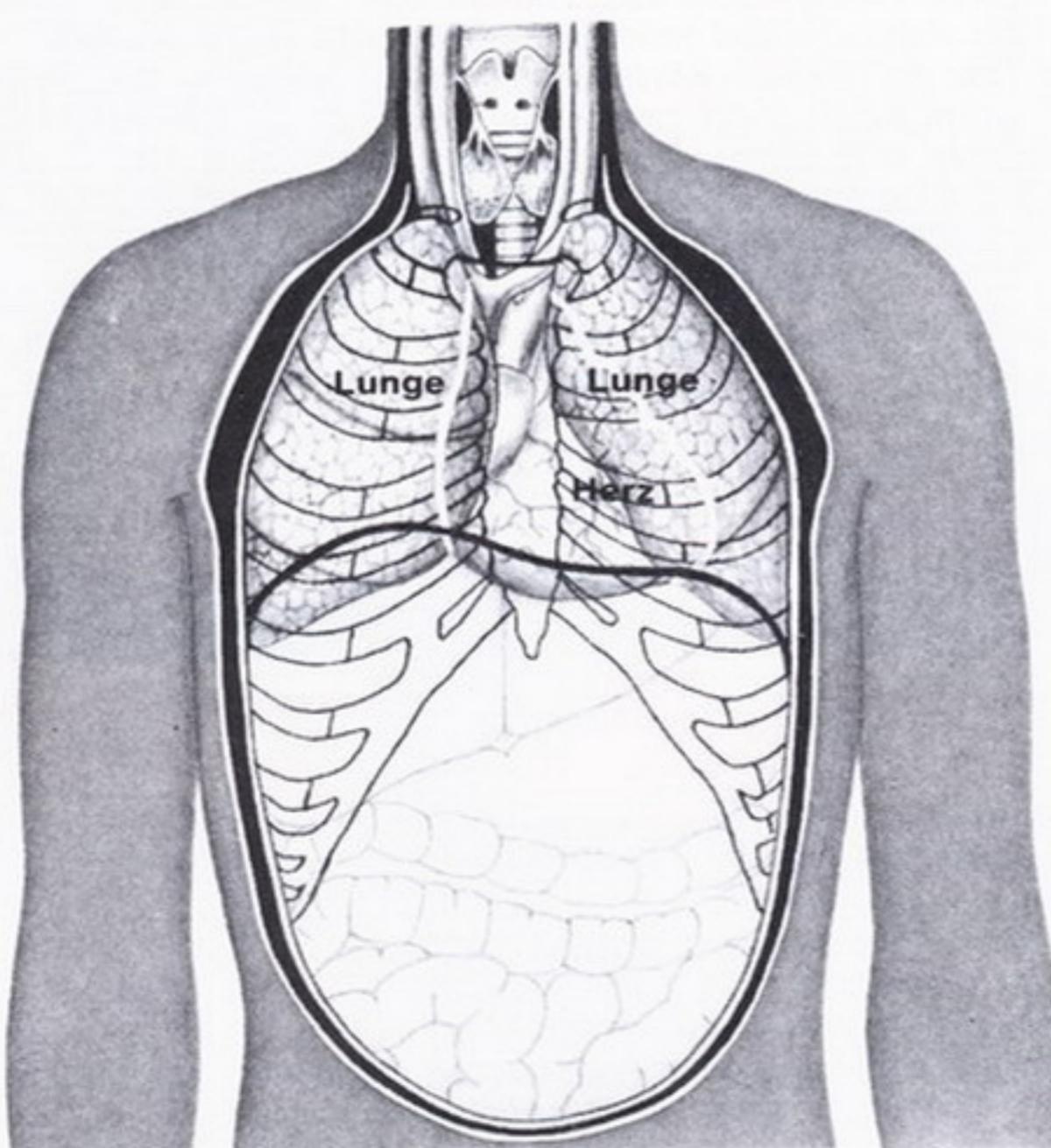
Wie arbeiten die Lungen?

Energie, um zu leben. Sie tut das, indem sie Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbrennt und die dabei freigesetzte Energie als ATP speichert. Zugleich zerlegt sie das Kohlenstoffgerüst der

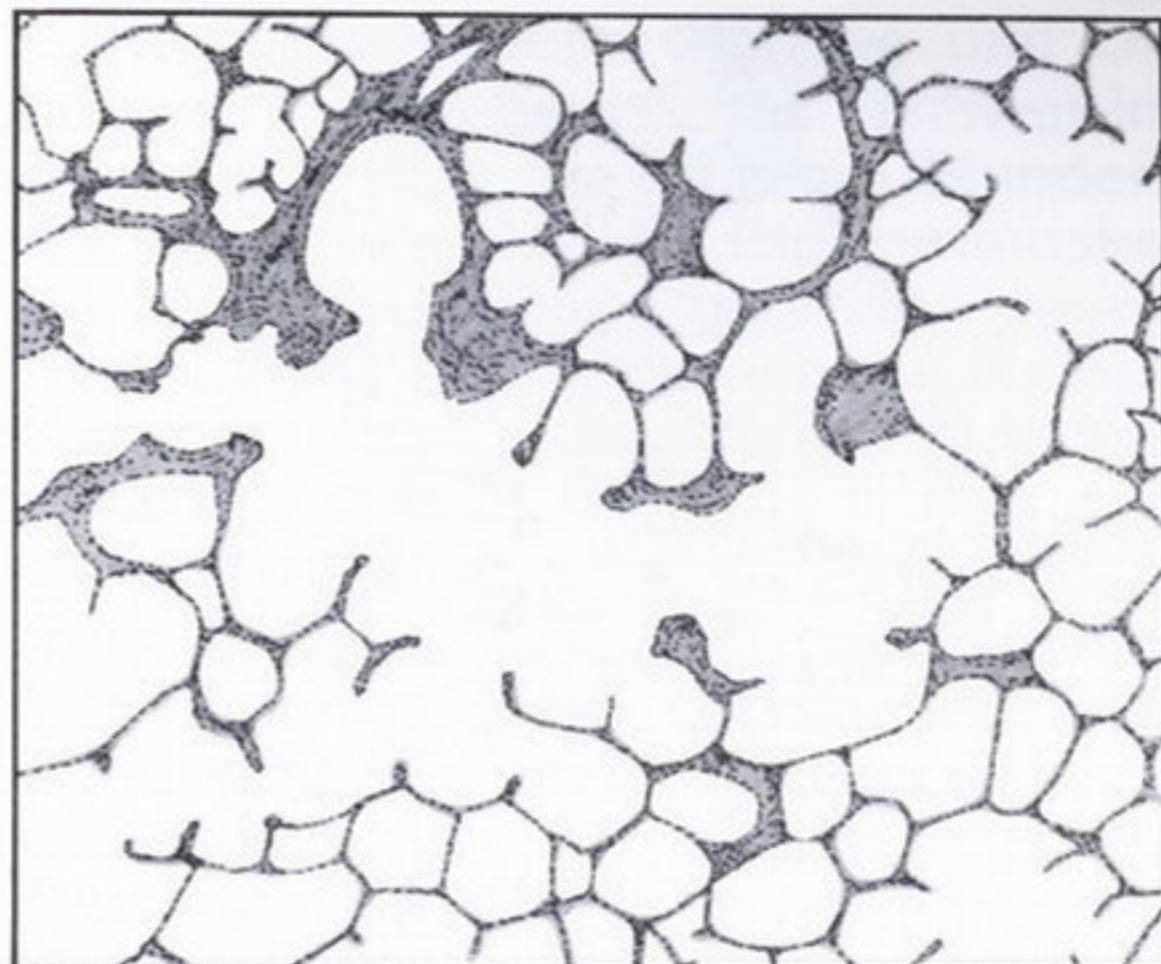
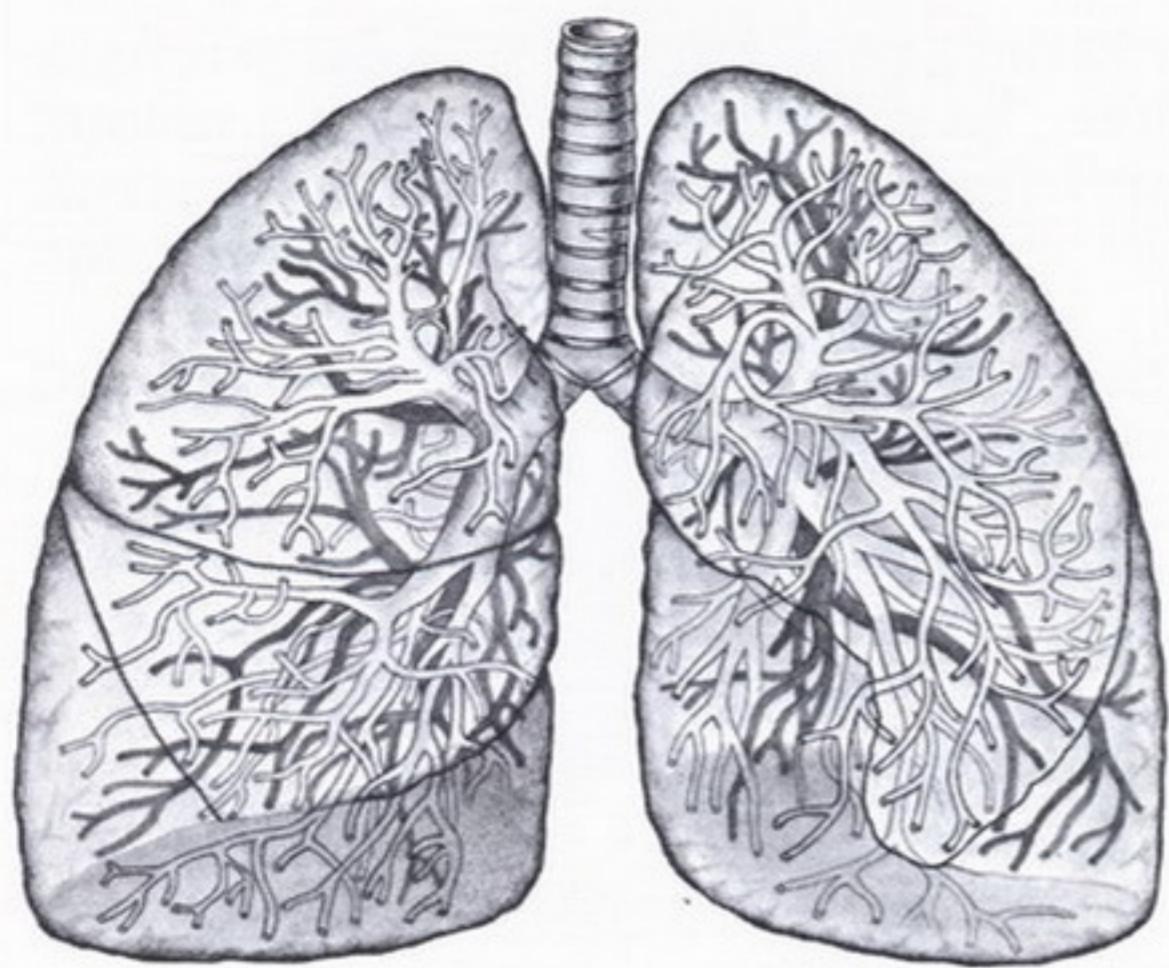
Nahrungsstoffe zu Kohlendioxyd. Alles in allem bedeutet das: die Körperzellen brauchen Sauerstoff, und sie müssen Kohlendioxyd abgeben. Beide Bedürfnisse befriedigt das Blut. Es versorgt die Zellen mit Sauerstoff und übernimmt ihr Kohlendioxyd. Es kann das tun, weil es selbst bei jedem Umlauf mit neuem Sauerstoff beladen und von Kohlendioxyd befreit wird. Der Ort, wo dies geschieht, ist die Lunge.

Die Lunge ist ein Organ, das mit seinen beiden Teilen, den Lungenflügeln, den Brustkorb ausfüllt und das Herz wie ein Mantel einhüllt. Sie ist ein Labyrinth aus 400 Millionen winzigen Kammern, in denen die Atemluft hin- und herpendelt. Diese Kammern heißen Lungenbläschen oder Alveolen. In sie hinein strömt die Außenluft durch ein weitverzweigtes Röhrensystem: den Bronchialbaum.

Man schätzt die Oberfläche aller Lungenbläschen auf etwa 100 Quadratmeter. Diese vergleichsweise riesige Fläche ist von Kapillaren dicht um-



Die Lunge ist ein zartes, schwammiges Organ, das mit seinen beiden Teilen, den Lungenflügeln, die Brusthöhle bis in die letzte Spalte hinein ausfüllt. Sie hüllt das Herz und die großen Blutgefäße, die dort entspringen oder einmünden, wie ein Mantel ein.



Links: In die beiden Lungenflügel hinein und aus ihnen heraus strömt die Atemluft durch ein weitverzweigtes Röhrensystem: den Bronchialbaum. Der Stamm dieses Baumes ist die fingerdicke Luftröhre, die durch Knorpelringe offen gehalten wird. Aus der Luftröhre leiten die bleistiftdicken Hauptbronchien die Luft weiter in die drei rechten und die zwei linken Lungenlappen.

Rechts: Die Lunge ist ein Labyrinth aus 400 Millionen winzigen Kammern, in denen die Atemluft hin- und herpendelt. Diese Kammern heißen Lungenbläschen oder Alveolen. Schneidet man ein Stückchen Lunge in feine Scheibchen und betrachtet sie unter dem Mikroskop, dann sehen die angeschnittenen Wände der Alveolen wie ein engmaschiges Netz aus.

sponnen. In den Alveolen trennt nur noch eine hauchdünne Wand das Blut von der Atemluft. Durch sie hindurch wird das Hämoglobin der Erythrozyten mit neuem Sauerstoff beladen. Zugleich strömt Kohlendioxid hinaus in den vorbeistreichenden Luftstrom.

Beim Ausatmen wird längst nicht alle

Luft aus der Lunge ausgestoßen; ein großer Teil bleibt in den Lungenbläschen. Diese Restluft wird jedesmal, wenn ein Mensch einatmet, mit frischer Atemluft durchmischt und so immer wieder erneuert.

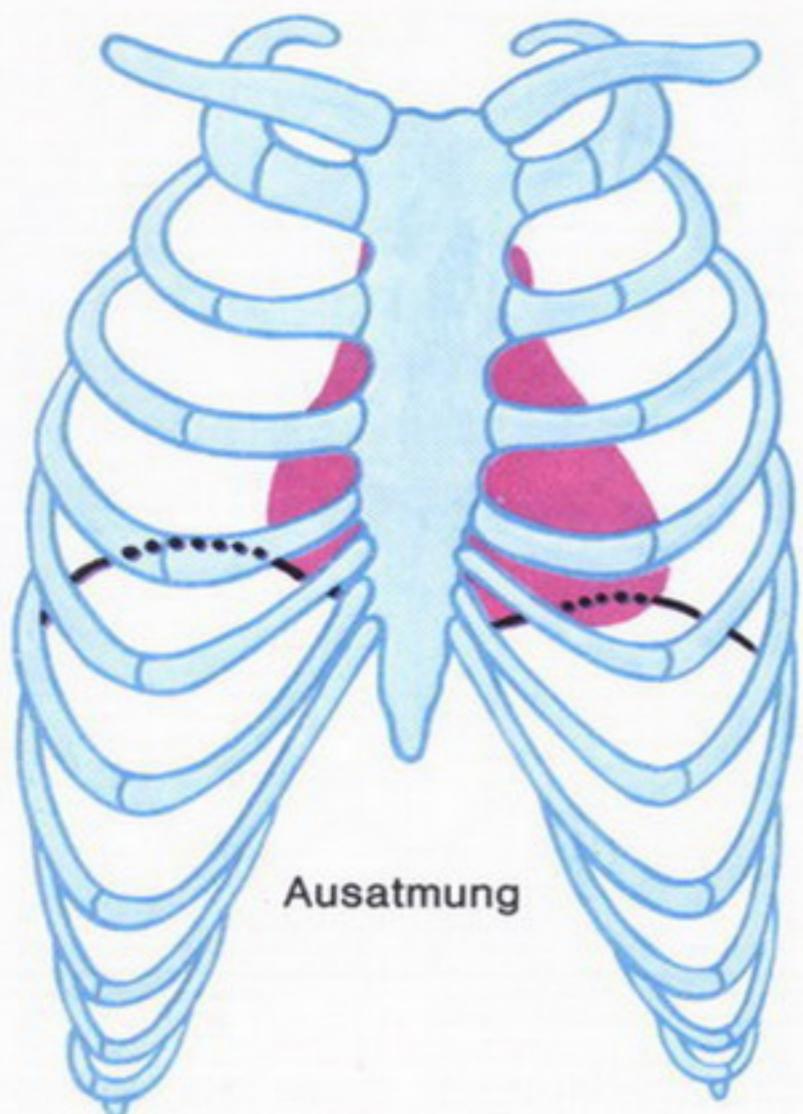
Einatmen geschieht dadurch, daß man seine Brusthöhle vergrößert. Diese Brusthöhle ist nach außen durch den knöchernen Brustkorb und nach innen durch ein paariges Muskelgewölbe, das Zwerchfell, abgegrenzt. Bei jedem Atemzug heben die Brustmuskeln den

Brustkorb nach oben. Zugleich ziehen sich die Zwerchfellkuppeln zusammen und werden dabei flacher. Beides führt zu einer Vergrößerung der Brusthöhle. Dabei vergrößert sich die hochelastische Lunge ebenfalls, weil sie mit einem Flüssigkeitsfilm an der Brustwand haftet und weil der Druck der Außenluft sie durch den Bronchialbaum hindurch bläht, wie wenn man einen Luftballon in einer Flasche aufbläst. Dann aber erschlaffen Brustmuskeln und Zwerchfell, und das Gewicht des herabsinkenden Brustkorbs drückt die Lunge wieder zusammen. Die eben eingeatmete Luft entweicht. Ein Mensch holt 15–20mal in der Minute Luft. Damit bewegt er etwa 5 Liter Atemluft hin und her. Aber diese vergleichsweise kleine Menge kann auf das 10fache steigen, wenn man – etwa beim Rennen oder Treppensteinen – schneller und tiefer atmet. Das geschieht ganz von selbst. Wir verdanken das dem Atemzentrum im Ge-

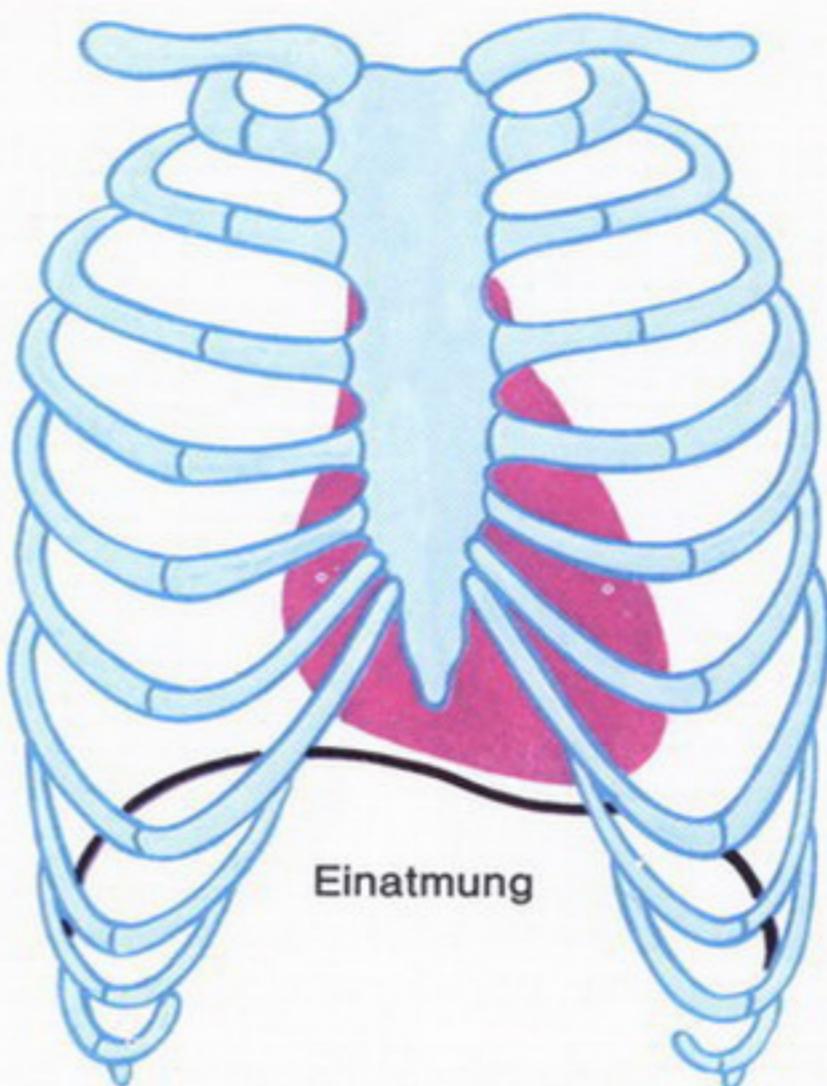
Wie atmen wir?

desmal, wenn ein Mensch einatmet, mit frischer Atemluft durchmischt und so immer wieder erneuert.

Einatmen geschieht dadurch, daß man seine Brusthöhle vergrößert. Diese Brusthöhle ist nach außen durch den knöchernen Brustkorb und nach innen durch ein paariges Muskelgewölbe, das Zwerchfell, abgegrenzt. Bei jedem Atemzug heben die Brustmuskeln den



Ausatmung



Einatmung

Beim Ausatmen verkleinern, beim Einatmen vergrößern wir unsere Brusthöhle. Die Lunge folgt diesen Atembewegungen, weil sie mit einem Flüssigkeitsfilm an der Brustwand und am Zwerchfell haftet und weil der Druck der Außenluft sie durch den Bronchialbaum hindurch bläht, wie wenn man einen Luftballon in einer Flasche aufbläst.

hirn. Diese kaum haselnußgroße Kommandozentrale erkennt sofort jede stärkere Verbrennung von Nahrungsstoffen in den Zellen an der Vermehrung von Kohlendioxyd im Blut, und es reagiert darauf, indem es den Atem-

muskeln den Befehl erteilt, sich öfter und zugleich kräftiger zusammenzuziehen. Dabei duldet das Atemzentrum keinen Ungehorsam. Wer es nicht glaubt, versuche einmal, zu rennen und dabei langsam zu atmen!

Die Verdauung

Um zu leben, muß ein Mensch nicht nur atmen, sondern auch essen. Er muß Stoffe zu sich nehmen, die – wenn sie in den Körperzellen zu Kohlendioxyd und Wasser verbrannt werden – ATP liefern. Die Chemiker haben diese Nahrungsstoffe in drei Gruppen eingeteilt: Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße. Alle drei bestehen letzten Endes aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; Eiweiße enthalten darüber hinaus noch Stickstoff. Koh-

Was heißt Verdauung?

lenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bilden innerhalb einer jeden Nahrungsgruppe charakteristische Bausteine. Die wichtigsten dieser Bausteine sind für die Kohlenhydrate: Traubenzucker, Fruchtzucker und Galactose; für die Fette: Glycerin und Fettsäuren; für die Eiweiße: die mehr als 20 verschiedenen Aminosäuren. Was wir essen, sind also in der Regel komplizierte, aus zahlreichen Bausteinen zusammengesetzte Nahrungsstoffe. Solche zusammengesetzten Verbindungen kann unser Körper aber nicht aufnehmen. Er muß sie vorher

wieder in ihre Bausteine – in einfache Zucker, Glycerin, Fettsäuren und Aminosäuren – zerlegen. Dieser Prozeß heißt Verdauung.

Die Verdauung beginnt in der Mundhöhle. Hier werden die von den Zähnen zermahlenen Nahrungsbrocken mit Speichel durchmischt und

Wie arbeiten die Verdauungsorgane?

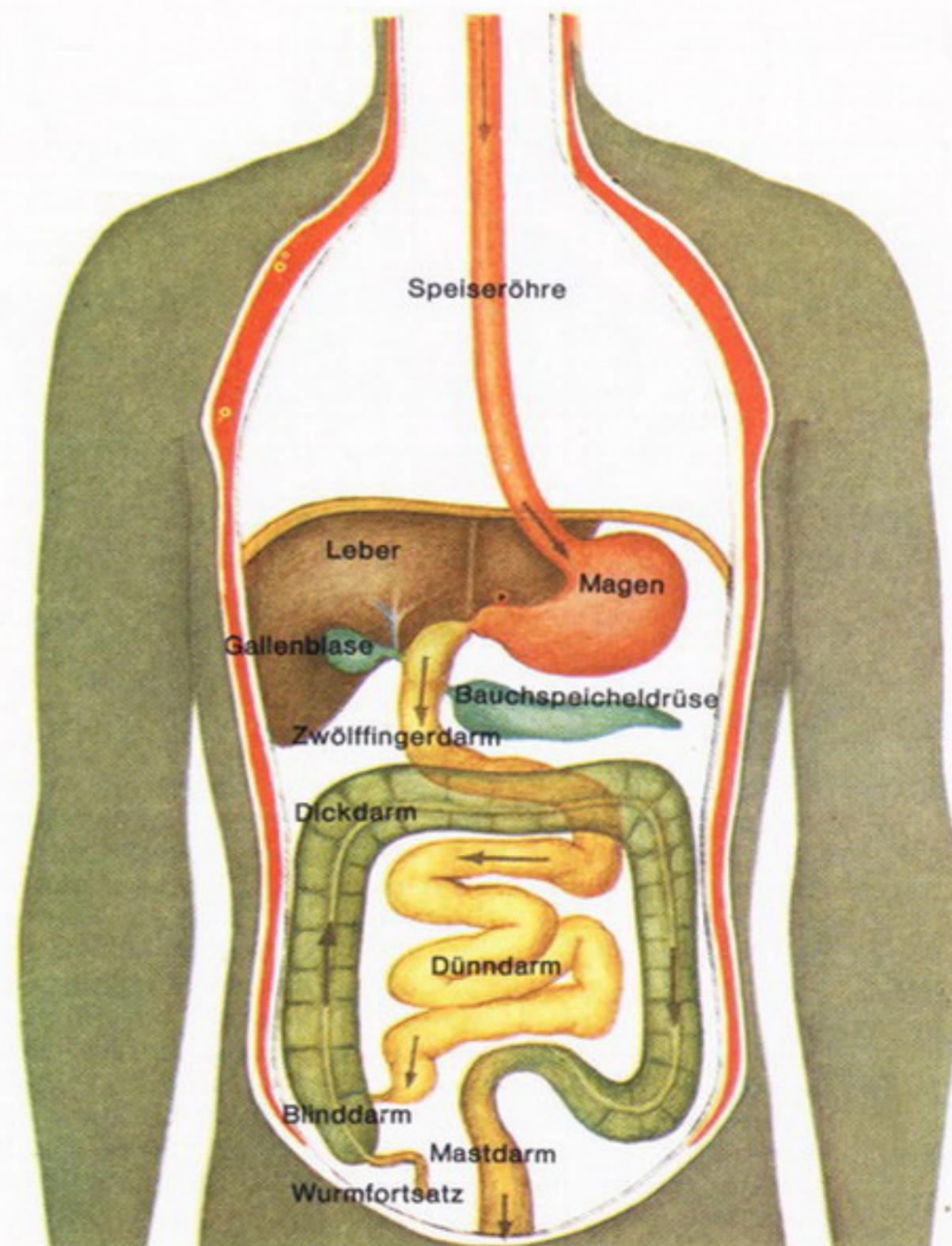
zwischen Zunge und Gaumen kräftig durchgewalkt. Speichel ist der Verdauungssaft der großen Speicheldrüsen, die vor den Ohrmuscheln, unter der Zunge und unter dem Kinn liegen. Er erscheint, wenn wohlgeschmeckende oder würzige Speisen gegessen werden und wenn die Speicheldrüsen beim Kauen kräftig massiert werden. Speichel enthält Amylase, ein Enzym, das lange Kohlenhydratketten in kürzere Bruchstücke zerlegt. – Der eingespeichelte Speisebrei wird dann von den Schlundmuskeln erfaßt, in die Speiseröhre gepreßt und durch diesen 30 cm langen Muskelschlauch hinab in den Magen befördert.

Der Magen ist eine 2–3 Liter fassende muskulöse Kammer unter der linken Zwerchfellkuppel. Seine Drüsenzellen erzeugen Salzsäure und Pepsin. Pepsin ist ein eiweißspaltendes Enzym, das nur in Gegenwart von Salzsäure die langen Eiweißketten schnell genug zerlegen kann. Das geschieht, während sich der Magen über dem Speisebrei rhythmisch zusammenzieht und dabei Nahrung, Salzsäure und Pepsin kräftig ineinandermischt. Wie lange dieser Prozeß dauert, hängt davon ab, wie schnell eine Speise im Säurebad des Magens verflüssigt wird. Ein weich gekochtes Ei braucht dazu etwa eine Stunde, ein Beefsteak, Schwarzbrot oder Bratkartoffeln schon mehr als drei Stunden, Gänse- oder Schweine-

braten sogar sechs Stunden und Ölsardinen – ein Essen, das „schwer im Magen liegt“ – bis zu neun Stunden. Danach öffnet sich der Pfortnermuskel am Magenausgang, und der saure, halbflüssige Speisebrei wird in kleinen Kaskaden in den Zwölffingerdarm gespritzt.

Zwölffingerdarm heißt der 25 cm lange obere Abschnitt des insgesamt 6 m langen Dünndarms. Hier münden die Ausführungsgänge der beiden großen Verdauungsdrüsen: der Leber und der Bauchspeicheldrüse; und hier mischen diese beiden ihre Verdauungssäfte, die Galle und den Bauchspeichel, in den Speisebrei. Galle ist eine olivgrüne, fadenziehende Flüssigkeit, die von der Leber produziert und in einem pflau-

Auf ihrem Weg durch Magen, Dünndarm und Dickdarm werden die Speisen, die wir essen, in ihre Bausteine zerlegt. Dieser komplizierte Vorgang heißt Verdauung.

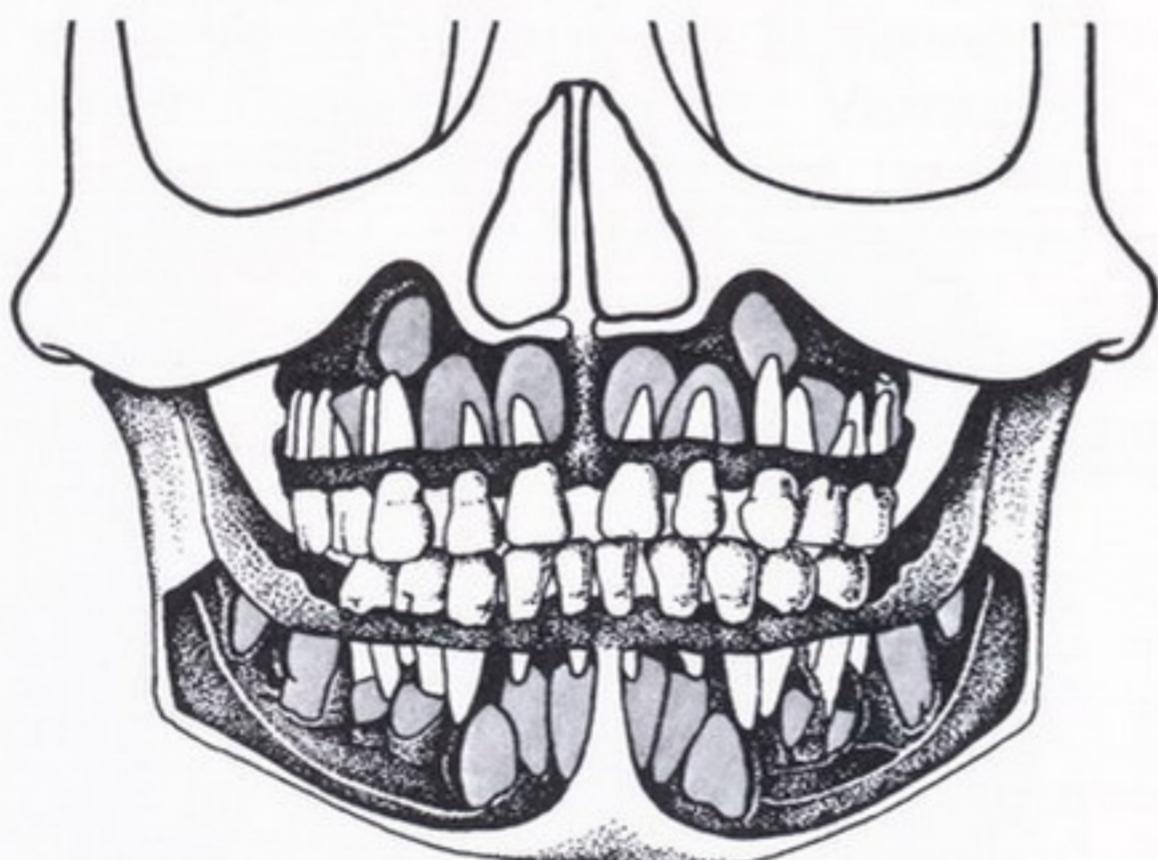


mengroßen Muskelsäckchen, der Gallenblase, eingedickt und aufbewahrt wird. Sobald nun der saure Magenbrei die Schleimhaut des Zwölffingerdarms berührt, schüttet diese einen Wirkstoff: das Cholecystokinin, ins Blut aus. Mit dem Kreislauf erreicht das Cholecystokinin in wenigen Sekunden die Gallenblase und erteilt ihr den Befehl, sich zusammenzuziehen. Daraufhin beginnt die Blasengalle zu fließen.

Galle emulgiert Fette, das heißt: sie zerteilt größere Fetttröpfchen in tausend kleinere und vergrößert so deren Oberfläche. Erst jetzt können die Lipasen – so heißen die fettspaltenden Enzyme des Bauchspeichels – ihr Werk beginnen. Hinzu kommt, daß Lipasen

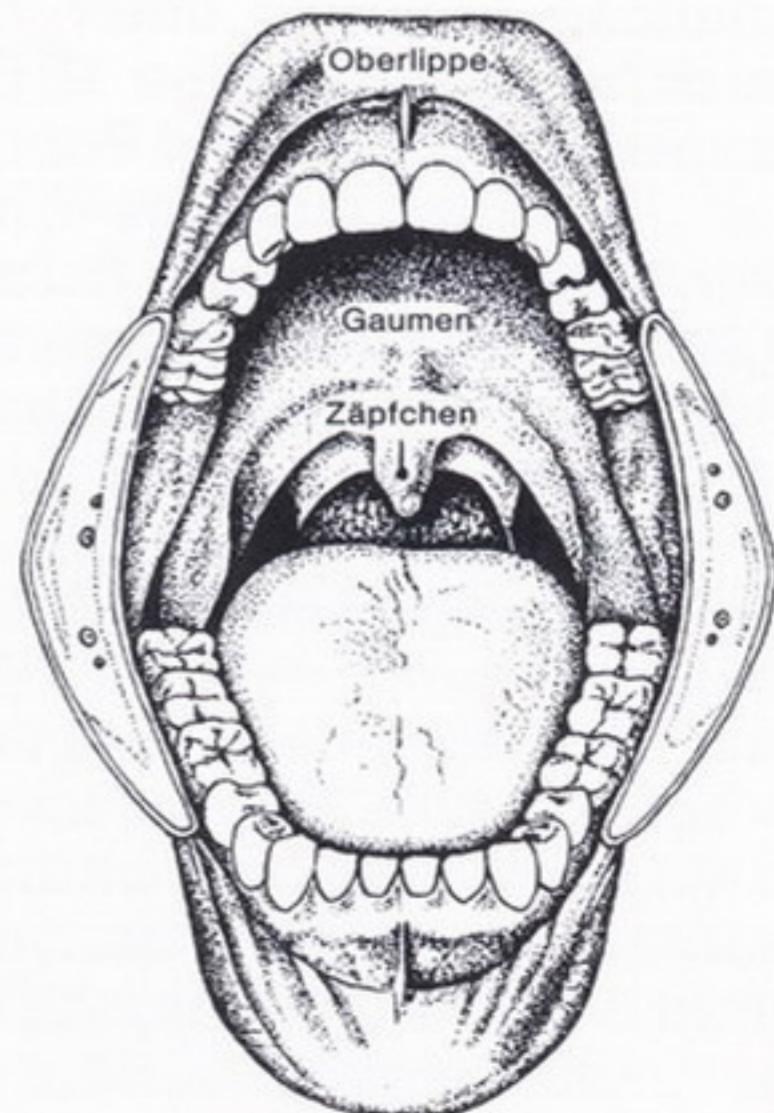
in einem mit Galle durchmischt Speisebrei sehr viel schneller arbeiten. Wirkstoffe, die – wie das Cholecystokinin – anderen Organen auf dem Blutwege Nachrichten übermitteln, heißen Hormone. Zwei weitere dieser Hormone erteilen – nachdem der Magenbrei die Dünndarmwand benetzt hat – auch der Bauchspeicheldrüse den Befehl, ihren Verdauungssaft, den Bauchspeichel, auszuschütten. Bauchspeichel enthält eine Fülle von Verdauungsenzymen. Unter ihrer Wirkung zerfallen Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße auf ihrem weiteren Weg durch den Dünndarm nach und nach in ihre Bausteine: in einfache Zucker, Glycerin, Fettsäuren und Aminosäuren. Alle

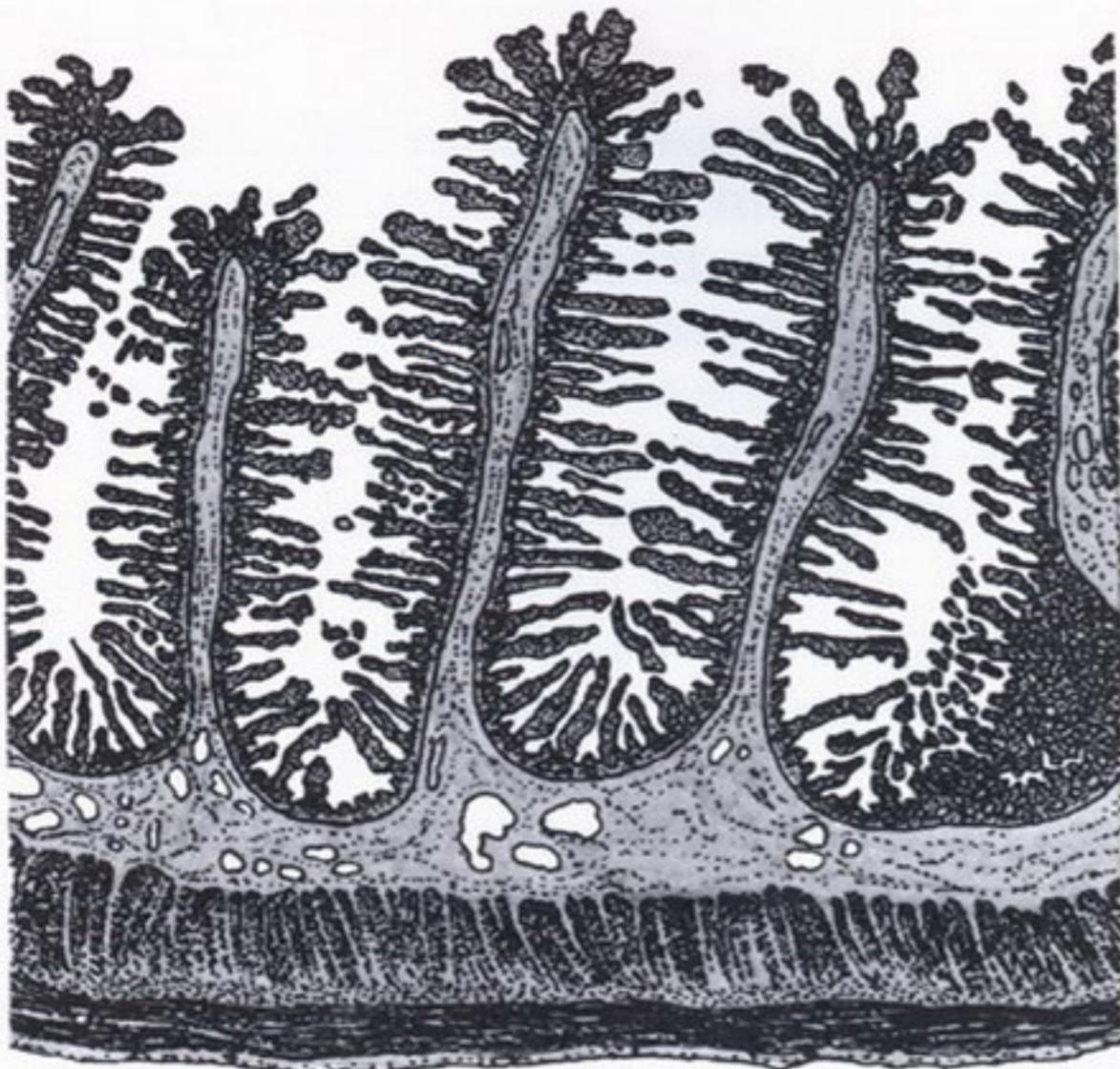
Wo die Verdauung beginnt



Wenn ein Kind sieben oder acht Monate alt wird, erscheinen die ersten Zähne. Diese „Milchzähne“ sind weniger hart und daher auch weniger widerstandsfähig als die Zähne der Erwachsenen. Gegen Ende des zweiten Lebensjahrs ist das Milchgebiß vollständig. Es besteht jetzt aus insgesamt 20 Zähnen. Während das Kind noch mit dem Milchgebiß kaut, wachsen in seinem Ober- und Unterkiefer schon die 32 bleibenden Zähne heran. Im sechsten Lebensjahr beginnen sie die Milchzähne zu verdrängen und sich an ihre Stelle zu setzen. Der Zahnwechsel dauert bis in die Pubertät hinein an. Es gibt aber auch Menschen, bei denen die Weisheitszähne – so heißen die vier Zähne, die die beiden Zahnreihen beschließen – niemals durchbrechen.

Schaut man in einen offenen Mund hinein, so sieht man den Gaumen – er trennt die Mundhöle von der Nasenhöhle –, das Zäpfchen, die beiden Gaumenbögen und zwischen ihnen die Mandeln. Die Mandeln schützen uns gegen Krankheitskeime, die durch den Mund in den Körper eindringen.





Im Inneren des Dünndarms bilden die Dünndarmfalten ein weitverzweigtes Relief. Jede Dünndarmfalte ist von ungezählten feinen Schleimhautfäden, den Zotten, bedeckt. Man schätzt die so vergrößerte Innenfläche des Dünndarms auf vier Quadratmeter. Gäbe es keine Zotten, so müßte der Dünndarm mit der gleichen Oberfläche vierzig Meter lang sein!

diese Stoffe werden – nachdem an der Darmoberfläche auch die letzten Nahrungsbruchstücke gespalten wurden – von den Zellen der Dünndarmschleimhaut aufgesogen. Damit ist die eigentliche Verdauung beendet.

Der nun mehr und mehr nährstoffarme Nahrungsbrei wird zusammen mit den 250 g abgeschilferten Epithelzellen, die der Dünndarm tagtäglich erneuern muß, in den Dickdarm geschoben. Milliarden von dort lebenden Bakterien machen sich darüber her und zerlegen nun auch die Schalen und Zellulosegerüste von Früchten und Gemüsen. Zugleich wird dem Dickdarmbrei Wasser entzogen. So entsteht nach und nach der durch Abbauprodukte des roten Blutfarbstoffs braungefärbte, bakterienreiche und mit Zelltrümmern durchmischte Schlackenbrei des Darms: der Kot, den der Körper durch den After ausstößt.

Die von den Dünndarmzellen aufgenommenen Nahrungsbausteine werden in der Darmschleimhaut unverzüglich

aufbereitet und weitergeleitet. Zucker, wasserlösliche Fettsäuren und Aminosäuren gelangen in die Pfortader und damit zur Leber. Glycerin und wasserunlösliche Fettsäuren werden in den Dünndarmzellen erneut zu Fetten aufgebaut, in wasserlösliches Eiweiß eingehüllt und in das Gewebswasser hinein abgegeben. Dieses so angereicherte Gewebswasser, die Lymphe, sammelt sich in eigenen Lymphgefäßen; sie steigt in einem dünnwandigen Rohr, dem Brustgang, aufwärts und mündet unterhalb des linken Schlüsselbeins in das Venenblut des Kreislaufs, das die Lymphfette entweder zur Leber oder aber zum Fettgewebe bringt.

Die Nahrung enthält neben Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen andere Stoffe, die der Körper zum Leben braucht, die ersetzt aber nicht herstellen kann. Solche Stoffe heißen unabdingbare oder „essentielle“ Nahrungsbestandteile. Essentielle Nahrungsbestandteile sind: Salze, Mineralstoffe, bestimmte Fettsäuren, einige Aminosäuren – und Vitamine. Vitamine heißen Wirkstoffe, die der Körper nur in winzigen Mengen benötigt und die oft eine ganz ausgefallene chemische Gestalt haben. Viele von ihnen sind Bestandteile wichtiger Zell-Enzyme. Einige wenige haben andere Aufgaben. In unseren Breiten enthält eine gemischte Kost genügend Vitamine. Es ist daher Unsinn zu glauben, man tue seinem Körper etwas Gutes, wenn man sich mit Vitaminen vollstopft. Nur das Vitamin C macht eine Ausnahme. Vitamin C ist in vielen Früchten und Gemüsen enthalten. Es scheint die Frühjahrsmüdigkeit, Zahnfleischbluten und manche Erkältungskrankheiten günstig zu beeinflussen.

Was sind Vitamine?

Die Leber ist ein etwa 5 Pfund schweres, sehr blutreiches Organ, das unter der rechten Zwerchfellkuppel liegt. Sie ist mehr als nur eine Drüse

Welche Aufgaben erfüllt die Leber?

der Verdauungsorgane. Sie ist das chemische Laboratorium des Körpers. Ihre Aufgaben sind unglaublich vielseitig. Die Produktion von Galle ist nur eine der vielen Arbeiten, die sie im Dienste des ganzen Körpers leistet. Daneben sichtet und registriert sie alle Nahrungsbausteine, die ihr der Darm durch die Pfortader zuschickt. Viele dieser Bausteine nimmt sie auf und setzt sie zu neuen Stoffen zusammen. So entstehen hier unter anderem die Eiweiße des Blutplasmas. Unter ihnen sind so wichtige Stoffe wie das Fibrinogen und das Prothrombin, die Antikörper – so heißen Abwehrstoffe gegen eingedrungene Gifte und Krankheitserreger –, Transporteiweiße für Fette, Eisen und Hormone, und schließlich das Albumin: ein Bluteiweiß, das Fettsäuren transportiert und aus dem die Körperzellen ihren Aminosäurebedarf decken. Daneben speichert die Leber Traubenzucker, Eisen, Vitamine und viele andere Stoffe, die, wenn nötig, wieder an das Blut abgegeben werden. Das Organ kann aber auch aus Muskel- und Knocheneiweiß Traubenzucker machen, wenn der Körper hungert und die empfindlichen Gehirnzellen, die ohne Traubenzucker nicht leben können, bedroht sind. Die Leber fängt Zellgifte ab und zerstört sie. Sie sammelt den Stickstoff untergegangener Eiweiße und macht daraus Harnstoff: eine Substanz, die die Nieren in den Urin hinein ausscheiden.

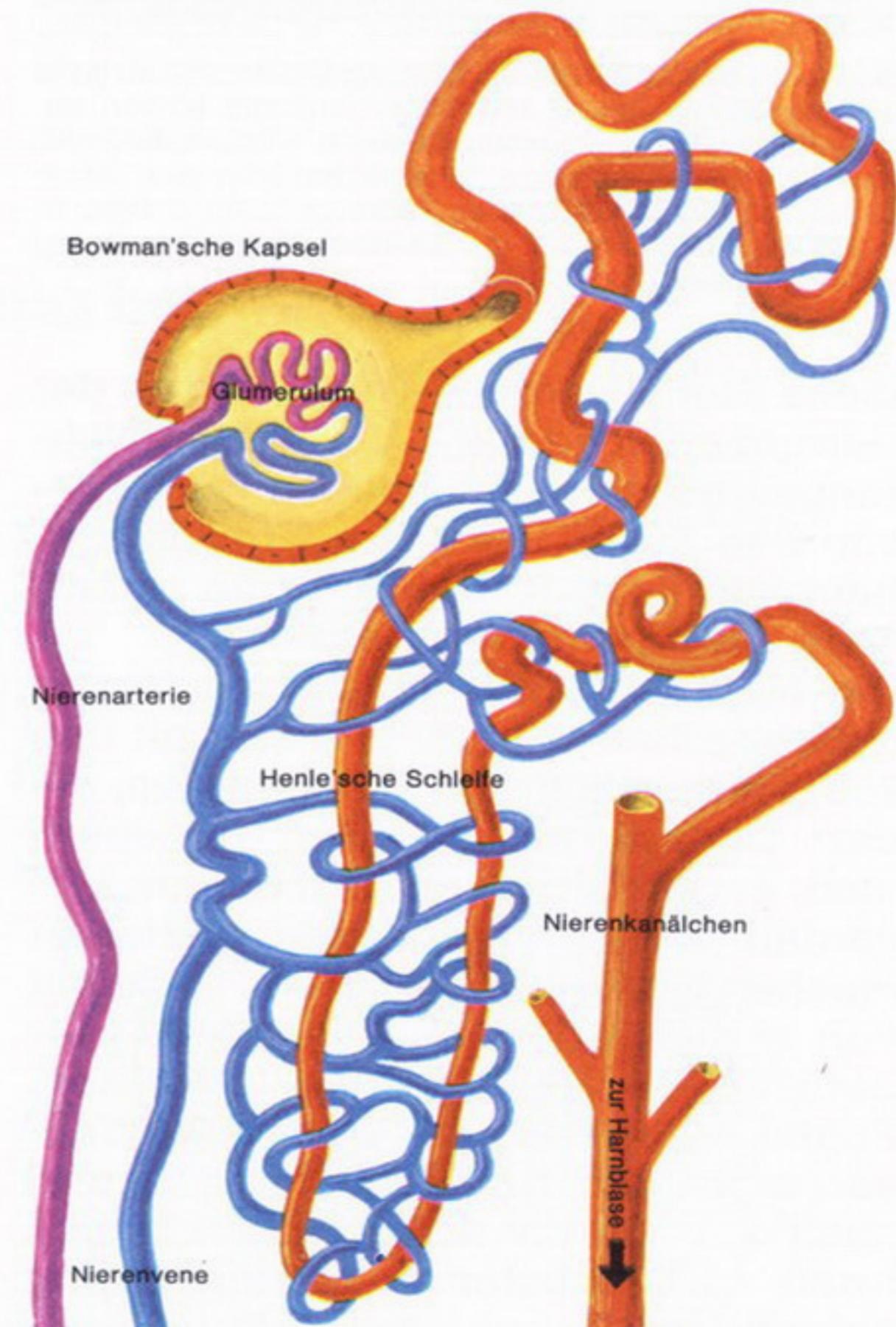
Für alle diese Arbeiten braucht die Leber sehr viel ATP. Sie produziert es, indem sie hauptsächlich Fett verbrennt. So kommt es, daß das Organ, das nur

etwa 2 % des Körpergewichtes ausmacht, fast ein Viertel des Sauerstoffs, den die roten Blutkörperchen zu den Organen bringen, für sich verbraucht.

Ist die Leber die chemische Fabrik des Körpers, dann sind die Nieren seine Kläranlage. Tagtäglich fließt das gesamte Blut dreihundertmal durch

diese beiden Organe, die zusammen nicht schwerer sind als das Herz. Ein-

Was tun die Nieren?



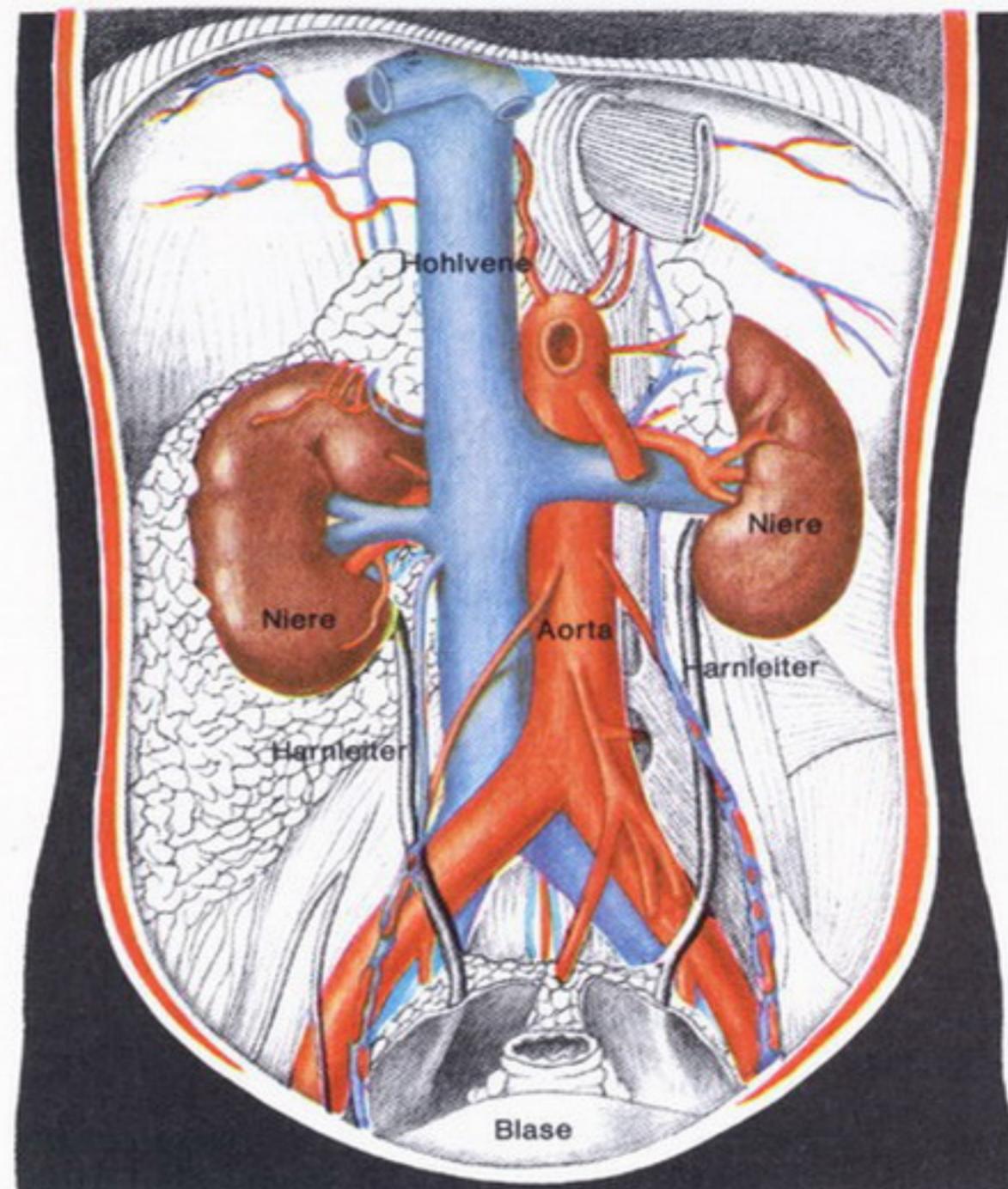
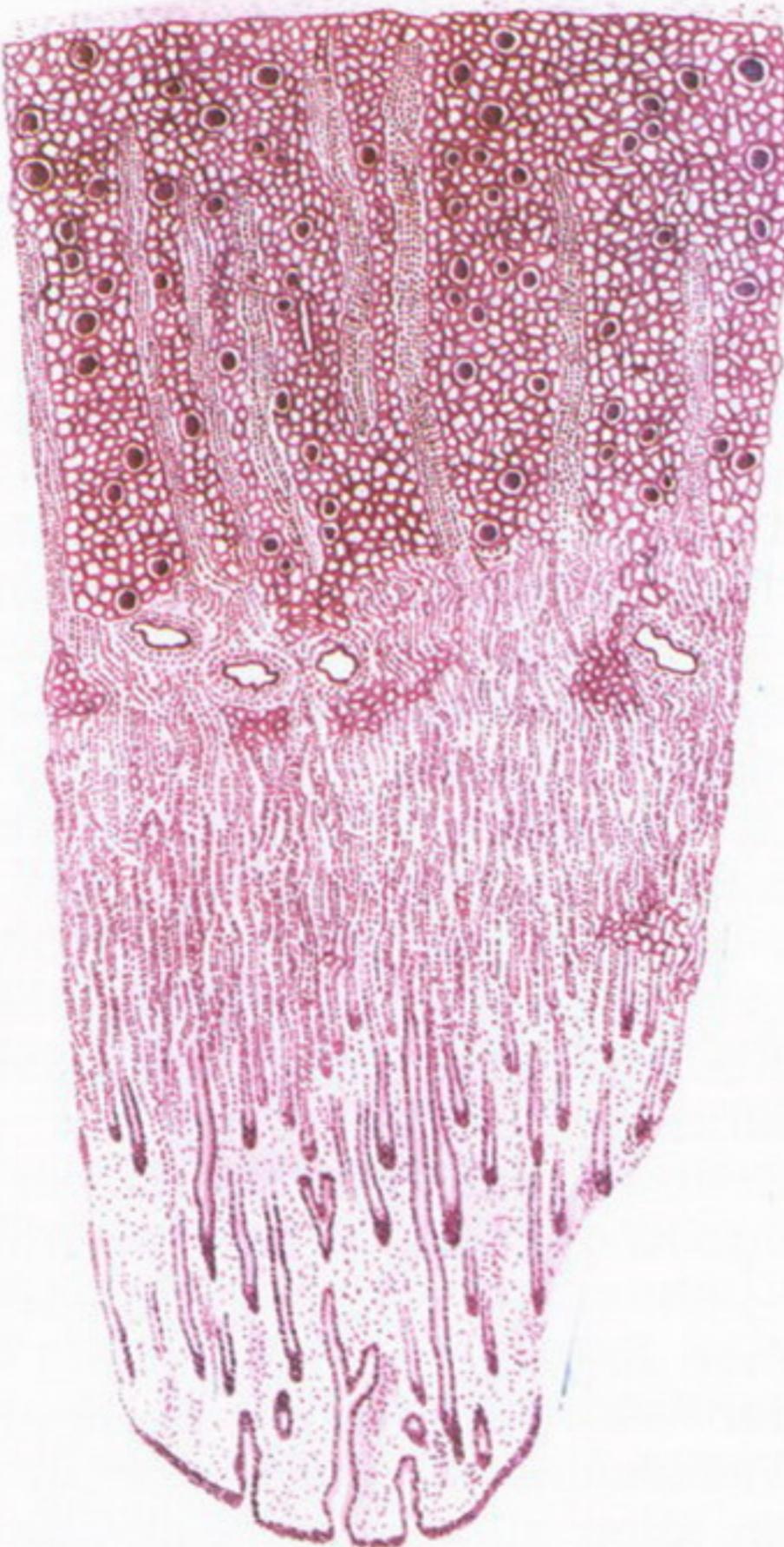
Die Bauelemente der Nieren heißen Nephrone. Man schätzt ihre Zahl in jeder Niere auf etwa eine Million. Ein Nephron besteht aus einem Filter: dem Glomerulum, und einem gebogenen Röhrchen: der Henle'schen Schleife, in der das abfiltrierte Blutwasser, der Primärharn, mit den darin gelösten Stoffen eingedickt wird. Der so entstandene Harn fließt durch die Nierenkanälchen in die Harnleiter und weiter hinab in die Blase.

gebettet in die hintere Wand der Bauchhöhle, liegen die Nieren kaum eine Handbreit von der Lendenwirbelsäule entfernt. Obwohl die Nieren fest wie Muskelfleisch erscheinen, sind sie doch millionenfach gekammerte Organe, durch die jenseits der Gefäße das Blutwasser fließt, wie die Abwasser durch das Kanalisationsnetz einer Stadt.

Die Bauelemente, aus denen jede Niere zusammengesetzt ist, heißen Nephrone. Man schätzt deren Zahl in jeder Niere auf etwa eine Million. Ein Nephron be-

Schneidet man aus einer Niere einen Keil heraus, färbt ihn und betrachtet ihn mit einer starken Lupe, so sieht man in der Außenzone der Nierenrinde die dunklen Flecken der Glomerula, umgeben von den Kreisen der angeschnittenen Nierenkanälchen. Diese vereinigen sich in der Innenzone der Niere, dem Mark, zu Sammelröhren, die den Urin ableiten.

▼



Eingebettet in die hintere Wand der Bauchhöhle, liegen die Nieren kaum eine Handbreit von der Lendenwirbelsäule entfernt. Durch sie hindurch fließen tagtäglich 5000 bis 6000 l Blut. Aus dieser riesigen Flüssigkeitsmenge bereiten die Nieren 1½ l Urin, der durch die Harnleiter hinab in die Blase fließt.

steht oben aus einem Kapillarknäuel, das in einen allseits geschlossenen Trichter, die Bowman'sche Kapsel, hineinhängt. Kapillarknäuel und Bowman'sche Kapsel heißen zusammen: Glomerulum. Jedes Glomerulum läuft in ein dünnes, abwärts und wieder aufwärts steigendes Röhrchen, die Henle'sche Schleife aus. Alle Nephrene werden abgeleitet in Sammelröhren und münden schließlich in einer kastaniengroßen, fingerförmig verzweigten Kammer: dem Nierenbecken. Von hier führt ein stricknadeldünner Muselschlauch, der Harnleiter, hinab in die Blase.

Der obere Teil eines Nephrons, das Glomerulum, ist nichts anderes als ein Filter. Hier verlassen etwa 20% des durchströmenden Blutwassers das Ka-

pillarknäuel und fließen hinab in die Henle'sche Schleife. Zusammen mit dem Wasser gelangen alle im Blut gelösten Stoffe mit Ausnahme der Eiweiße in die Bowman'sche Kapsel. Dieses Filtrat des Blutes heißt: Primärharn. Aus dem Primärharn nehmen jetzt die Zellen der Henle'schen Schleife den Großteil des abfiltrierten Wassers und alle für den Körper noch brauchbaren Stoffe wieder auf und leiten sie zurück

in die Nierenvenen, die an ihrer Rückseite entlanglaufen. So kommt es, daß letzten Endes nur noch überflüssige und giftige Stoffe die Henle'sche Schleife verlassen und als Urin in die Sammelrörchen, in die Nierenbecken und von dort hinab in die Blase fließen. Die Blase ist ein muskulöses Hohlorgan; sie befördert diesen Urin dann durch einen Abflußkanal, die Harnröhre, nach außen.

Skelett, Gelenke, Muskeln

Um die komplizierten Vorgänge, die in einem menschlichen Körper ablaufen, besser zu verstehen, haben wir diesen Körper bisher betrachtet wie eine eher zufällige Zusammenrottung von 100 Billionen Zellen. Wir haben dabei außer acht gelassen, daß die vielen Zellen, aus denen ein Mensch besteht, ja nicht nur nebeneinander herleben, sondern daß sie eine sehr feste Einheit bilden: eben den Menschen. Und wir haben auch außer acht gelassen, daß dieser Mensch seiner Umwelt immer als eine solche festgefügte Einheit gegenübertritt.

Wir wollen jetzt jene Einrichtungen des menschlichen Leibes betrachten, die an der Ausprägung der menschlichen Gestalt in besonderem Maße beteiligt sind und die den Körper fähig machen, sich in seiner Umwelt zu orientieren und auf sie zu reagieren. Diese Einrichtungen sind: das **Skelett** mit Muskeln, Sehnen und Bändern – diese Teile formen und bewahren die menschliche Gestalt; die **Haut** – sie grenzt den geformten menschlichen Leib gegen seine Umwelt ab; die **Sinnesorgane** – sie nehmen die Umwelt wahr; das **Nervensystem** – es symbolisiert die Einheit des Menschen und überwacht und erzwingt die Zusam-

menarbeit aller seiner Teile; die **Geschlechtsorgane** – sie vervielfältigen den Menschen und erhalten so die menschliche Art.

Skelett heißt das konstruktive Wunderwerk aus 212 Knochen, das den menschlichen Körper stützt und seine empfindlichen Organe in Knochenschalen, Knochenkörbe, Knochenkanäle und Knochenkapseln einhüllt. Sein Baumaterial ist Bindegewebe, in dessen Grundsubstanz Kalksalze eingelagert wurden. Dieses Material ist genauso hart wie Beton. Gemessen an seiner Festigkeit, ist das Skelett erstaunlich leicht. Bei einem gesunden Menschen beträgt sein Gewicht weniger als 20 % des Körpergewichts. Eine ähnlich leistungsfähige Stahlkonstruktion würde mindestens viermal soviel wiegen.

Das Zentrum des Skeletts ist der 26-stöckige Knochenturm, den wir Wirbelsäule nennen. Mit ihr begann vor 350 Millionen Jahren die unglaubliche Vielfalt der Wirbeltiergestalten. Denn an der Wirbelsäule konnte die Natur von nun an alles aufhängen, was der Zu-

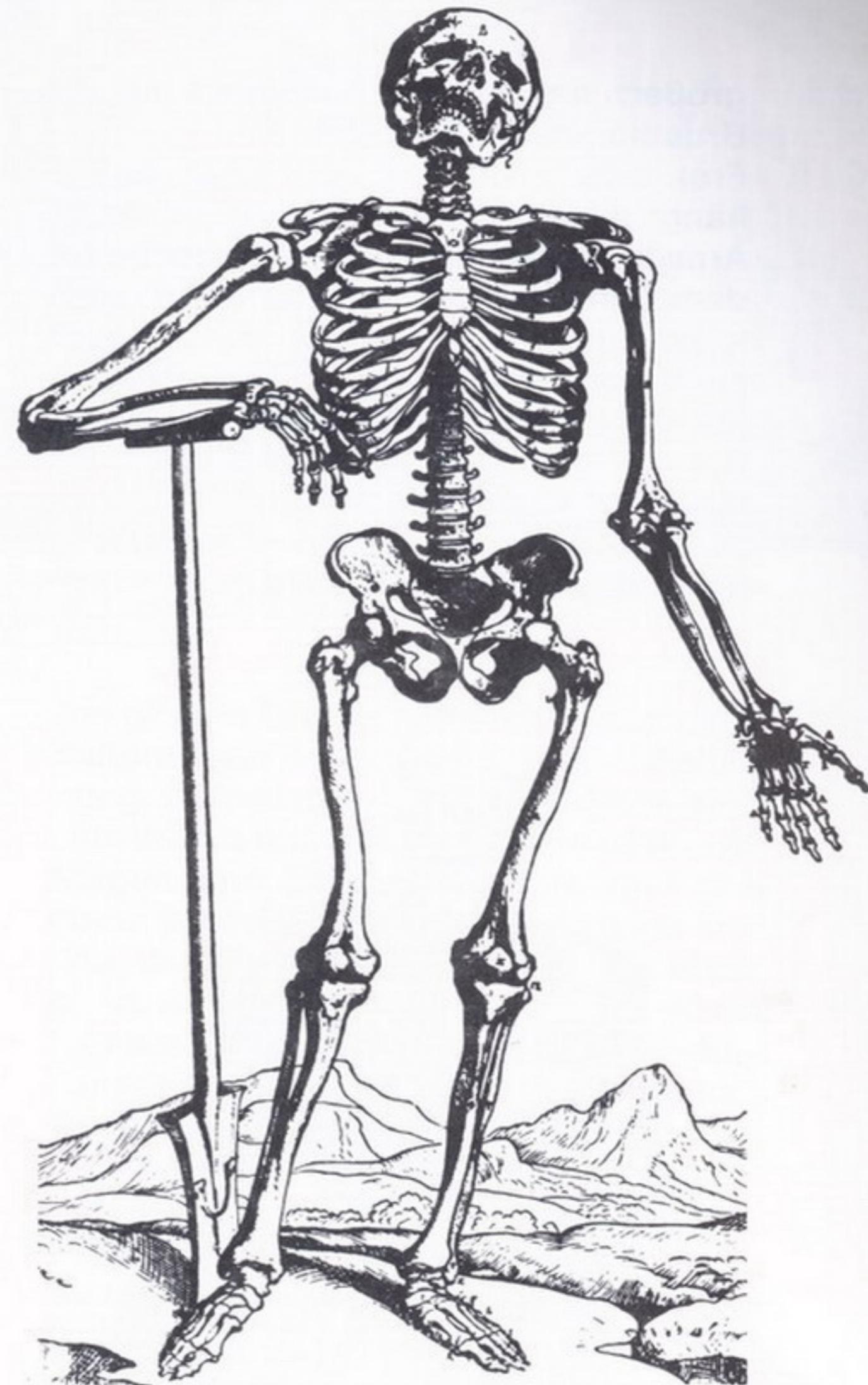
Was ist das Skelett?

fall später hervorbrachte: die riesige Schwanzflosse der Wale ebenso wie den bleischweren Schädelblock des Bisons und die Säulenbeine des Elefanten. Trotzdem ist diese Wirbelsäule beweglich wie eine Stahlfeder. Wer einmal gesehen hat, wie ein Schlangenmensch im Zirkus sich rückwärts neigt, den Kopf zwischen die Beine steckt und das Publikum anlächelt, weiß das.

Im Innern des Wirbelsäulenturms gibt es einen langen, durchgehenden Hohlraum: den Wirbelkanal. Er ist mit einer faserigen Bindegewebstapete, der harten Hirnhaut, ausgekleidet. In ihm schwimmt in einer wasserhellen Flüssigkeit, dem Liquor, das Rückenmark, ein zopfartiger Anhang des Gehirns, der durch zahllose Nerven mit den Organen verbunden ist.

Mit ihrem unteren Ende ist die Wirbelsäule fest in einem durchbrochenen Knochenring, dem Becken, verankert. Das Becken wiederum schwebt auf den vergleichsweise dünnen Röhrenknochen der Beine, die in den Füßen eine breite Standfläche gewinnen. Jeder menschliche Fuß bildet ein hochkompliziertes Gewölbe, fast so kompliziert wie die Kreuzrippengewölbe gotischer Kirchen. Von den 30 Knochen eines Beines bilden 26 die Bauteile des Fußskeletts.

Der oberste Wirbel der Wirbelsäule heißt Atlas. Das ist der Name des sagenhaften Riesen, der die Erdkugel auf seinem Nacken trug. Wie dieser Atlas den Erdball trug, so trägt der Atlas der Wirbelsäule den Kopf des Menschen. Das Schädelsskelett besteht aus 24 Knochen. Davon sind die meisten flache Knochenschalen. Durch reißfeste Bindegewebefasern verbunden, bilden sie eine nur schwer zerbrechliche Knochenkammer: die Schädelhöhle. In ihr schwimmt – gehalten von Scheidewänden aus dicht gesponnenen Bindegewebefasern – auf einem



Skelett heißt das konstruktive Wunderwerk aus 212 Knochen, das den menschlichen Körper stützt und seine empfindlichen Organe in Knochenschalen, Knochenkörbe, Knochenkanäle und Knochenkapseln einhüllt. Auch diese Abbildung stammt aus dem berühmten Anatomiebuch des Andreas Vesal.

Liquorkissen die Kommandozentrale des Körpers: das Gehirn.

Ein paar Etagen tiefer hängt an der Wirbelsäule der Brustkorb: eine bewegliche Konstruktion aus 24 Knochensträngen und einer breiten Knochenleiste, dem Brustbein. Dieser Knochenkorb, der Herz und Lungen schützt, wird bei jedem Atemzug von den Atemmuskeln gehoben und ver-

größt dabei seinen Innenraum, die Brusthöhle, um mehrere Liter. Frei beweglich am Brustkorb aufgehängt ist das Skelett der Arme. Jeder Arm hängt an einer Knochenscheibe, dem Schulterblatt, das tief in der Rückenmuskulatur versteckt ist und sich nach vorn mit einem dünnen Röhrenknochen, dem Schlüsselbein, auf das Brustbein stützt. Das Armskelett besteht – wie auch jedes Bein – aus 30 Knochen, von denen wiederum 26 allein das Handskelett bilden.



Weitaus die meisten Teile des menschlichen Skeletts können gegeneinander bewegt werden. Wohin und wie weit – darüber entscheiden vor

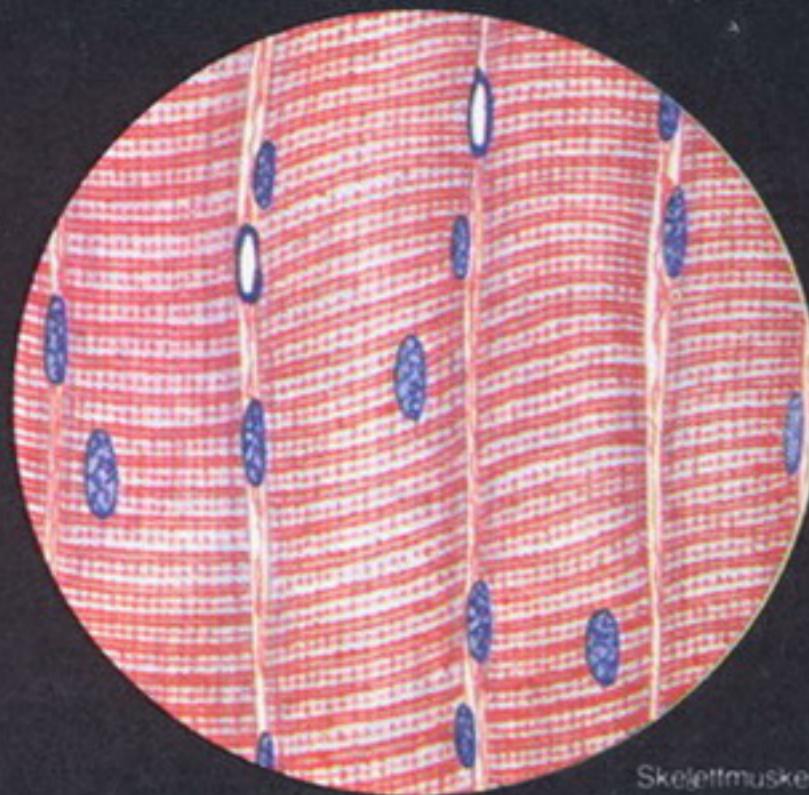
allem auch die Gelenke. Im Grunde sind alle Gelenke des Körpers gleich aufgebaut. Sie bestehen aus benachbarten Knochenenden, die von einem stoßdämpfenden Gewebe, dem Knorpel, überzogen sind und in einem gemeinsamen Bindegewebssack, der Gelenkkapsel, stecken. Die Gelenkkapsel ist innen von Epithel ausgekleidet, das einen zähflüssigen Schleim, die Gelenkschmiere, produziert. Das bedeutet: Gelenke funktionieren wie gut geschmierte Kugellager.

Die Formen der einzelnen Gelenke sind verschieden. Sie sind aber immer nur Abwandlungen zweier Grundformen: des Kugelgelenks und des Scharniergelenks. Kugelgelenke können frei nach allen Seiten bewegt werden. Dagegen sind in Scharniergelenken nur Pendelbewegungen möglich. Typische Kugelgelenke sind: das Schultergelenk und das Hüftgelenk. Ein typisches Scharniergelenk ist das Ellenbogengelenk.

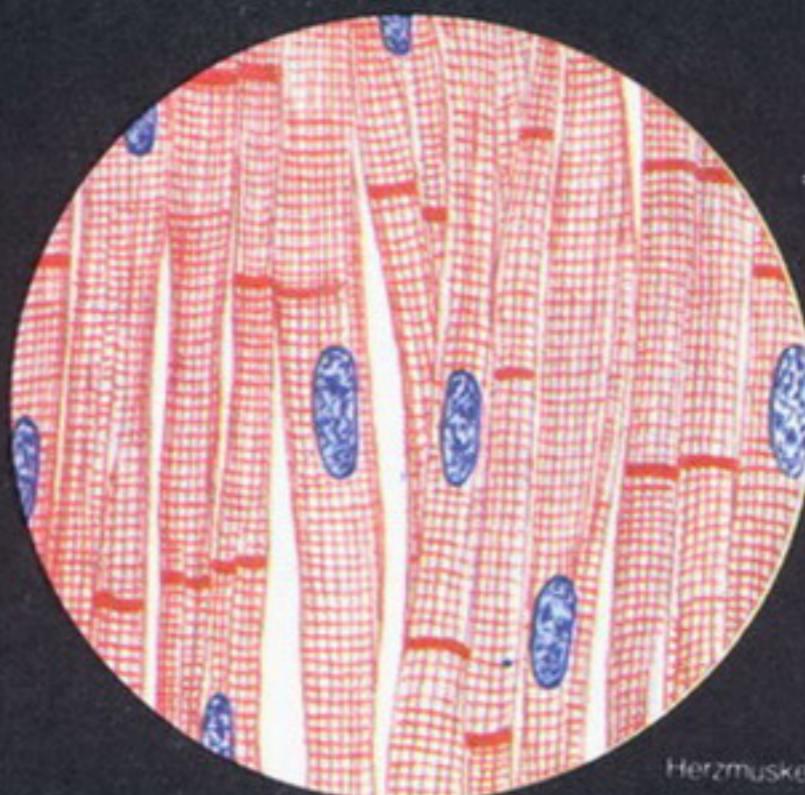
Die Fähigkeit der Gelenkkapseln und Gelenkbänder, die einzelnen Teile des Skeletts aneinander zu fesseln, ist erstaunlich. Bei einer der grausamen Hinrichtungsarten des Mittelalters brauchte man eiserne Ketten und vier starke Gäule, um einen Menschen in Stücke zu reißen.

Mit insgesamt 30 kg Gewicht bilden die Muskeln in unserem Körper das weitaus größte Organsystem.

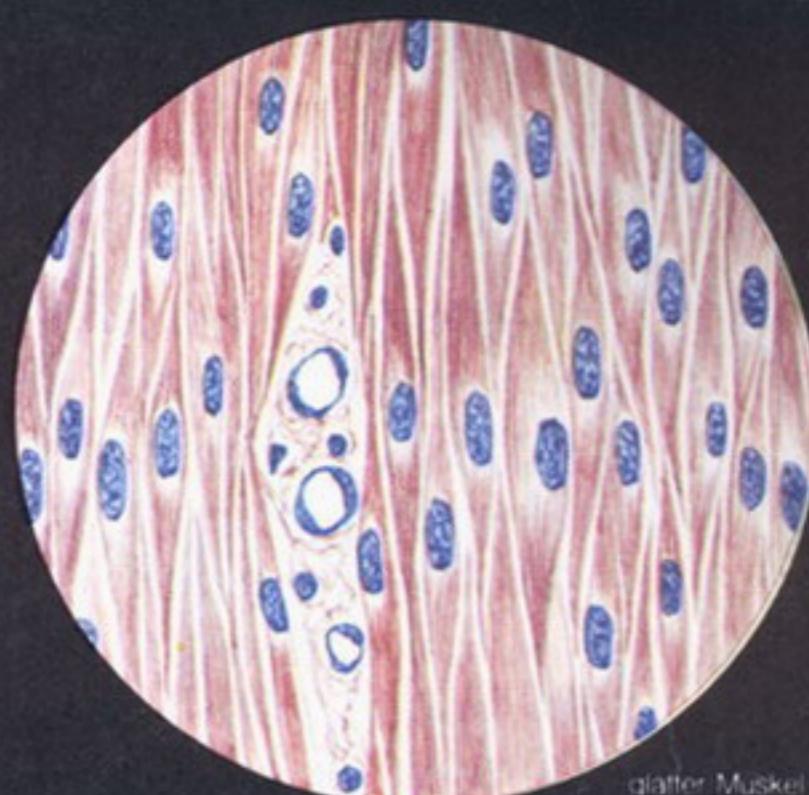
Was sind Gelenke?



Skelettmuskel



Herzmuskel



glatter Muskel

Es gibt im menschlichen Körper zwei Arten von Muskeln: quergestreifte und glatte. Quergestreifte Muskeln sind die Skelettmuskeln und der Herzmuskel. Glatte Muskeln bestehen aus spindelförmigen Zellen ohne jede Zeichnung. Sie bilden die Wände des Magens, des Darms, der Bronchien und der Blutgefäße.

Mit insgesamt 30 kg Gewicht bilden die

Wie arbeiten die Muskeln?

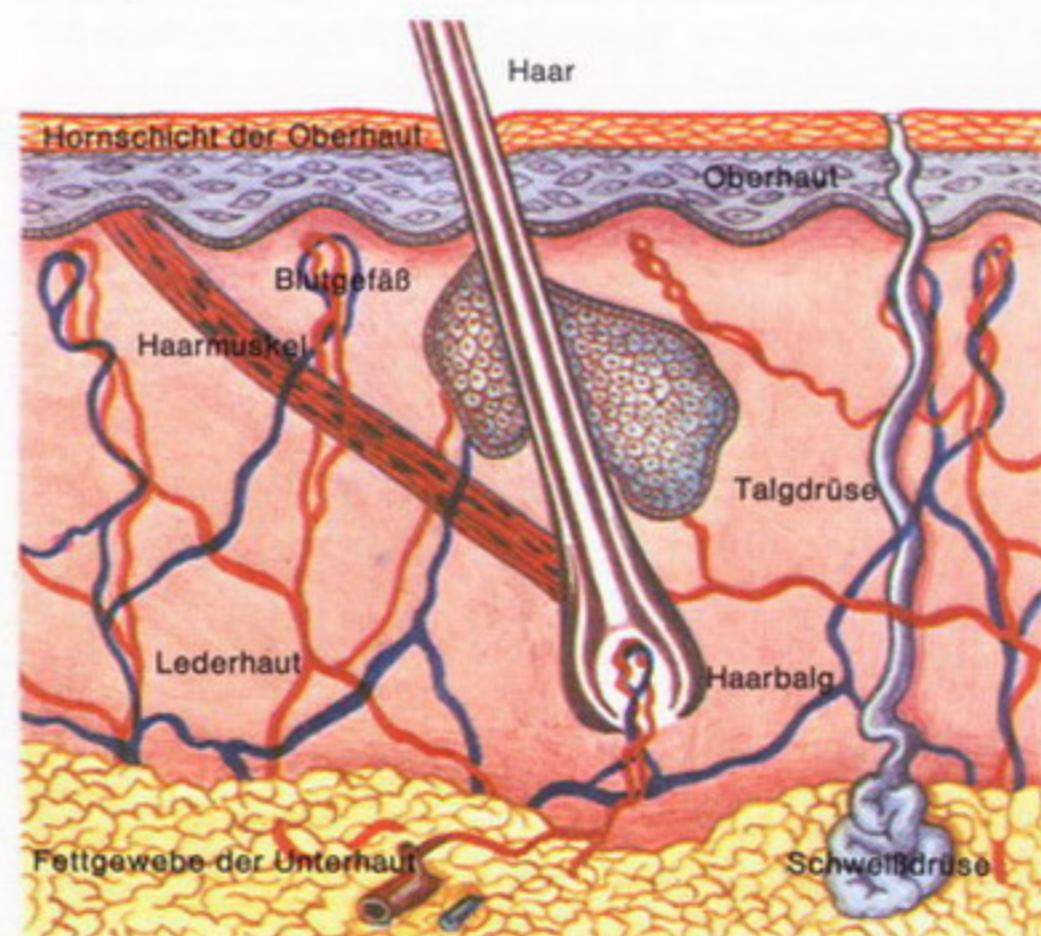
Muskeln in unserem Körper das weitaus größte Organsystem. Muskeln sind Bündel unvorstellbar dünner, aber oft einige Zentimeter langer Zellen, die Muskelfasern, haben die wunderbare Eigenschaft, sich auf Befehl des Nervensystems zusammenzuziehen. Wie das möglich ist, weiß man bisher nur zum Teil. Sicher ist aber, daß auch jede einzelne Muskelfaser aus noch viel feineren Fasern, den Muskelfibrillen, besteht, die sich in entgegengesetzter Richtung aneinander vorbeibewegen, wie wenn man zwei Kämme ineinander schiebt. Dieser Vorgang heißt Kontraktion. Bei jeder Kontraktion wird ATP gespalten.

Es gibt im menschlichen Körper zwei Arten von Muskeln: quergestreifte und glatte. Quergestreifte Muskeln bestehen aus Muskelfasern, die – wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet – aus hellen und dunklen Streifen zusammengesetzt zu sein scheinen. Die meisten dieser quergestreiften Muskeln gehorchen dem Willen. Von dieser Regel macht der Herzmuskel allerdings eine Ausnahme.

Die glatten Muskeln bestehen aus spindelförmigen Zellen, die keinerlei Zeichnung aufweisen. Glatte Muskeln sind vom Willen unabhängig. Sie sind es, die Magen und Darm bewegen, und aus ihnen bestehen auch die Muskelschlüsse der Blutgefäße. Ein junges Mädchen, dessen Magen mitten im Konzert laut knurrt oder das bis unter die Haarwurzeln errötet, ist der Eigenwilligkeit ihres Körpers hilflos ausgeliefert.

Die Hülle des Körpers

Die Haut grenzt den geformten Leib gegen die Außenwelt ab. Ihre äußere Schicht, die Epidermis, ist von einer Hornschicht bedeckt. Darunter liegt die Lederhaut. In ihr stecken die Haarbälge mitsamt den Talgdrüsen. Die gut durchblutete Lederhaut regelt die Körpertemperatur.

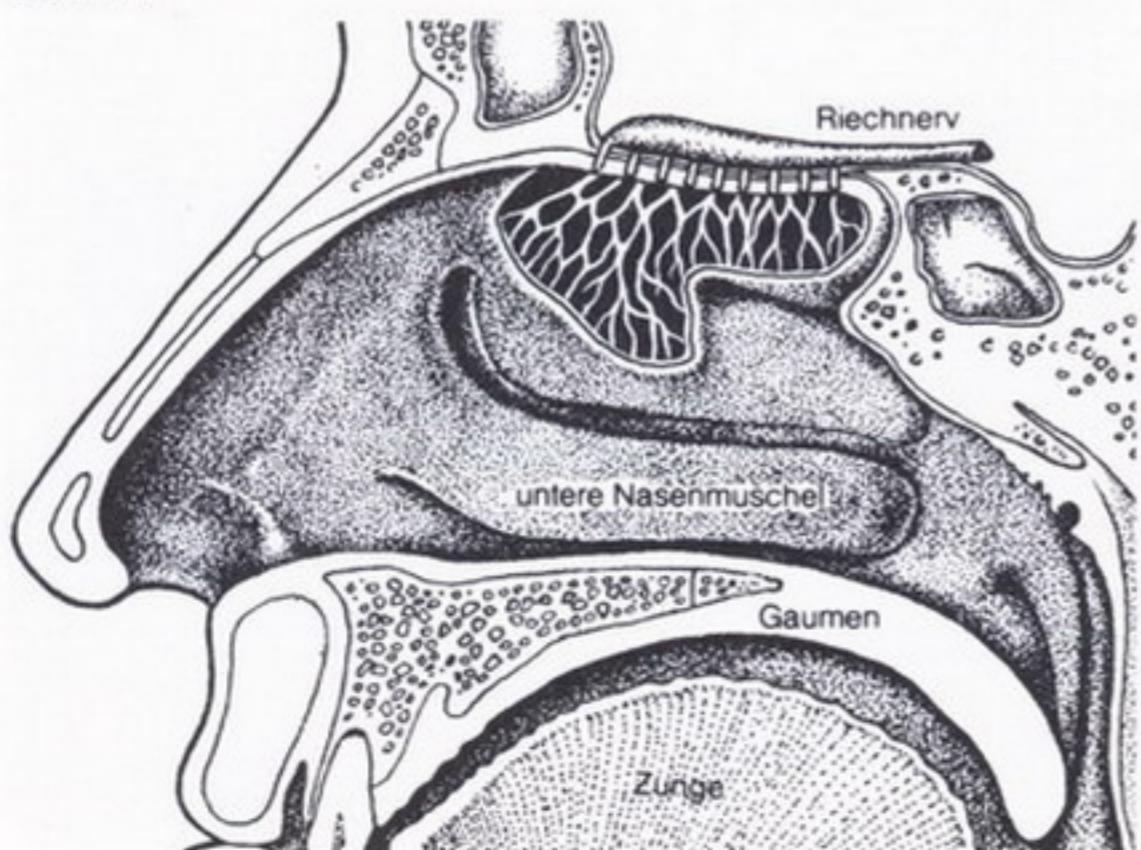


Sinnesorgane

Skelett, Sehnen, Bänder und Muskeln formen, bewahren und bewegen die menschliche Gestalt – die Haut grenzt den geformten Leib gegen die Außenwelt ab. Seine Oberhaut, die Epidermis, besteht aus mehreren Lagen von Epithelzellen, die sich ständig teilen und sofort an die Oberfläche drängen. Je weiter sie dabei nach außen vordringen, desto schlechter werden sie ernährt, denn die Epidermis enthält keine Gefäße. Schließlich sterben die äußeren Zellen ab und bilden mit ihren toten Zelleibern eine glänzende, wasserabweisende Hornschicht, von der täglich hauchdünne Blättchen abschilfeln.

In der Epidermis verstreut liegen die Pigmentzellen der Haut. Sie bilden Melanin: einen tiefbraunen Farbstoff, der das Sonnenlicht auffängt. „Weiße“ Menschen sind „weiß“, weil in ihren Pigmentzellen nur einige wenige Körnchen Melanin gespeichert sind.

Riechzellen registrieren eine Reihe von Stoffen, die sich im Flüssigkeitsfilm der Nase lösen. Sie liegen eingebettet in die Schleimhaut der oberen Nasenmuschel. Von dort leiten winzige Nervenfasern ihre Signale durch die Schädelbasis hindurch und über den Riechnerv weiter zum Gehirn.



Was tut die Haut?

Im Gegensatz zur Epidermis besteht die darunterliegende Hautschicht, die Lederhaut, aus Bindegewebe. In sie hinein reichen die Haarbälge mit den dort einmündenden Talgdrüsen, die Knäuel der Schweißdrüsen, die Blutgefäße der Haut und die Nerven, die hier ein dichtes Netzwerk bilden.

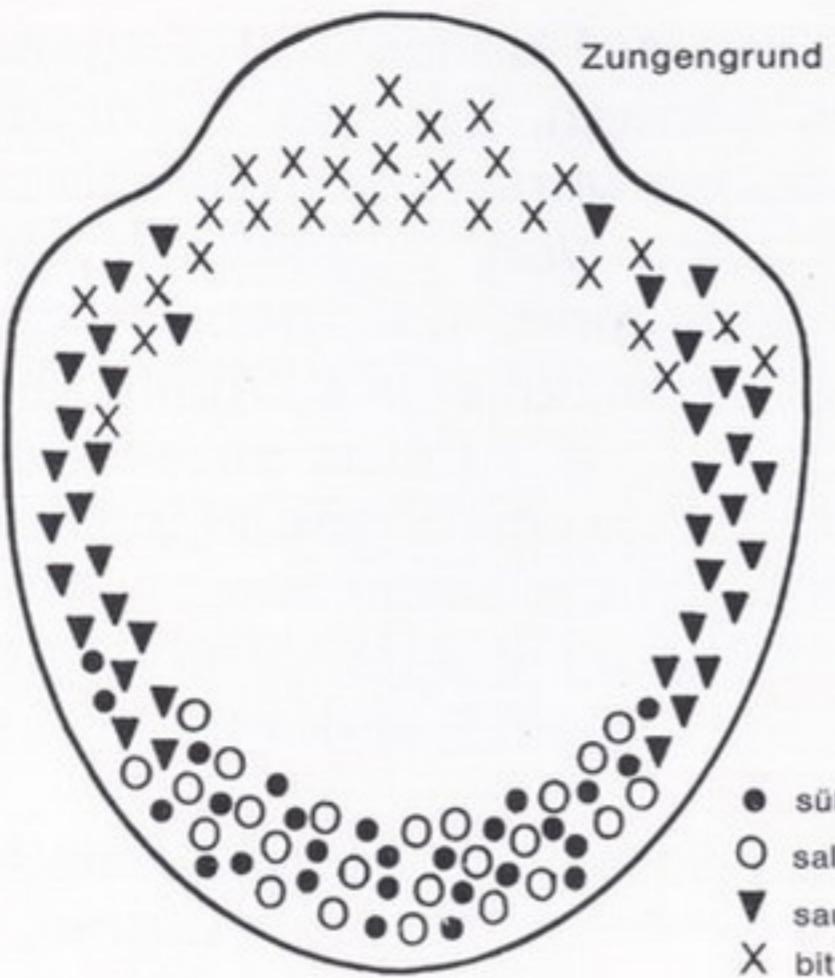
Die gut durchblutete Lederhaut regelt die Körpertemperatur. Registriert das im Gehirn liegende Wärmezentrum, daß es im Körperinnern zu warm wird, dann befiehlt es den Blutgefäßen der Lederhaut, sich zu erweitern. So wird Wärme abgestrahlt. Zugleich treten aber auch die Schweißdrüsen in Aktion. Sie geben ihr Sekret auf die Haut ab, wo es verdampft. Die dazu nötige Verdampfungswärme wird der Haut entzogen. Umgekehrt ziehen sich die Lederhautgefäße zusammen, wenn der Körper abkühlt. So wird die Wärmeausstrahlung vermindert.

Darüber hinaus ist die Haut ein Sinnesorgan. Winzig kleine Fühler in der Epidermis und in der Lederhaut empfangen Reize aus der Umwelt und wandeln sie in elektrische Signale um. Das Gehirn deutet diese Signale als Berührung, Druck, Schmerz, Kälte und Wärme. Und es reagiert darauf, noch ehe der Mensch richtig begriffen hat: eine blitzschnelle Bewegung der Muskeln, und schon ist eine Hautstelle, die Schmerz oder Hitze gemeldet hatte, aus der Gefahrenzone heraus.

Empfindungen wie Berührung, Druck, Schmerz, Wärme und Kälte sind nicht auf die Haut beschränkt. Manche Schleimhäute, vor allem aber die des Mundes, der Nase, der Augen und der Geschlechtsorgane, registrieren alle diese Reize auch. Darüber hinaus

Gibt es Sinnesorgane auch in den Schleimhäuten?

des Mundes, der Nase, der Augen und der Geschlechtsorgane, registrieren alle diese Reize auch. Darüber hinaus



Sinneszellen gibt es auch in der Schleimhaut der Zunge. Sie vermitteln die vier Grundempfindungen: süß, sauer, bitter und salzig. Was wir schmecken, ist meist ein Gemisch aus diesen vier Grundempfindungen.

aber gibt es in Schleimhäuten Sinneszellen, die es in der Haut nicht gibt. Es sind die Riechepithelien der Nase und die Geschmacksepithelien der Zunge. Riechepithelien registrieren eine Reihe von Stoffen, die mit der Atemluft in die Nase strömen und sich dort im Flüssigkeitsfilm der Schleimhaut lösen. Solche Stoffe erregen in den Riechzellen vier verschiedene Grundempfindungen: duftig, sauer, ranzig und brenzlig. Gerüche sind jeweils verschiedene Mischungen dieser vier Grundempfindungen. Unser Riechepithel kann selbst winzige Stoffmengen erkennen. Dennoch ist unser Geruchssinn, verglichen mit dem vieler Tiere, kümmерlich.

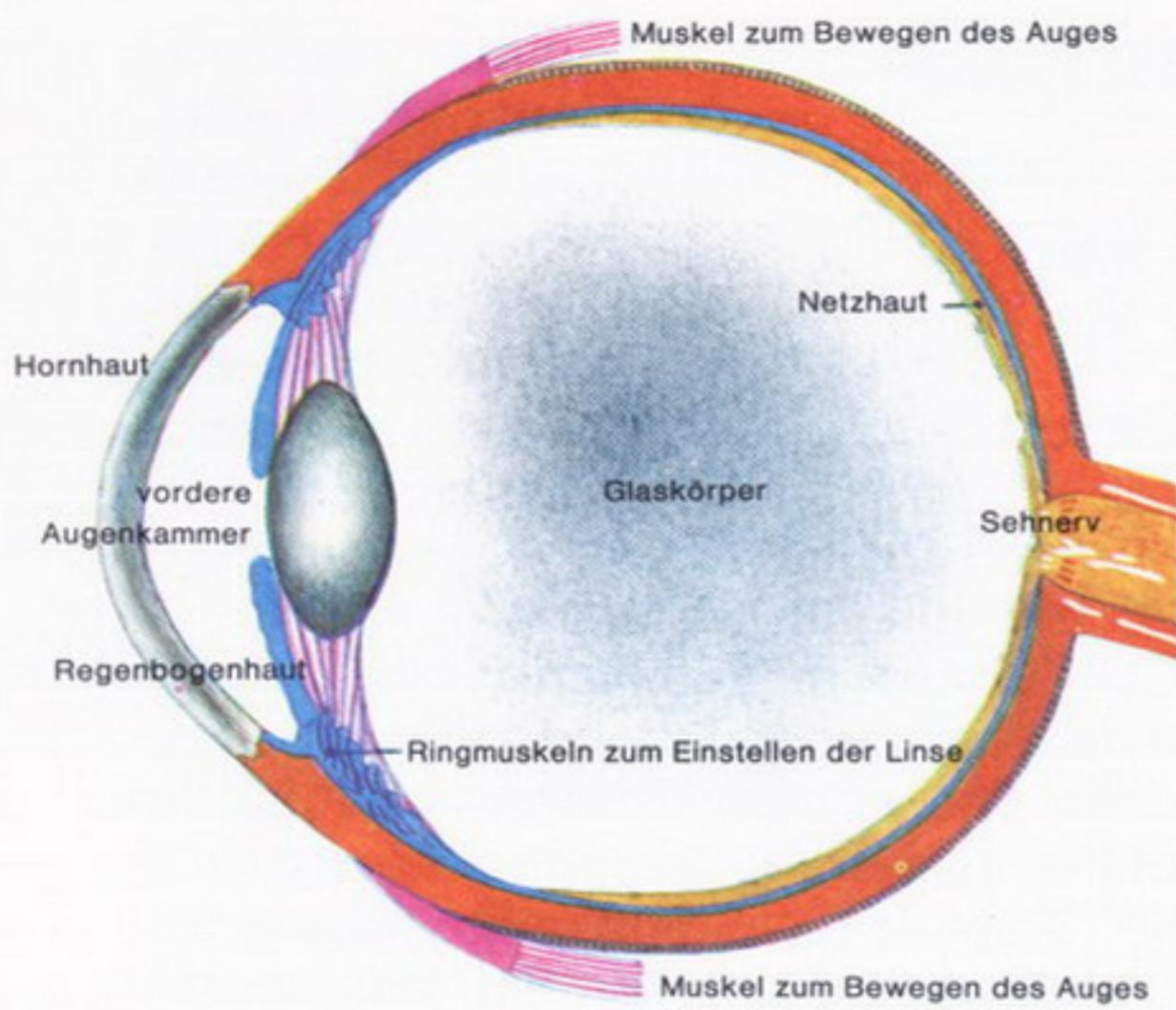
Sinneszellen sind auch die Geschmacksepithelien der Zunge. Sie vermitteln die vier Grundempfindungen: süß, sauer, bitter und salzig. Geschmacksempfindungen sind beim Menschen noch armseliger als sein Geruchssinn. Sobald ein Schnupfen das Riechen beeinträchtigt, kann kein Mensch Orangensaft von Pampelmusensaft unterscheiden. Oft glauben wir zu schmecken, aber in Wirklichkeit riechen wir.

Weitaus besser ausgebildet sind beim Menschen die Sinnesempfindungen Sehen und Hören.

Wie arbeitet das Auge?

Licht- und schallempfindliche Zellen sind bei uns – wie bei allen höheren Tieren auch – in eigenen Organen, den Augen und den Ohren, zusammengefaßt.

Es gibt im menschlichen Auge zwei Arten lichtempfindlicher Zellen: Stäbchen und Zapfen. Stäbchen vermitteln die Sinnesempfindungen hell und dunkel, Zapfen die Sinnesempfindung farbig. Beide Zellarten liegen eingebettet in ein hauchzartes, von Blutgefäßen durchzogenes Gitterwerk: die Netzhaut. Die Netzhaut kleidet den Innenraum des Augapfels aus. Dieser Augapfel besteht im übrigen aus mehreren dichtgewebten Bindegewebsschichten, die ihn zusammenhalten und formen. Sein vorderer Teil, die Hornhaut, ist durchsichtig wie Glas und läßt – als ein epitheliales Fenster – Licht ins Augeninnere fallen. Auf seinem Weg zur Netzhaut wird dieses Licht von einer Blende, der Regenbogenhaut, abgefangen und gebündelt. Es sind die Pigmentzellen der Regenbogenhaut, die die Augenfarbe eines Menschen bestimmen. Ein Ringmuskel sorgt dafür, daß die Blende des Auges sich bei grellem Licht verengt und sich bei sanftem Licht weitet. Durch das Loch in der Regenbogenhaut, die Pupille, fällt das abgeblendete Licht direkt auf die Linse. Diese Linse ist ein äußerst elastisches Organ, das ständig bestrebt ist, sich zu einer Kugel zusammenzukrümmen. Aber daran wird die Linse von einem Muskelring gehindert, der sie immer wieder auseinanderspannt und dabei abflacht. Durch dieses Spiel der Linse kann unser Auge das Licht genau auf die Netzhaut und damit auf die Schicht der Stäbchen und Zapfen richten: Wir



Ebenso wie eine Kamera, hat auch das Auge ein Außenfenster (die Hornhaut), eine Blende (die Regenbogenhaut), eine verstellbare Linse und im Hintergrund eine lichtempfindliche Schicht (die Netzhaut). Die Signale der Netzhautzellen werden zur Großhirnrinde weitergeleitet.

sehen scharf. Wenn ein Mensch älter wird, läßt die Elastizität seiner Linse allmählich nach. Infolgedessen leidet auch die Scharfeinstellung des Auges; die verlorengegangene Anpassungsfähigkeit der Linse muß durch vorgesetzte gläserne Linsen ausgeglichen werden.

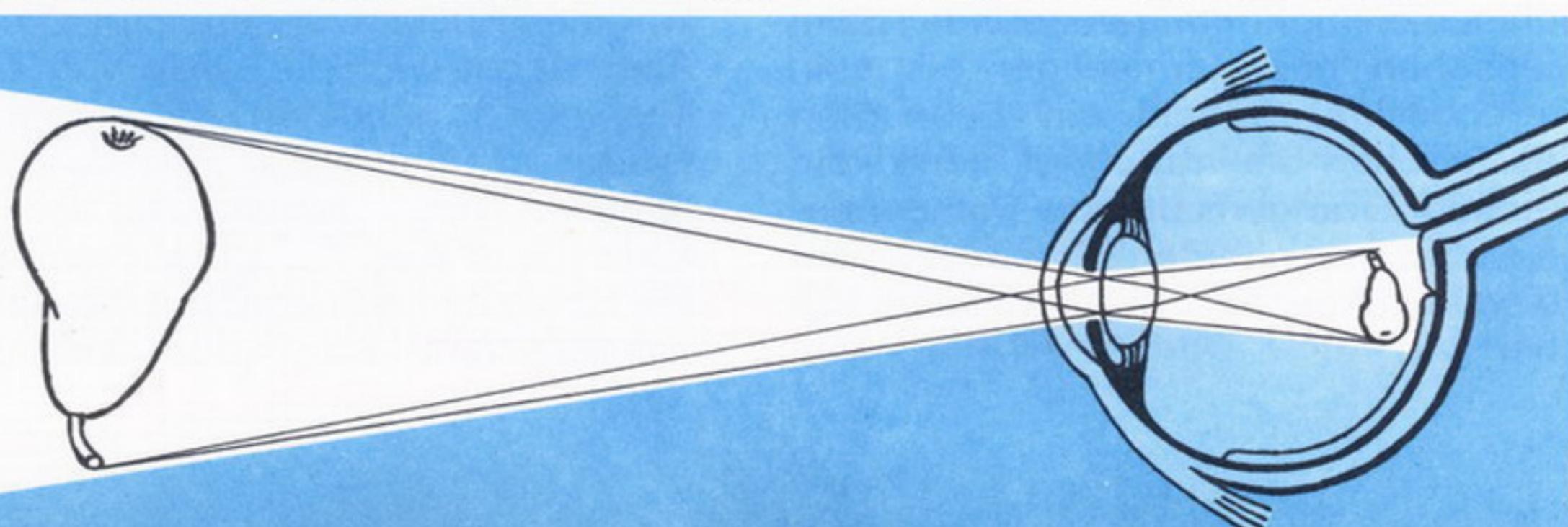
Man hat das Auge oft mit einer Kamera verglichen; denn ebenso wie die Kamera hat das Auge ein Außenfenster, eine Blende, eine verstellbare Linse und im Hintergrund eine lichtempfindliche Schicht, die dem Film entspricht. Der Mensch sieht aber noch mehr als eine Kamera: Da wir zwei Augen haben

Bilder aus der Außenwelt werden durch die Linse umgekehrt auf die Netzhaut geworfen. Aber davon merken wir nichts: Das Gehirn korrigiert diese Verdrehung der Tatsachen. Unser Gehirn ist auch in dieser Hinsicht sehr anpassungsfähig. Würde ein Mensch wochenlang auf dem Kopf stehen, würde er auch dann bald wieder aufrechte Bilder sehen.

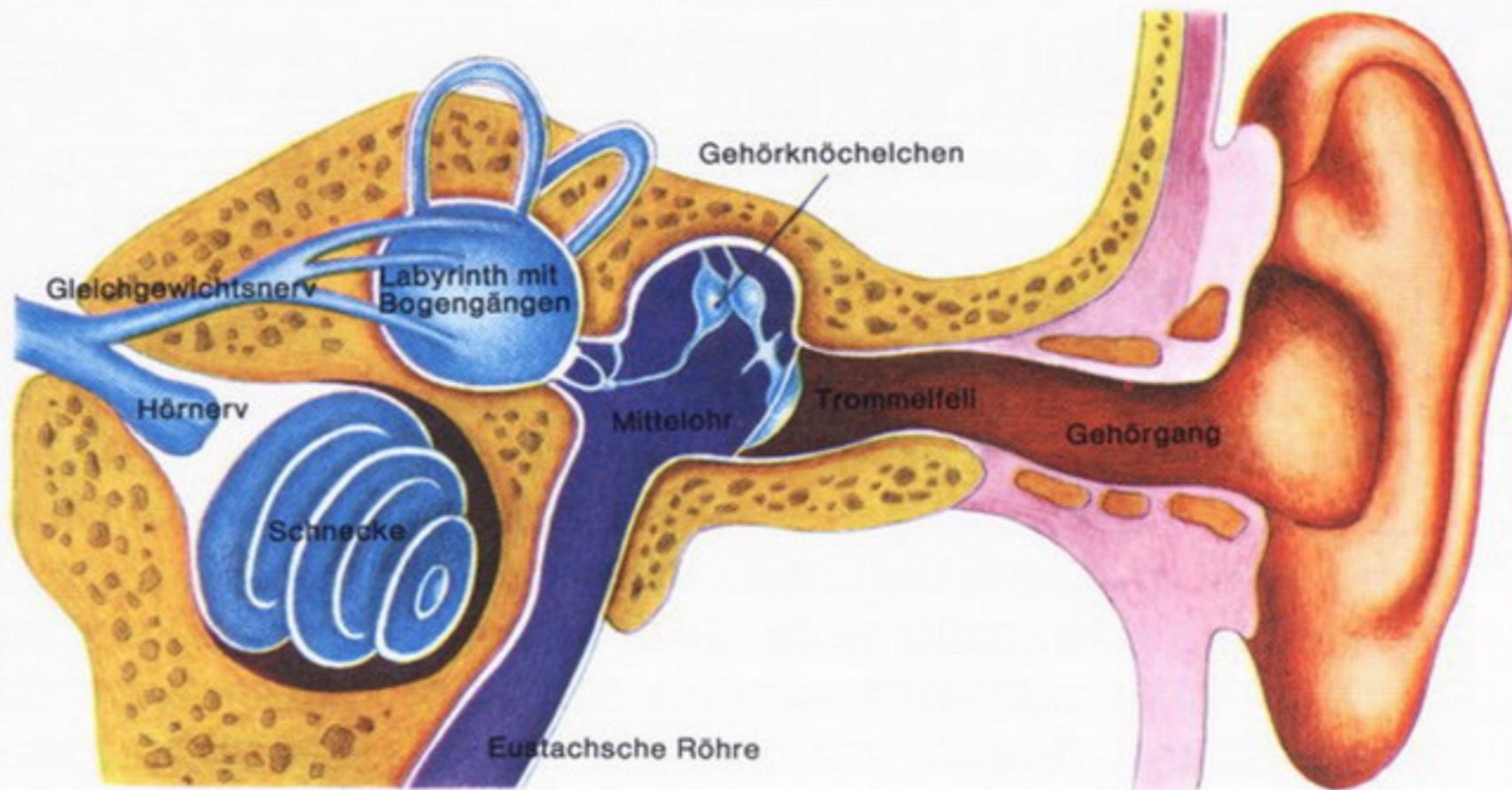
und diese auf denselben Gegenstand richten können, vermögen wir die jeweils etwas verschiedenen Bilder, die jedes Auge von demselben Gegenstand aufnimmt, miteinander zu vergleichen. Aus solchen Vergleichen lernt das Gehirn, die Form eines wahrgenommenen Gegenstandes abzuschätzen. Menschen können also räumlich sehen; Hühner können das nicht, weil ihre Augen seitlich stehen.

Wie das Sehen, so ist auch das Hören ein Signal, das von Sinneszellen empfangen und vom Gehirn ge-deutet wird. Diese Sinneszellen lie-

gen in einer häutigen Kapsel: der Schnecke, die tief im Schädel verborgen ist. Die Schnecke ist ein mit Flüssigkeit gefüllter gewundener Gang, der zusammen mit dem Gleichgewichtsorgan, den drei Bogengängen, das so genannte Labyrinth bildet. Die Schnecke steht mit einer vorgelagerten Knochenhöhle, dem Mittelohr, durch ein ovales Fenster in Verbindung. Jede Schwingung der Außenluft, die von der Ohrmuschel eingefangen und vom äußeren Gehörgang weitergeleitet wird, trifft das Häutchen, das dieses ovale Fenster verschließt. Aber die Schwingungen haben keinen direkten Zugang. Zunächst beginnt das Trommelfell – ein Häutchen, das den Ge-



Damit wir hören können, müssen die Schallwellen der Außenluft einen komplizierten Weg zurücklegen. Sie dringen durch den Gehörgang ein und versetzen das Trommelfell an dessen Ende in Schwingungen, die von der Kette der Gehörknöchelchen auf das ovale Fenster des Innenohrs übertragen werden. Das Häutchen des ovalen Fensters wiederum überträgt die Schwingungen als Druckwellen auf die Flüssigkeit der Schnecke, die schließlich die Sinneszellen des Innenohrs erregen. Solche Erregungen deutet das Gehirn als Geräusche, Töne oder gar als Musik.

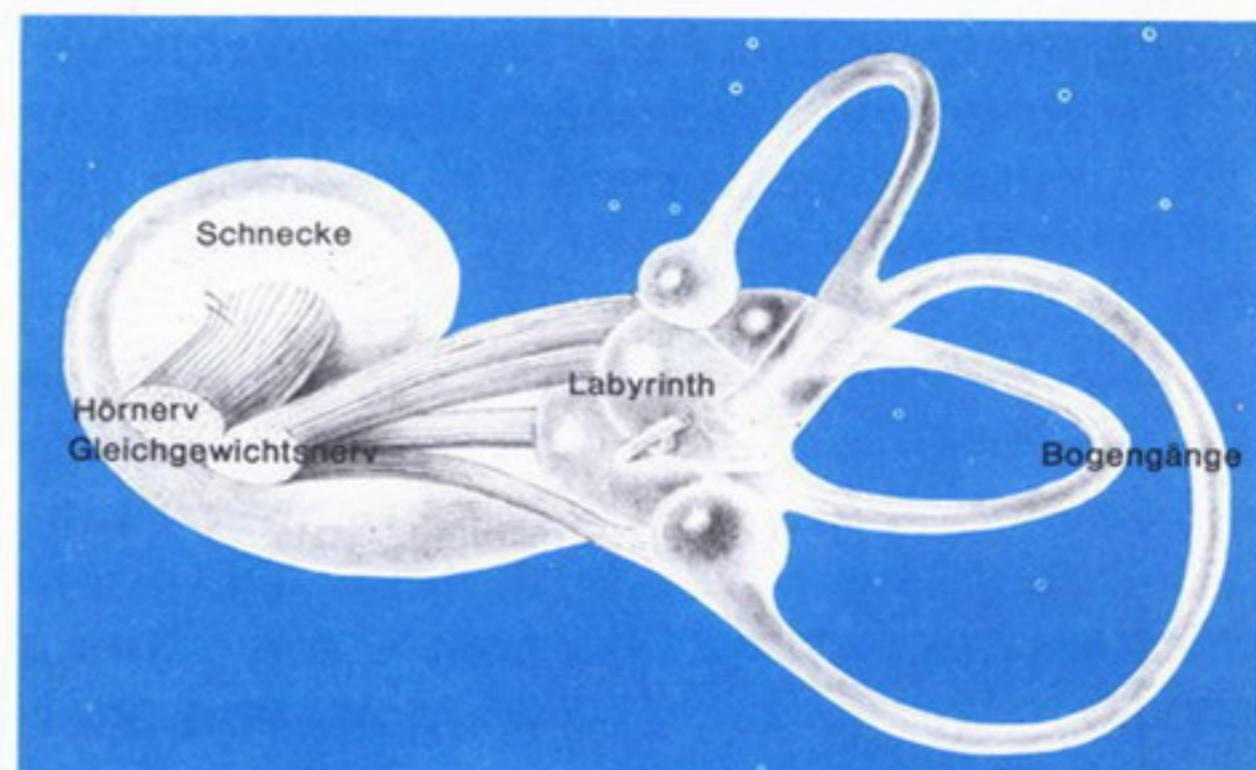


hörgang abschließt – mitzuschwingen. Seine Schwingung wiederum wird auf eine Knochenkette übertragen, die aus den winzigen Gehörknöchelchen: Hammer, Amboß und Steigbügel, zusammengesetzt ist. Sie überbrückt das Mittelohr, den Raum zwischen Trommelfell und Schnecke. So kommt es, daß jede Schwingung der Außenluft letzten Endes auch das Häutchen des ovalen Fensters in Schwingungen versetzt. Diese laufen nun als Wasserwellen die Schnecke aufwärts und erregen dabei die Sinneszellen des Innenohrs. Deren Erregung registriert das Gehirn als Geräusch, als Ton oder Musik.

Für das Hören gilt dasselbe wie für das Sehen: da wir zwei Ohren haben, können wir die Richtung bestimmen, aus der ein Geräusch kommt. Wir sehen nicht nur, wir hören auch räumlich. Die Bogengänge des Labyrinths mit ihren gemeinsamen Hauttaschen bilden miteinander das Gleichgewichtsorgan. Es gibt auf beiden Kopfseiten einen flach liegenden und zwei aufrecht stehende Bogengänge, von denen der eine sich nach vorn, der andere nach der Seite vorwölbt. Sie sind also den drei Dimensionen des Raumes zugeordnet. Bei jeder Bewegung des Kopfes bewegt sich die Flüssigkeit in ihnen.

Es ist ein reizvolles Gedankenspiel, sich einmal zu überlegen, in welchem der drei Bogengänge die Strömung wohl am stärksten ist, wenn jemand Kobolz schießt, radschlägt oder sich um die eigene Achse dreht.

Die Sinneszellen des Gleichgewichtsorgans ragen in die Flüssigkeit hinein. Sie registrieren darin jede Bewegung und leiten diese Nachricht weiter zum Kleinhirn. Hier werden alle eingehenden Daten gespeichert und miteinander verglichen. Die notwendigen Nachrichten und Befehle ergehen an alle Organe, die das Gleichgewicht des Körpers einstellen helfen. Vom Ergebnis aller Maßnahmen wird das Großhirn unterrichtet.



Im Innenohr bildet die Schnecke das Gehörorgan, die beiden Säckchen mit ihren Bogengängen das Gleichgewichtsorgan.

Das Zusammenspiel des Körpers

Jede Leistung des menschlichen Körpers ist die gemeinsame Leistung aller seiner Zellen. Diese Zellen sind – wie wir gesehen haben –

Wie regelt der Körper sein Zusammenspiel?

Spezialisten. Sie haben ihre Vielseitigkeit eingebüßt, dafür aber andere Fähigkeiten bis zur Vollkommenheit weiterentwickelt. Indem sich der Körper aller dieser Fähigkeiten bedient, ist er imstande, Höchstleistungen zu vollbringen. Dies ist die Lichtseite der Spezialisierung.

Es gibt aber auch eine Schattenseite. Je höher spezialisiert Zellen sind, desto empfindlicher sind sie. Im Körper können sie nur dann gedeihen, wenn andere Zellen dafür sorgen, daß ihre Bedürfnisse gewissenhaft befriedigt werden. Das aber ist nur dann möglich, wenn alle Zellen, die miteinander zu tun haben, auch voneinander erfahren. Ein so kompliziertes Gebilde wie der menschliche Leib ist undenkbar ohne leistungsfähige Nachrichtensysteme, die alle seine Teile miteinander verbinden. Diese Nachrichtensysteme müssen darüber hinaus imstande sein, Meldungen zu sammeln, zu sichten und an die richtigen Stellen weiterzuleiten. Es gibt im menschlichen Körper zwei Organsysteme, die das können: das System der Hormone und das Nervensystem.

Hormone sind chemische Stoffe, die

Was sind Hormone?

Hormondrüsen, produziert und ausgeschieden. Hormondrüsen sind: die

auf dem Blutwege Nachrichten übermitteln. Die meisten von ihnen werden von kleinen Organen, den

Hirnanhangdrüse, die Zirbeldrüse, die Schilddrüse, die Epithelkörperchen, Teile der Bauchspeicheldrüse, die Nebennieren und die Geschlechtsdrüsen – bei der Frau die Eierstöcke, beim Mann die Hoden. Einige wenige Hormone werden aber nicht in eigenen Drüsen produziert. Sie entstehen inmitten anderer Gewebe und heißen daher auch Gewebshormone. Gewebshormone sind z. B. das Cholecystokinin, das Sekretin und das Pankreozmin des Dünndarms: Wirkstoffe der Verdauung, die wir schon kennengelernt haben.

Ein besonders wichtiges Hormon ist das Insulin. Insulin entsteht in der Bauchspeicheldrüse. Es wird immer dann ins Blut ausgeschüttet, wenn – z. B. nach einer kohlenhydratreichen Mahlzeit – der wichtigste Baustein der Kohlenhydrate, der Traubenzucker, im Blut ansteigt. Im Blut eines gesunden Erwachsenen kreisen ständig 4–5 g Traubenzucker als „Blutzucker“. Sobald diese Menge überschritten wird, greift das Insulin ein. Unter seiner Wirkung werden die Zellmembranen der Muskel- und Fettzellen für Traubenzucker besser durchlässig. Der eindringende Traubenzucker wird in der Muskulatur gespeichert. Gleichzeitig sorgt das Insulin dafür, daß Leber und Fettgewebe Traubenzucker abbauen und aus den Bruchstücken Fett bilden. Dieses Fett wird im Fettgewebe gespeichert. Schließlich – wenn das Insulin seine Arbeit beendet hat – ist der Gehalt an Blutzucker wieder normal.

Es gibt Menschen, deren Bauchspeicheldrüse nicht genügend Insulin bilden kann. Wenn sie Kohlenhydrate essen, steigt ihr Blutzuckergehalt steil an und bleibt noch lange auf dieser Höhe. Solche Menschen sind „zuckerkrank“. Um leben zu können, müssen

sie sich Insulin, das sie selbst nicht produzieren können, tagtäglich einspritzen. Dieses Insulin wird aus den Bauchspeicheldrüsen von Kälbern, Rindern und Schweinen gewonnen.

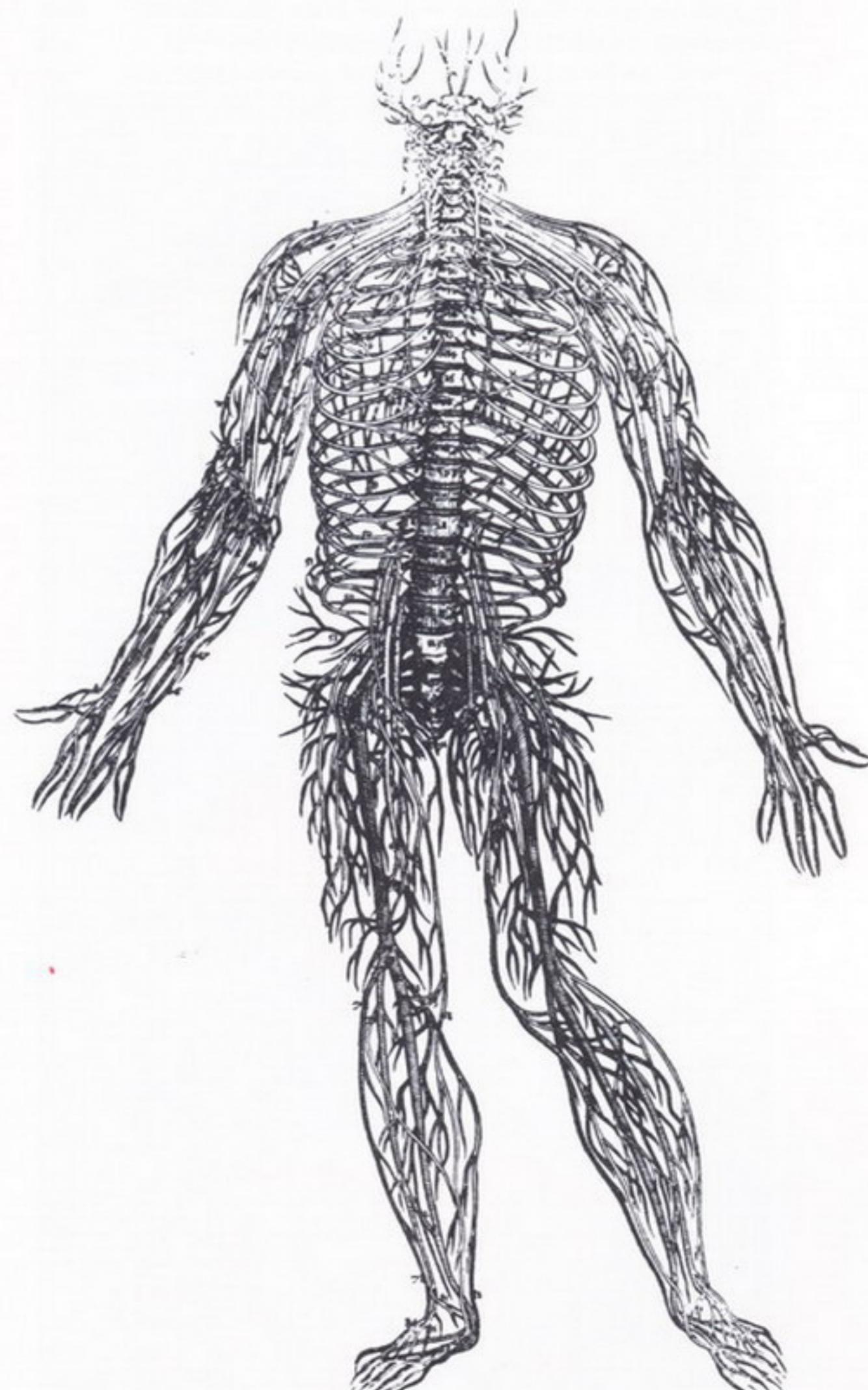
Eine besondere Hormondrüse ist die Hirnanhangsdrüse, die Hypophyse. Viele Hormone, die hier gebildet werden, haben selbst keine oder nur eine schwache Wirkung auf die Körperzellen. Ihre Aufgabe besteht vielmehr darin, andere Hormondrüsen zur Hormonproduktion anzuregen. Nehmen wir als Beispiel die Geschlechtshormone. Beim Mann bildet die Hypophyse das Geschlechtshormon ICSH. Erst unter seiner Wirkung produzieren die Hoden das eigentliche männliche Geschlechtshormon: das Testosteron. Testosteron erhält den Geschlechtstrieb, die Fruchtbarkeit, die Größe des männlichen Gliedes, die Muskelkraft und die Körperbehaarung. Ist zu wenig Testosteron im Blut, dann verstärkt die Hypophyse ihre ICSH-Produktion; ist zuviel da, schränkt sie ihre Tätigkeit ein. Die Produktion der Hypophyse wird also durch „Rückkoppelung“ gesteuert. Da sie außerdem auch vom Gehirn Befehle erhält, ist sie es, die die Tätigkeit des Hormonsystems und die des Nervensystems miteinander verknüpft.

Nervensystem heißt das zweieinhalb Pfund schwere, sulzige Organ in Kopf und Wirbelkanal des Menschen mitsamt seinen Ausläufern, den Nerven. Dieses Nervensystem ist eine Arbeitsgemeinschaft aus mehr als

Was ist das Nervensystem?

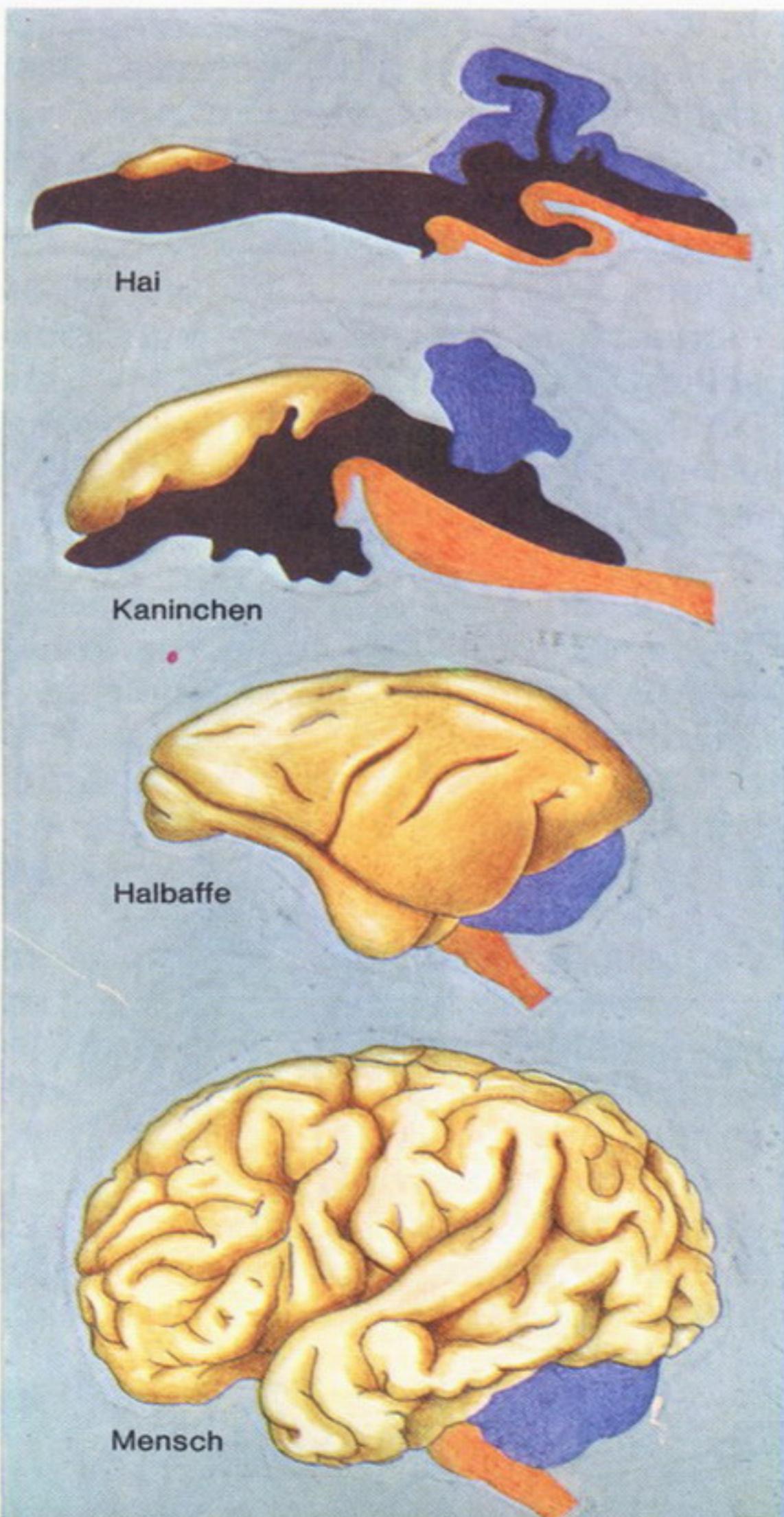
Rechts: Nerven sind Leitungsbahnen, über die die Zellen des Gehirns und des Rückenmarks ihre Befehle an die Organe weiterleiten. Andreas Vesal hat vor etwa 400 Jahren alle noch eben sichtbaren Nerven des Menschen freigelegt und von einem flämischen Künstler abbilden lassen.

10 Milliarden Zellen. Viele Nervenzellen haben einen sternförmigen Zelleib, aus dem ein dünner Fortsatz, der Neurit, entspringt. Nerven sind Bündel solcher Neuriten. Außer dem Neuriten gehen vom Zelleib zahlreiche weitverzweigte Fortsätze, die Dendriten, aus. Über ihre Dendriten hat jede Nervenzelle Kontakt zu mehr als 10 000 weiteren Nervenzellen. Zelleib, Neurit und Dendriten heißen zusammen: Neuron. 10 Milliarden solcher Neuronen bilden im menschlichen Nervensystem ein Nachrichtennetz, das hundertmal komplizierter ist als das gesamte elek-



tronische Nachrichtennetz der Erde. Dieses weitverzweigte und hochkomplizierte Organsystem, das leistungsfähiger ist als 1000 Elektronengehirne, hat sich aus wenigen, stromerzeugenden Zellen zu seiner jetzigen Höhe entwickelt. Vergleicht man es mit dem Nervensystem anderer Lebewesen, so kann man an ihm die Jahresringe der Evolution noch deutlich erkennen. Was man damit aber noch nicht erkennen kann, ist seine Einmaligkeit. Das Ner-

Vergleicht man das Gehirn des Menschen mit dem anderer Lebewesen, so sieht man auf den ersten Blick die gewaltige Entwicklung der – hier gelb gezeichneten – Großhirnrinde. Das Großhirn des Hais ist vergleichsweise winzig; er braucht es vor allem zum Riechen. Dagegen ist sein Kleinhirn – hier blau gezeichnet –, das die Lage des Körpers kontrolliert, gut entwickelt.



vensystem des Menschen ist bislang der einzige Computer, der so vollkommen ist, daß er Macht über sich selbst erlangt hat. Eine Maschine, die sich selbst beobachtet, die über sich selbst nachdenkt, die sich selbst Befehle erteilt und ihre eigene Zukunft plant. Wie so etwas möglich ist, kann bisher niemand erklären.

Der älteste und einfachste Teil des menschlichen Nervensystems ist das **Rückenmark**:

Das Rückenmark

ein kaum 40 g schweres, stabförmiges Organ, das vom Gehirn herabhängt und im Wirbelkanal in einer wasserhellen Flüssigkeit, dem Liquor, schwimmt. Dieses Organ empfängt in jeder Sekunde Tausende von Hilferufen aus dem Leib, den Beinen und den Armen, und es beantwortet diese Hilferufe mit kurzen, sinnvollen Befehlen. Wenn ein Mensch auf einen Dorn tritt, wird dieses Ereignis zunächst in der Haut wahrgenommen, aber sofort über den Neuriten eines Nachrichtenneurons dem Rückenmark gemeldet. Das Nachrichtenneuron gibt den Notruf an ein Befehlsneuron weiter, und dieses signalisiert einem Muskel, das Bein sofort aus der Gefahrenzone wegzuziehen. Das alles geschieht blitzschnell. Erst jetzt erreicht die Nachricht auch das Gehirn und wird von ihm als Schmerz empfunden. Eine solche blitzschnelle Reaktion geschieht also ohne Zutun des Gehirns. Wissenschaftler nennen sie „Reflex“. Der gesamte Weg, den Nachricht und Befehl zurücklegen müssen, heißt **Reflexbogen**.

Das Rückenmark ist also ein **Reflexorgan**. Reflexe werden nicht erlernt, sie sind angeboren. Über Reflexbögen, die bis ins Gehirn hinaufreichen, regelt das Nervensystem die Atmung, den Herzschlag, den Blutdruck, die Verteilung des Blutes und viele andere lebens-

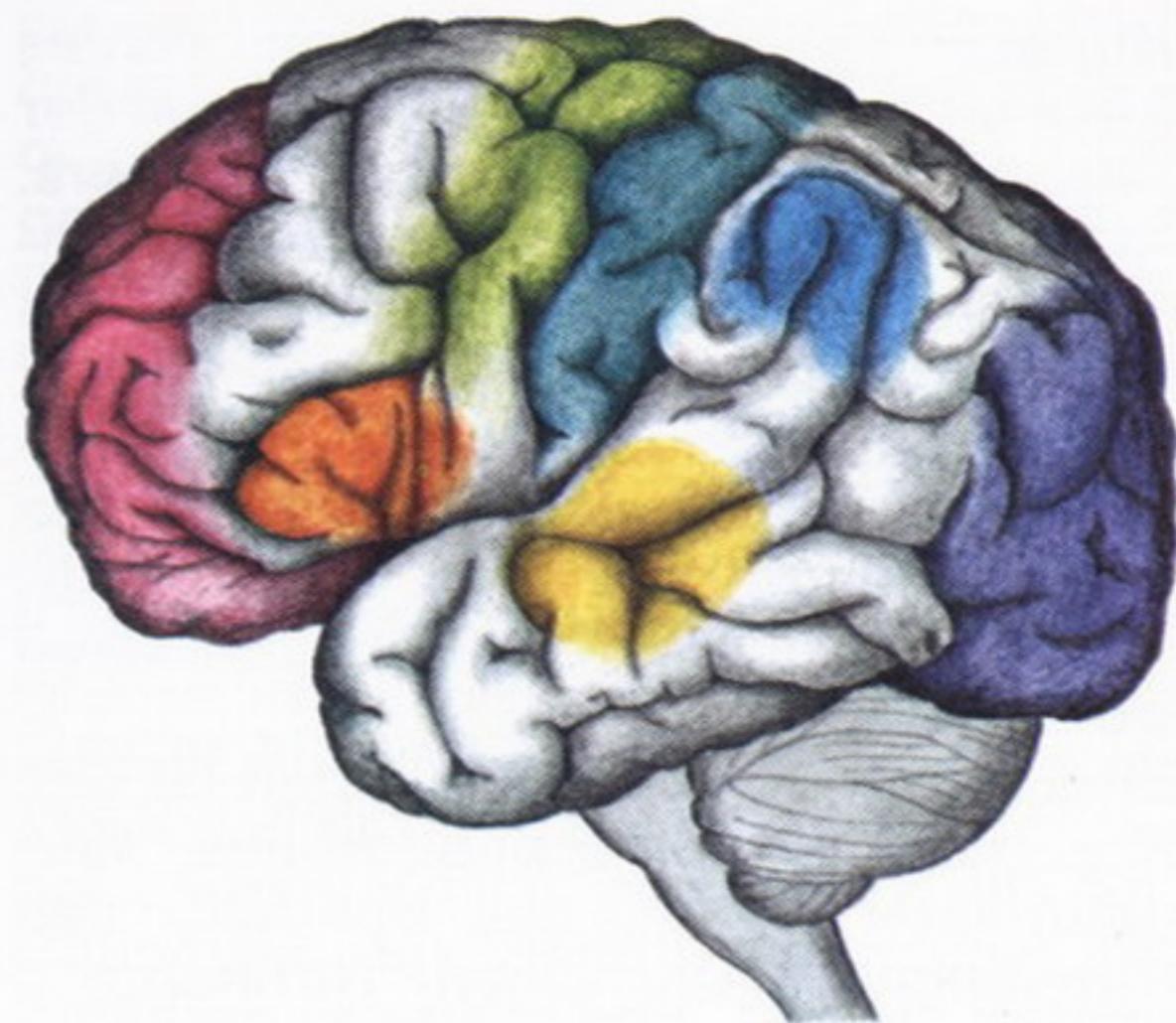
wichtige Körperfunktionen. Von allem merkt der Mensch aber nichts. Das Rückenmark ist jedoch nicht nur ein Reflexorgan. Es enthält auch alle Nervenbahnen, die von den Organen zum Gehirn und vom Gehirn zu den Organen führen. Darum ist der Körper eines Menschen, dessen Rückenmark verletzt wurde, unterhalb der verletzten Stelle schlaff und empfindungslos.

Dort, wo das Nervensystem durch ein fünfmarkstückgroßes Loch in die Schädelkapsel eintritt, geht das

Hirnstamm, Kleinhirn und Zwischenhirn

Rückenmark mit einer zwiebelförmigen Anschwellung, dem verlängerten Mark, in den **Hirnstamm** über. Dichtgepackt liegen hier die Zelleiber von Neuronen, die gemeinsam zwei lebenswichtige Kommandozentralen bilden: das Atemzentrum und das Kreislaufzentrum. Wenn dieser Teil des Gehirns verletzt wird, tritt sofort der Tod ein.

Oberhalb der beiden lebenswichtigen Zentren beginnt das „Netzgebiet“ des



Durch zahlreiche Experimente an Versuchstieren und durch die Beobachtung kranker Menschen ist es den Wissenschaftlern gelungen, für die Fähigkeiten der Großhirnrinde eine „Landkarte“ zu entwerfen. In dieser Abbildung sind die wichtigsten Regionen mit Farben gekennzeichnet:

Rot = das Stirnhirn. Hier haben typisch menschliche Fähigkeiten ihren Sitz: Weitsicht, Phantasie und das Gefühl, sich selbst gegenüberzustehen und Verantwortung zu tragen.

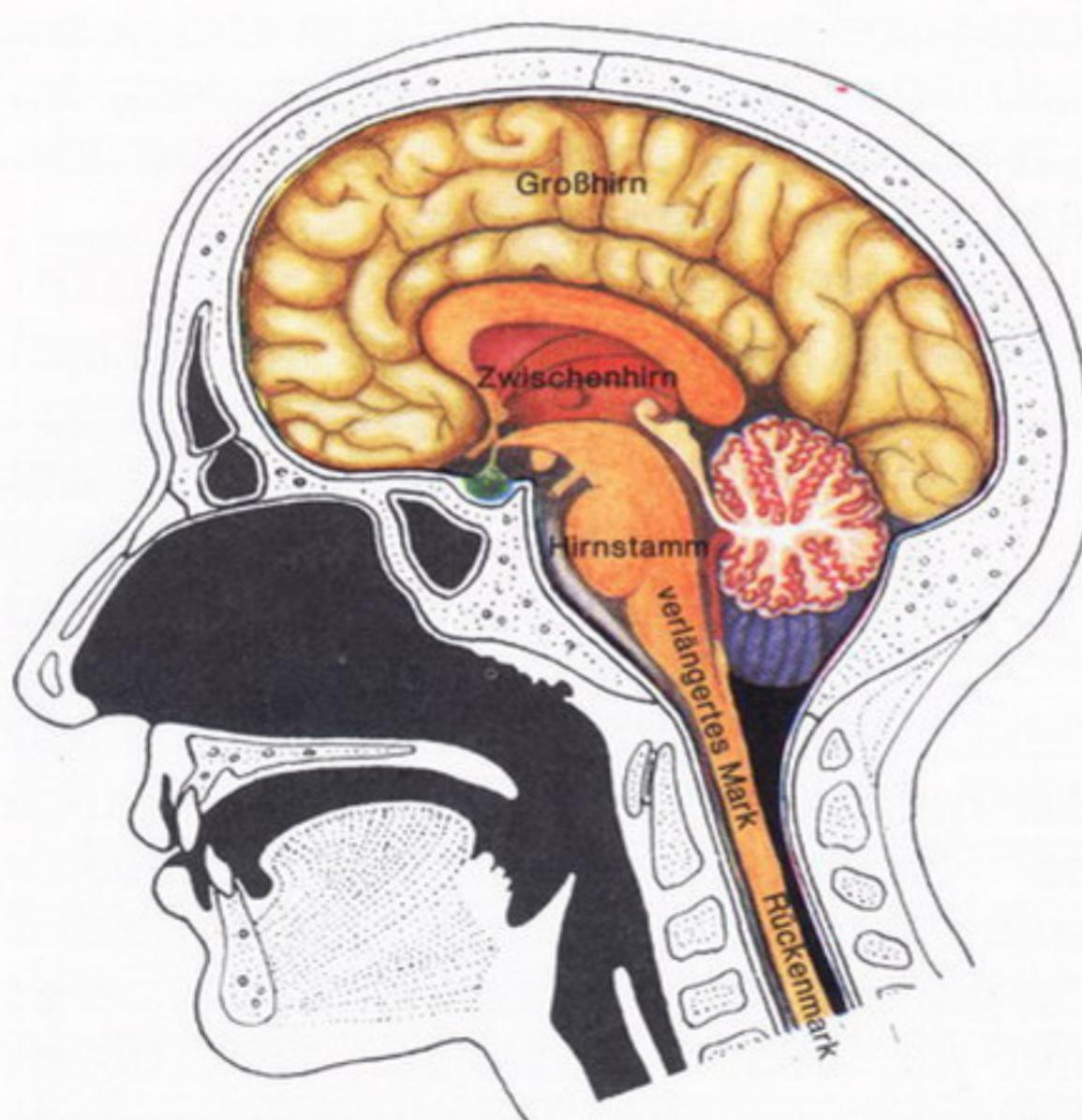
Grün = die vordere Zentralwindung. Hier liegt die Befehlszentrale für alle Muskeln, die dem Willen gehorchen. Türkis = die hintere Zentralwindung. Sie ist das Gegenstück zur vorderen Zentralwindung. Hier laufen alle Nachrichten des Körpers zusammen und werden als Empfindungen (Druck, Schmerz, Temperatur usw.) gedeutet.

Blau = das Zentrum für die Orientierung im Raum, für die Unterscheidung von rechts und links und für die Fähigkeit, zu rechnen.

Violett = der Hinterhauptlappen. Hier entstehen aus den Signalen der Netzhaut die Bilder von unserer Umwelt.

Orange = das Sprechzentrum.

Gelb = das Hörzentrum. Sprache wird hier nicht nur gehört, sondern auch verstanden.



Links: Unser zweieinhalb Pfund schweres Gehirn mit seinen Teilen: dem Großhirn, dem Zwischenhirn, dem Kleinhirn und dem Hirnstamm liegt gut geschützt in der knöchernen Schädelkapsel. Es ist von einer Flüssigkeitschicht umgeben und wird durch Scheidewände aus Bindegewebe an seinem Platz gehalten.

Grün = die Hirnanhangsdrüse, die Hypophyse.

Hirnstamms, ein unvorstellbar dichtes Neuronengeflecht. Diese Region ist der Nachrichtengroßmarkt des Körpers. Hier enden die zehn Millionen Nervenleitungen des Rückenmarks, die alle Körperteile mit dem Gehirn verbinden. Ankommende Signale werden hier gesammelt, gesichtet und – wenn sie wichtig genug sind – an die zuständigen Spezialabteilungen des Gehirns weitergeleitet.

Eine dieser Spezialabteilungen ist das **Kleinhirn**: ein apfelsinengroßes, tiefgefurchtes Organ, das oberhalb des Hirnstamms unter einem Hirnhautzelt im Hinterkopf liegt. Dieses Kleinhirn ist ein Rechenautomat der Spitzenklasse. Unaufhörlich empfängt es Tausende von Nachrichten – über die Stellung der Gliedmaßen, über die Blickrichtung der Augen, über die Lage der Bilder auf der Netzhaut und über die Bewegung der Flüssigkeit in den Bogengängen des Innenohrs. Alle diese Daten werden in Bruchteilen von Sekunden gespeichert, geordnet und miteinander verglichen. Sobald das Kleinhirn eine Gefahr erkannt hat, ergeht an die Muskeln der Befehl zur Korrektur der Körperstellung. Zugleich erhält das Großhirn einen Lagebericht, den es als Ruhe, Bewegung oder Übelkeit deutet. Der Hirnstamm erscheint dem Betrachter als ein einheitliches Organ. In Wirklichkeit aber besteht er aus einer linken und einer rechten Hälfte, die in der Mitte zusammengewachsen sind. Diese Zweiteilung des Gehirns wird dort ganz deutlich, wo sich zwischen den Fortsätzen des Hirnstamms eine der vier mit Liquor gefüllten Kammern des Gehirns schiebt. Diese nun auch für das bloße Auge paarigen Fortsätze heißen **Zwischenhirn**. Die jahrmillionenalten Erfahrungen der Entwicklungsgeschichte sind hier gespeichert.

Der untere Abschnitt des Zwischenhirns, der Hypothalamus, beobachtet

sorgfältig alle Umstände, die für den Körper Wohlergehen oder Gefahr bedeuten, und er reagiert darauf mit heftigen Gemütsbewegungen. Hunger, Durst, Wut, Angriffslust, Angst und ein wilder Geschlechtstrieb sind Aufschreie dieser Hirnregion. Darüber hinaus erteilt der Hypothalamus der Hirnanhangsdrüse den Befehl, Hormone auszuschütten und damit im Körper lebenswichtige oder wünschenswerte Prozesse in Gang zu setzen.

Meldungen, die hier aus dem ganzen Körper zusammenlaufen, erhalten im Thalamus – so heißt der obere Teil des Zwischenhirns – Richtung und Wichtigkeit, mit einem Wort: Bedeutung. Diese Bedeutung empfindet der Mensch als unbestimmtes, bedrängendes Gefühl.

Immer noch beherrscht das Zwischenhirn mit seinen dunklen Empfindungen, seiner unergründlichen Angst und seiner ungezügelten Feindseligkeit das Leben jedes einzelnen. Aufrufe zur Vernunft, zur Unvoreingenommenheit und zur Friedfertigkeit haben in ihm einen hartnäckigen Gegner, der immer auf die bitteren Erfahrungen der Vergangenheit pocht. Selbstsucht, Haß, Krieg und sinnlose Zerstörungswut sind die Spuren seiner Tätigkeit im Leben jedes einzelnen und in der Geschichte der Menschheit.

Unser schicksalträchtiges Zwischen-

Das Großhirn

hirn wird überlagert vom **Großhirn**. In den unteren Schichten des Großhirns liegen – verborgen unter

der gefurchten Decke der Großhirnrinde – jene Zentren, die die Grundstimmung eines Menschen beherrschen. Ob jemand lebhaft ist oder träge, ob er viel will oder sich treiben lässt, ob er überschäumt vor Lebensfreude oder

die Welt zum Kotzen findet – all das ist hier, im „extrapyramidalen System“, gespeichert und ein für allemal festgelegt. So bestimmt dieser Teil des Großhirns, **wie** jemand etwas tut. Es prägt seinen Ausdruck: den Ausdruck seines Gesichtes, seiner Hände, seiner Stimme, seines Ganges und seiner Schrift. Unverfälscht erlebt man diesen Ausdruck aber nur bei kleineren Kindern; alle Erwachsenen sind dagegen mehr oder weniger gehemmt.

Um das Großhirn legt sich beim Menschen die **Großhirnrinde** wie ein vielfach gefalteter Mantel. Letzten Endes ist sie es, die den Menschen zum Menschen macht. Denn alle seine Fähigkeiten und Möglichkeiten sind hier in einer nur 3 mm dicken Nervenzellschicht vereinigt.

Eine tiefe Furche teilt die Großhirnrinde in eine vordere und eine hintere

Hälfte. Die hintere Hälfte empfängt und deutet Nachrichten als Bilder, Töne oder Empfindungen; die vordere dagegen denkt, bestimmt und befiehlt. Durch zahlreiche Experimente an Versuchstieren und durch die Beobachtung kranker Menschen ist es gelungen, für die Fähigkeiten der Großhirnrinde eine „Landkarte“ zu entwerfen. Ihr interessantestes – weil einzigartiges – Gebiet ist das Stirnhirn. Kein Tier besitzt etwas Ähnliches. Hier ist der Ort aller Fähigkeiten, die den Menschen menschlich machen: Weitsicht, Phantasie, das Gefühl, sich selbst gegenüberzustehen und Verantwortung zu tragen. Die Begriffe „ich“ und „du“ sind hier entstanden. In dieser handtellergroßen Region spiegelt die Natur sich selbst wider. Viele nennen die unergründliche Tiefe dieses Spiegelbildes: Gott.

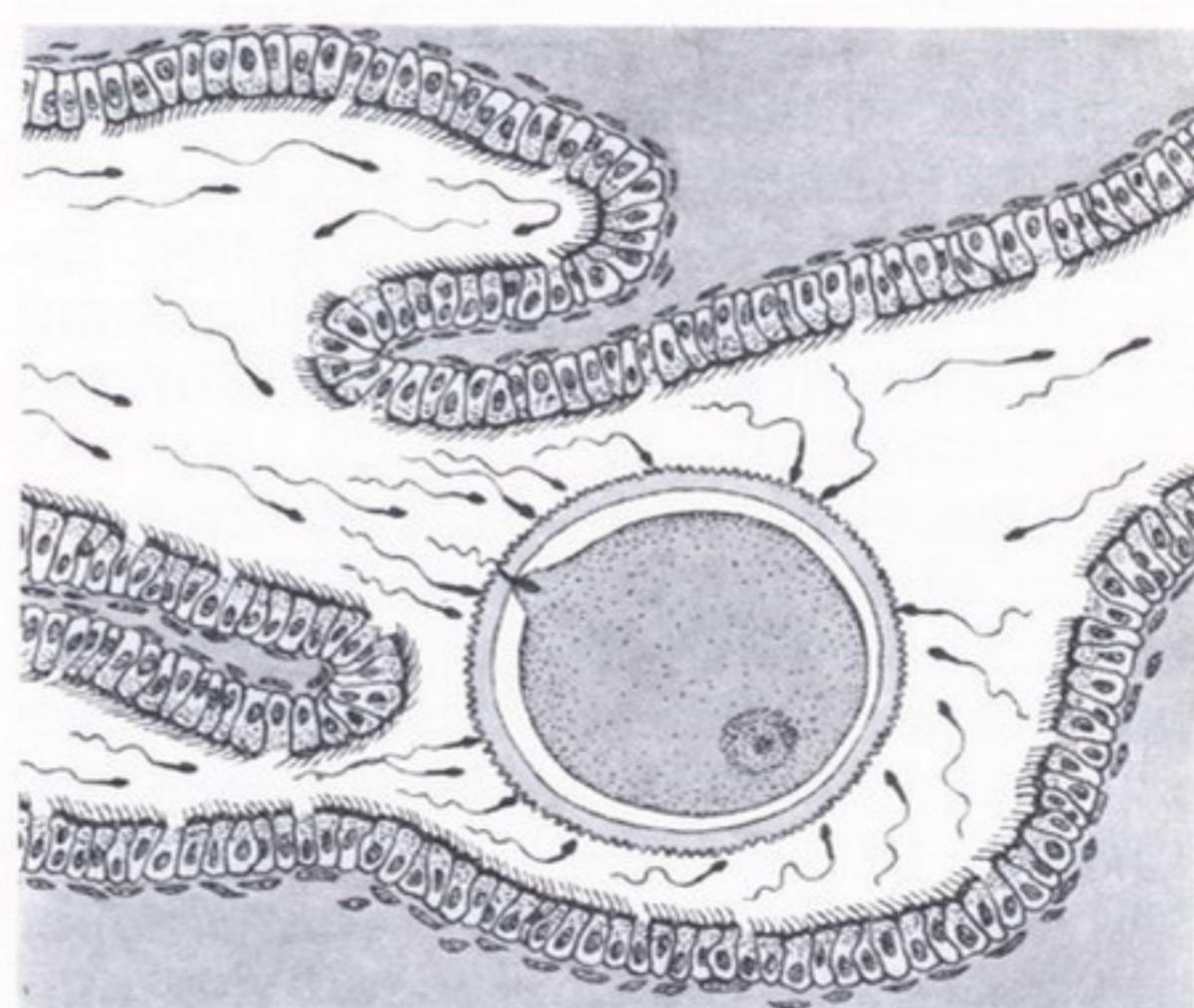
Die Fortpflanzung

Der Mensch – das denkende Säugetier – pflanzt sich fort, wie jedes andere Säugetier auch: im Mutterleib verschmilzt eine mütterliche

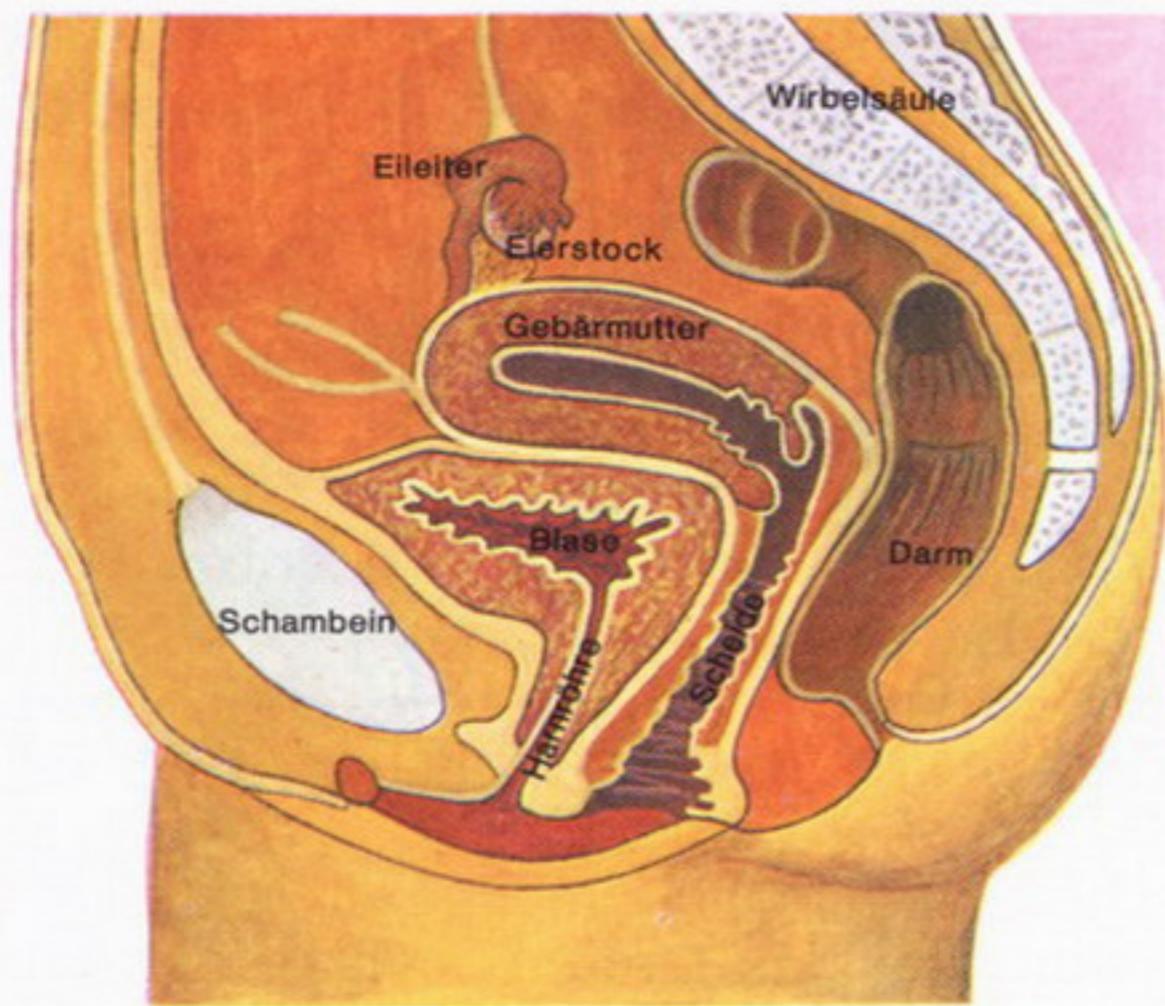
Die Geschlechtsorgane der Frau

Eizelle mit einer väterlichen Samenzelle. Die Organe, die Ei- und Samenzellen bilden, heißen Keimdrüsen. Auf Befehl der Hypophyse produzieren sie auch die Geschlechtshormone.

Die Keimdrüsen der Frau sind die Eierstöcke: zwei pflaumengroße Organe, die tief im Becken liegen. Jeder Eierstock enthält von Geburt an rund 400 000 Eizellen. Um das 12. Lebensjahr herum beginnt unter der Wirkung des „Follikel-stimulierenden“ Hypophysenhormons in jedem Monat eine dieser Eizellen heranzureifen. Um das



Alle vier Wochen wird von den Eierstöcken der Frau ein reifes Ei herausgeschleudert und von einem der beiden Eileiter aufgefangen. Hat eine Frau sich in dieser Zeit mit einem Mann vereinigt und treffen Ei und Samenzellen im Eileiter zusammen, so können diese miteinander zur Urzelle eines Embryos verschmelzen.



Die Keimdrüsen der Frau sind die Eierstöcke, die alle vier Wochen ein reifes Ei an einen der beiden Eileiter abgeben. Wird dieses Ei befruchtet, so wandert es abwärts zur Gebärmutter, nistet sich in der Schleimhaut ein und wächst dort zu einem Kind heran. Dieses Kind wird am Ende der Schwangerschaft durch die Scheide hindurch geboren.

Ei herum bildet sich auf der Oberfläche des Eierstocks ein Bläschen (lat.: Follikel), das zur Größe einer Linse heranwächst und am 14. Tage platzt. Die nun reife Eizelle wird herausgeschleudert und vom Eileiter derselben Seite aufgefangen. Eileiter heißen die beiden stricknadeldicken, 10 cm langen Muskelschläuche, die sich vor jedem Ei- sprung über das Eibläschen stülpen. Sie sind es, die die reife Eizelle zur Gebärmutter befördern.

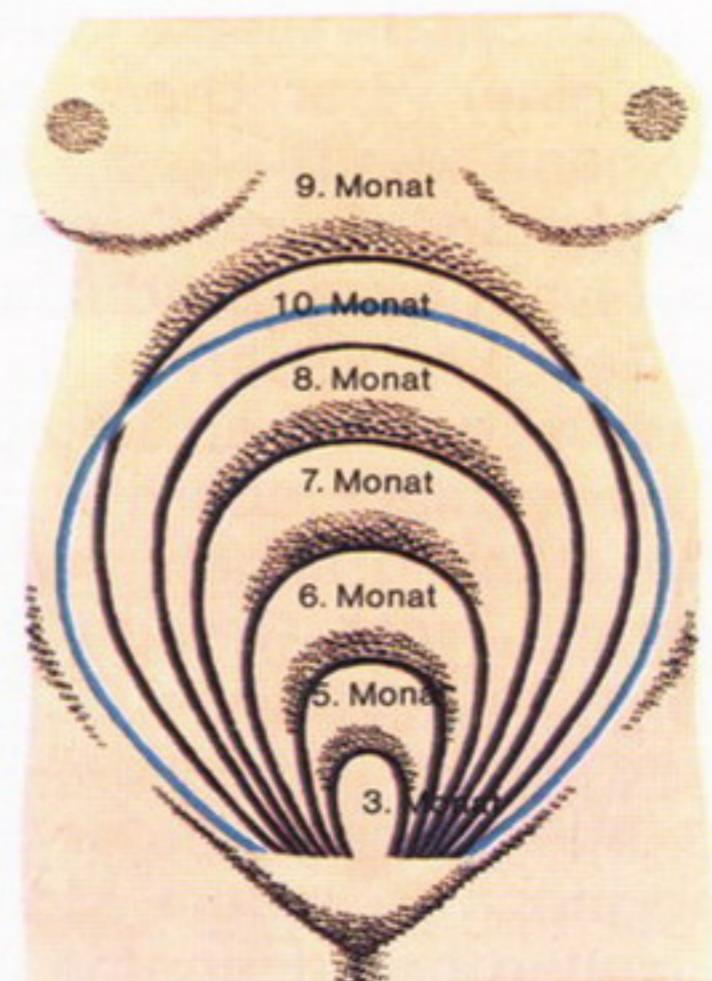
Hat eine Frau sich in dieser Zeit mit einem Mann ohne Empfängnisverhütungsmittel vereinigt, dann treffen Ei- und Samenzelle noch im Eileiter aufeinander; und hier verschmelzen sie auch zur Urzelle eines Embryos. Schon Stunden später beginnt diese Urzelle, sich zu teilen. Dabei wandert das nun schon zwei-, vier- oder mehrzellige Wesen im Eileiter immer weiter abwärts, bis es schließlich die Gebärmutter erreicht und sich hier in die Schleimhaut einnistet.

Die Gebärmutter ist ein birnenförmiger

und birnengroßer, hohler Muskel. Sie vergrößert sich im gleichen Maße, in dem der Embryo heranwächst. Auf Befehl des Hypophysenhormons Oxytocin zieht sie sich am Ende der Schwangerschaft zusammen und preßt das Kind durch die Scheide, einen 10 cm langen, sehr dehnbaren Muskelschlauch, aus dem Mutterleib heraus. Ein neuer Mensch wird geboren.

Ist jedoch zur Zeit des Eisprungs kein Samen in den Körper der Frau gelangt, so stirbt das reife Ei binnen weniger Stunden ab und geht zugrunde. Trotzdem wächst unter der Wirkung des Progesterons – so heißt das Hormon, das vom Gewebe des gesprungenen Eibläschen, dem Gelbkörper, gebildet wird – die Schleimhaut der Gebärmutter weiter, als müsse sie sich auf die Einnistung eines befruchteten Eies vorbereiten. Erst 14 Tage später erkennt der Körper seinen Irrtum. Er stellt nun die Hormonproduktion im Gelbkörper ein, und nach kurzer Zeit geht die stark gewachsene, saft- und nährstoffreiche Gebärmutter schleimhaut zugrunde. Vermischt mit Blut und

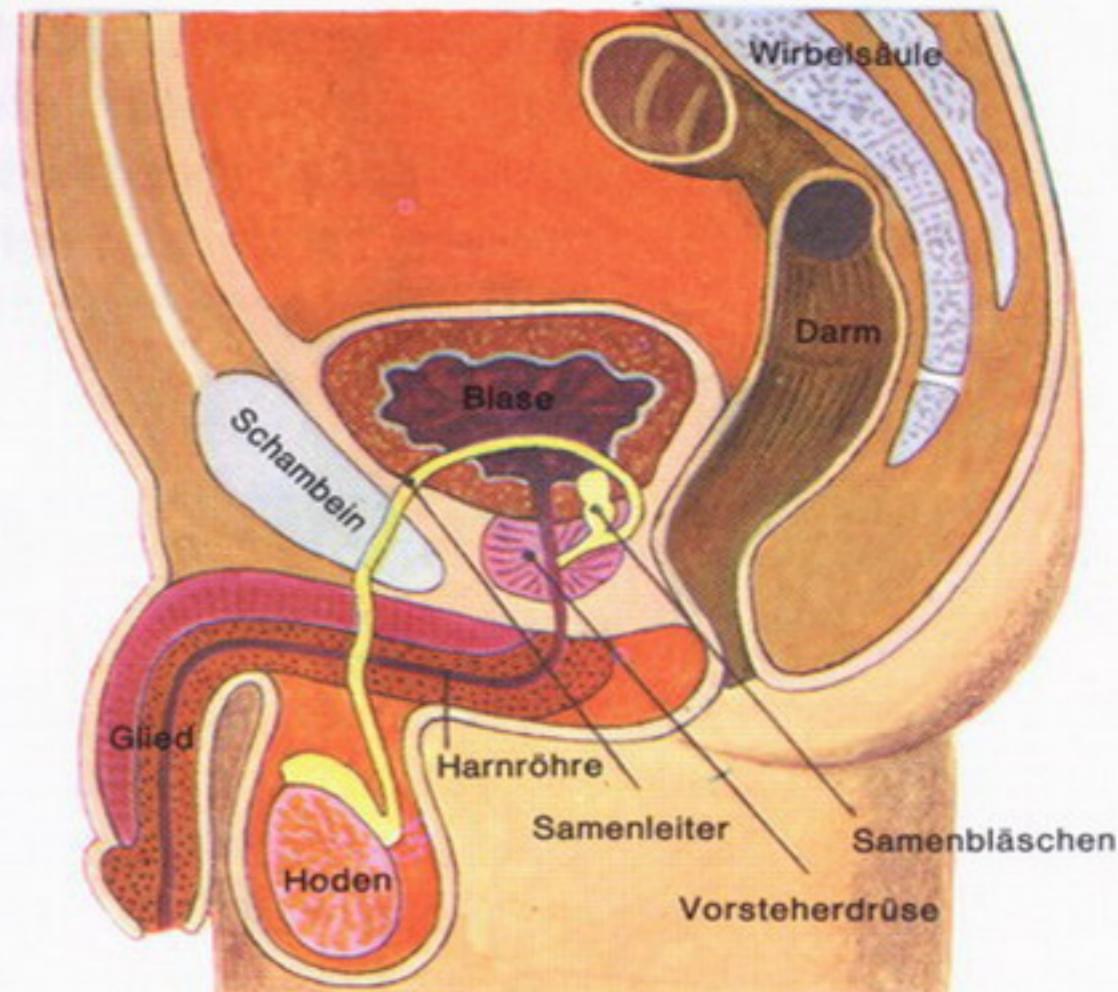
Während der Schwangerschaft vergrößert sich die Gebärmutter so, daß sie bis zum Rippenbogen hinautreicht.



Gewebswasser wird sie in Fetzen abgelöst und von der Gebärmutter ausgestoßen. Bei jeder gesunden Frau wiederholt sich diese Monatsblutung, die Menstruation, etwa 13mal im Jahr. Erst nach den Wechseljahren – so heißt das Ende der Geschlechtsreife zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr – hört das auf.

Die Keimdrüsen des Mannes sind die Hoden: zwei pflaumengroße Organe, die in einem Hauptsbeutel zwischen den Beinen hängen. Ihre Keimzellen produzieren tagtäglich Hunderttausende bis viele Millionen neuer Samenfäden. Diese bestehen aus winzigen Samenzellen mit einem Kopf, der die Erbsubstanz enthält, und einem Schwanz, der sie mit peitschenden Bewegungen vorantreibt. Bei jedem Samenerguß werden einige Millionen solcher Samenfäden aus den Hodenkanälchen heraufgepreßt, mit dem Saft der Samenbläschen und der Vorsteherdrüse vermischt und durch die Harnröhre und das männliche Glied hindurch hinausgeschleudert.

Gegen Ende der Schwangerschaft nimmt die Gebärmutter mit dem reifen Kind den größten Teil der Bauchhöhle ein.

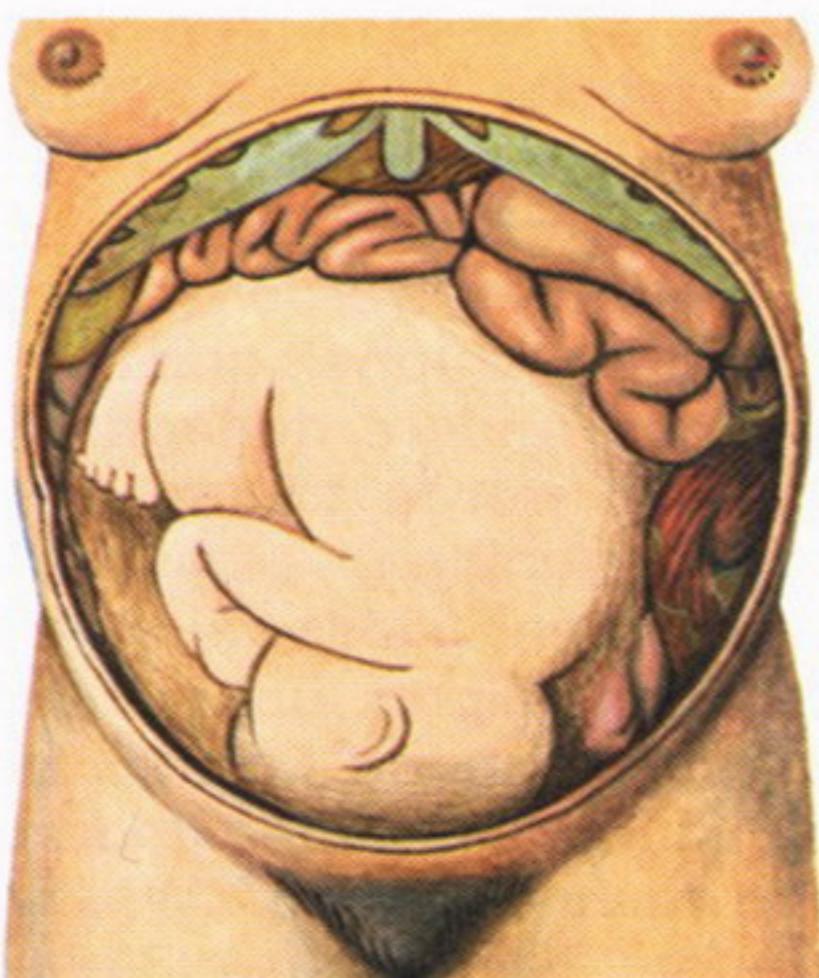


Die inneren und äußeren Geschlechtsorgane des Mannes.

drüse vermischt und durch die Harnröhre und das männliche Glied hindurch hinausgeschleudert.

Das Glied ist ein fingerlanges, dünnwandiges und muskulöses Hohlorgan mit einer hochempfindlichen Spitze: der Eichel. Wird dieser Teil des Gliedes berührt, so entstehen in ihm starke, wollüstige Empfindungen, die in den ganzen Körper hinein ausstrahlen. Seine weitverzweigten Kammern, die Schwellkörper, füllen sich mit Blut, so daß es anschwillt und sich aufrichtet. In diesem Zustand der „Erektion“ kann das Glied bei geöffneten Schenkeln der Frau in ihre Scheide eingeführt werden. Starke, ruckartige Bewegungen steigern die lustvollen Empfindungen. Auf ihrem Höhepunkt, im Orgasmus, schießt der Samen in Stößen aus dem Harnröhrenschlitz in der Eichelspitze und übergießt den Eingang zur Gebärmutter, den Muttermund. Die Samenfäden schwärmen aus, dringen durch den Muttermundkanal ein und schwimmen im Saft der Gebärmutter- und Eileiterschleimhaut aufwärts, dem reifen Ei entgegen.

Der starke Trieb, der Mann und Frau zueinander und zur Vereinigung



drängt, gehört zu den tief eingewurzelten, dunklen Kräften, mit denen die Natur das Leben und die Art ihrer Geschöpfe sichert. Diesen Trieb zu vermenschlichen, das heißt, Begierde in

menschliche Nähe und Wollust in Zärtlichkeit umzumünzen, gehört zu den schwierigsten, aber auch zu den schönsten Aufgaben im Leben jedes Mannes und jeder Frau.

Wohin geht der Mensch?

Obwohl die Wissenschaftler viele Geheimnisse gelüftet haben, gehören Körper und Geist des Menschen nach wie vor zu den großen Rätseln der Natur. Dabei ist die Entwicklungsgeschichte des Menschen noch nicht zu Ende. Sie hat, im Gegenteil, gerade erst begonnen. Wohin der Weg führen wird, weiß niemand. Sicher ist bisher nur eines: der Mensch ist das erste Lebewesen, das seinen Weg selbst mitbestimmt. Kein Tier kann seine Erbanlagen verändern. Der Mensch aber kann es. Als amerikanische Flugzeuge im August 1945 die beiden ersten Atombomben über den japanischen Städten Hiroshima und Nagasaki abwarfen, veränderten die radioaktiven Strahlen, die bei der Explosion entstanden, das Erbgut in den Ei- und Samenzellen vieler Frauen und Männer. Später, als diese Männer und Frauen heirateten, waren ihre Kinder oft verkrüppelt, blind, taub oder geisteskrank. Menschen waren auch dafür verantwortlich, daß vor einigen Jahren überall in der Welt Kinder mit verstümmelten Armen und Beinen geboren wurden. Ein Schlafmittel hatte die Embryonen geschädigt, die im Mutterleib heranwuchsen. Es gibt noch viele solcher Beispiele. Sie alle zeigen dasselbe: Menschen können Gesundheit, Glück und Leben und damit die Zukunft anderer Menschen jederzeit in Gefahr bringen.

Andererseits wäre es ein großes Glück, wenn es den Wissenschaftlern endlich

gelänge, kranke Erbanlagen durch gesunde zu ersetzen. In diesem Falle würden viele Krankheiten, die Eltern immer wieder auf ihre Kinder vererben, von der Erde verschwinden. Dazu gehören Kurzsichtigkeit, Farbenblindheit, Taubheit, Zuckerkrankheit, Fettsucht, Gicht, Epilepsie, Bluterkrankheit, erblicher Schwachsinn und einige hundert andere. All das ist längst mehr als ein Wunschtraum. Die Eigenschaften der Erbsubstanz, die als ein Bündel hauchdünner Fäden in den Zellkernen verpackt liegen, sind seit einigen Jahren sehr genau bekannt. In der ganzen Welt arbeiten viele tausend Wissenschaftler daran, diesen zukunftsträchtigen Stoff immer besser kennenzulernen, ihn nach Belieben auseinanderzunehmen und wieder zusammenzusetzen. Wahrscheinlich werden sie ihr Ziel schon bald erreichen.

Das aber heißt: Der Mensch hat damit begonnen, seine Evolution selbst zu steuern. Manche Wissenschaftler, die der menschlichen Vernunft mißtrauen, glauben, am Ende dieses selbstgewählten Weges werde der menschliche Körper verkrüppelt und sein Geist zerstört sein. Andere dagegen hoffen, das Stirnhirn werde triumphieren. Es werde die dunklen, zerstörerischen Kräfte, die immer wieder aus dem Zwischenhirn aufsteigen, überwinden und seine neugewonnene Macht über die eigene Zukunft zum Guten gebrauchen. Wer wird recht behalten? Wie wird es weitergehen? Niemand weiß es.