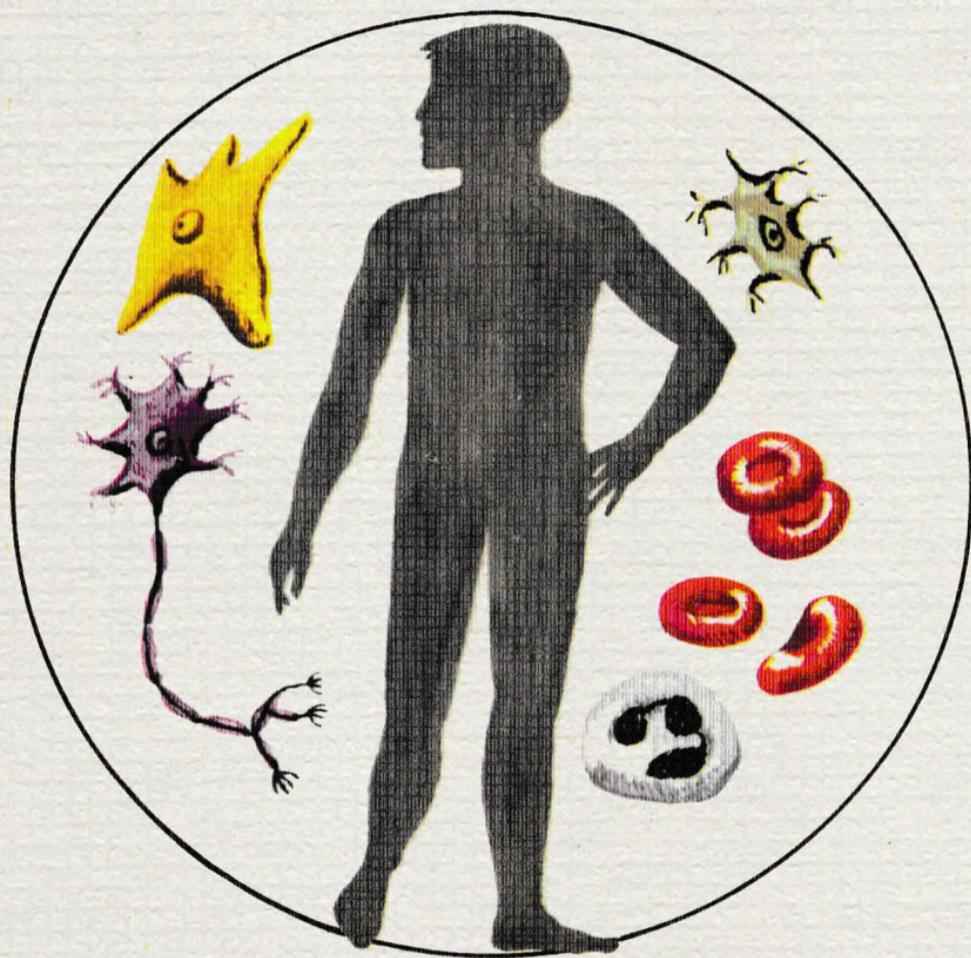


Manfred Kurze
**Das erstaunliche
Lebewesen**

REGEN
BOGEN
REIHE



Manfred Kurze

Das erstaunliche Lebewesen –
Bau und Lebensfunktionen
des menschlichen Körpers

Illustrationen von Konrad Golz



Der Kinderbuchverlag Berlin

„Erkenne dich selbst!“

Dieser überlieferte Ausspruch aus dem Altertum hat auch heute noch seine Bedeutung. Erfahrene Ärzte meinen, daß viele Menschen über ihren Körper weniger Bescheid wissen als über ihr Motorrad oder Auto. Dabei ist es nicht nur nützlich und lehrreich, sondern auch interessant, sich mit dem Aufbau des menschlichen Organismus und mit den in ihm ablaufenden Lebensvorgängen näher zu beschäftigen.

Für die Menschen vergangener Jahrhunderte und Jahrtausende war das Leben noch voller Geheimnisse und Wunder. Abergläubische Furcht, mystische und religiöse Vorstellungen hinderten sie daran, den lebenden oder den toten Körper genauer zu untersuchen. Erst gegen Ende des Mittelalters seziierten fortschrittliche Ärzte Leichname. Mit dieser wissenschaftlichen Methode begründeten sie die moderne Anatomie, die Lehre vom Bau des menschlichen Körpers.

Aber um herauszufinden, wie die Lebensvorgänge im Menschen ablaufen, genügt es nicht, eine Leiche zu sezieren. Dazu muß die Tätigkeit der Organe am lebenden Organismus erforscht werden – und das ist Aufgabe der Physiologie. Dieser Zweig der biologischen und medizinischen Wissenschaften hat sich später als die Anatomie entwickelt.

Natürlich stellten schon die Ärzte des Altertums Beobachtungen am gesunden und kranken Menschen an. Wer jedoch die Funktion eines Organs genau erforschen will, muß seine Feinstruktur kennen. Das war erst möglich, als man leistungsfähige Mikroskope entwickelt hatte. Vor allem muß untersucht werden, welche physikalischen und chemischen Eigenschaften der lebende Körper besitzt und wie sie sich beim Ablauf der Lebensprozesse verändern.

Die Entwicklung der Physiologie war deshalb eng mit dem Fortschritt der Physik und Chemie verbunden. Einen großen Einfluß hatte auch die Entwicklung moderner technischer Geräte, mit denen die Wissenschaftler die Vorgänge in den Organen exakt messen und registrieren können.

Manche Untersuchungen lassen sich allerdings nicht ohne weiteres am lebenden Menschen durchführen. Aber wir haben ja in unseren grundlegenden Lebensvorgängen viele Gemeinsamkeiten mit anderen Lebewesen, vor allem mit den Säugetieren. Deshalb werden in der medizinischen Forschung in großem Umfang Experimente an Versuchstieren vorgenommen.

Heute ist das Leben des Menschen nicht mehr voller Rätsel und Wunder. Dank der Forschungsarbeit von Wissenschaftlern aus aller Welt sind viele Geheimnisse aufgedeckt, die noch vor wenigen Jahrhunderten als unlösbar erschienen.



Von den Grundbausteinen des menschlichen Körpers

Lange Zeit konnten die Naturforscher Lebewesen nur mit dem bloßen Auge beobachten. Es ist daher nicht verwunderlich, daß sie über den Bau und die Lebensvorgänge im Körper von Pflanze, Tier und Mensch zunächst sehr wenig wußten. Da entwickelten zu Beginn des 17. Jahrhunderts holländische Linsenschleifer und Kunsthandwerker ein Gerät, mit dem man auch Dinge sehen konnte, die dem Auge bis dahin verborgen geblieben waren: das Mikroskop. Damit wurde der biologischen und medizinischen Forschung eine neue Welt erschlossen.

An einem Sommertag des Jahres 1667 saß der englische Gelehrte Robert Hooke vor seinem Mikroskop und betrachtete die verschiedensten Gegenstände der Natur: Sandkörnchen, kleine Insekten, zarte Moosblättchen. Manches war zu dick, um von den Lichtstrahlen in dem optischen Gerät durchstrahlt zu werden; so auch das Stück Flaschenkork, welches er untersuchen wollte. Erst als Hooke einen ganz dünnen Schnitt davon anfertigte und unter das Mikroskop legte, konnte er etwas erkennen. Der Kork war, wie eine Bienenwabe, aus lauter winzigen Kämmerchen zusammengesetzt. Hooke nannte sie – nach dem lateinischen Wort für Kämmerchen – Zellen. Er wußte damals nicht, daß er eine der größten Entdeckungen in der Geschichte der Biologie gemacht hatte.

Es dauerte noch bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, ehe man erkannt hatte, daß diese Zellen die Grundbausteine aller Lebewesen sind. Auch der Körper des Menschen ist aus diesen lebenden Bausteinen zusammengesetzt.

Die im Wasser lebenden Urtierchen und niederen Algen

Robert Hooke erkennt die Pflanzenzelle unter dem Mikroskop



sind einzellige Lebewesen. Ernährung, Atmung, Bewegung, Reizbarkeit, Fortpflanzung vollziehen sich in einer einzigen Zelle.

Im Körper des Menschen werden diese Lebensfunktionen von Organen ausgeführt: Magen und Darm dienen der Ernährung, die Lunge dient zur Atmung. Herz und Blutgefäße sorgen für den Stofftransport im Körper. Die Muskeln führen die Bewegungen der Körperteile aus, mit den Sinnesorganen orientieren wir uns in der Umwelt, und das Gehirn sorgt als Steuer- und Befehlszentrale für den geregelten Ablauf aller Vorgänge. Wenn wir die Organe mit einem Mikroskop genauer untersuchen, so stellen wir fest, daß auch sie aus Zellen aufgebaut sind.

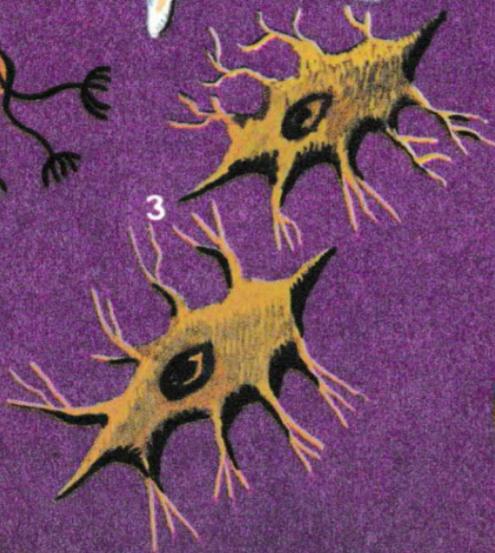
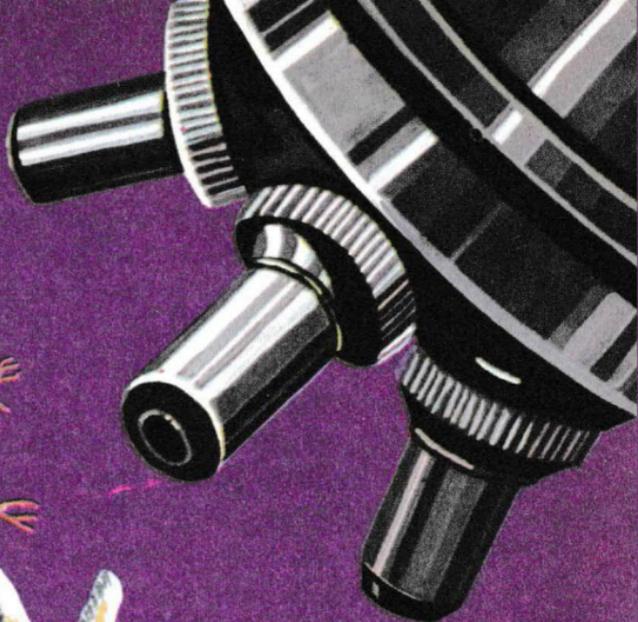
Der Mensch als das am höchsten entwickelte Lebewesen auf der Erde besteht aus sehr vielen Zellen. Man schätzt ihre Anzahl auf 30 Billionen.

Wie unvorstellbar groß diese Zahl ist und wie winzig klein die einzelnen Zellen unseres Körpers sind, zeigt folgender Vergleich: In einem Stück Würfelzucker hätten ungefähr 250 Millionen Zellen Platz.

Die Zellen des menschlichen Körpers sind von unterschiedlicher Gestalt. Mit der Höherentwicklung der Lebewesen haben sie sich auf bestimmte Tätigkeiten spezialisiert; es ist eine Arbeitsteilung im Organismus eingetreten.

Einige Grundeigenschaften haben aber alle Zellen von Mensch und Tier gemeinsam: Jede von ihnen ist ein kompliziertes lebendes System, aufgebaut aus Millionen von Molekülen. Da sind zunächst die organischen Bestandteile, vor allem Eiweiße, Kohlenhydrate, Fette und Nukleinsäuren. Aber auch viele anorganische Stoffe findet man

Zellen des menschlichen Körpers unter dem Mikroskop: 1 Nervenzelle, 2 Bindegewebszelle, 3 Knochenzellen, 4 Muskelzellen, 5 junge Eizelle



bei der chemischen Analyse einer Zelle: Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Chlor, Schwefel und Phosphor, sogar Spuren von Eisen, Kupfer, Jod und anderen.

Das Leben entstand vor Milliarden Jahren im Wasser der Urozeane. Noch heute ist Wasser ein unentbehrlicher Bestandteil der lebenden Zellen. Im Körper eines erwachsenen Menschen sind 40 bis 50 Liter dieser lebenswichtigen Flüssigkeit enthalten.

Die meisten Zellen benötigen zur Erhaltung des Lebens ständig Sauerstoff. Wie jedes andere System in Natur und Technik brauchen auch die lebenden Zellen Energie für ihre Arbeitstätigkeiten. Diese Energie stammt aus den organischen Nahrungsstoffen, die mit Hilfe des Sauerstoffs in den Zellen verbrannt werden. Natürlich ist das keine Verbrennung mit offener Flamme wie in einem Ofen, auch keine explosionsartige Umwandlung wie im Motor eines Kraftfahrzeuges. Trotzdem gibt es gewisse Ähnlichkeiten zwischen der biologischen Verbrennung und den entsprechenden Vorgängen in einer technischen Anlage.

Es ist deshalb berechtigt, wenn wir die lebende Zelle mit einem winzigen Laboratorium vergleichen. Den Organismus könnten wir dann mit einem chemischen Kombinat vergleichen, in dem verschiedene Laboratorien und Betriebsteile unter einer zentralen Leitung zusammenarbeiten.

Blut ist ein besonderer Saft

Über das Blut und seine Bedeutung haben sich die Menschen schon immer Gedanken gemacht. Sie sahen diese rote Flüssigkeit bei Verletzungen aus ihrem Körper herausfließen, langsam sickernd bei kleinen Wunden oder als kräftigen Strom bei einer größeren Verletzung. Sie bemerkten auch, daß der Mensch sterben mußte, wenn er zuviel Blut verloren hatte. So ist es nicht verwunderlich, daß man im Blut ein Zeichen, ein Symbol des Lebens sah.

Viele abergläubische Vorstellungen, Sagen und Märchen wurden mit dem Blut verbunden. Die Urzeitjäger tranken das Blut der wilden Tiere, um ihre Kraft zu erwerben. Blut wurde den Göttern geopfert. Blutstropfen besiegelten die Blutsbrüderschaft, die Treue bis zum Tode bedeuten sollte. Der Held Siegfried badete im Blute eines Drachen, und die Sage berichtet, daß er unverwundbar wurde und die Sprache der Vögel verstehen lernte.

Seit den Anfängen der Medizin bei den alten Kulturvölkern galt das Blut als einer der Säfte, die alle Lebensvorgänge im Körper des Menschen bestimmen. Aber es dauerte fast 3000 Jahre, bis genauer erforscht war, woraus es besteht und welche Aufgaben es im Organismus erfüllt.

Mit bloßem Auge betrachtet, scheint es einfach eine rot gefärbte Flüssigkeit zu sein. Aber Johann Wolfgang von Goethe hat schon recht, wenn er in seinem „Faust“ den Mephisto sagen läßt: „Blut ist ein ganz besonderer Saft!“

Die Untersuchung des Blutes mit modernen wissenschaftlichen und technischen Methoden beweist das. Solche Blutuntersuchungen werden heute täglich vieltausendmal in den Laboratorien unserer Polikliniken und Krankenhäuser durchgeführt. Aus dem Ergebnis einer Blutuntersuchung kann der Arzt wichtige Schlüsse über den Gesundheitszustand eines Menschen ziehen.

Schon einfache Versuche zeigen, daß Blut keine einheitliche Flüssigkeit ist. Wenn man etwas Blut in einem Glasgefäß ruhig stehenläßt, setzt sich nach einiger Zeit am Boden ein dunkelroter Anteil ab. Darüber steht eine gelbliche Flüssigkeit.

Die durchsichtige Lösung ist das Blutserum, der flüssige Teil des Blutes. Er besteht zu 90 Prozent aus Wasser. Darin gelöst sind Eiweißstoffe, Fette, Zucker und mineralische Salze, die in unserem Körper eine wichtige Rolle spielen. Unsere Blutflüssigkeit ähnelt in ihrem Salzgehalt dem Wasser der Urmeere. Daraus können wir schließen, daß unsere entfernten Vorfahren einmal im Meer lebten.

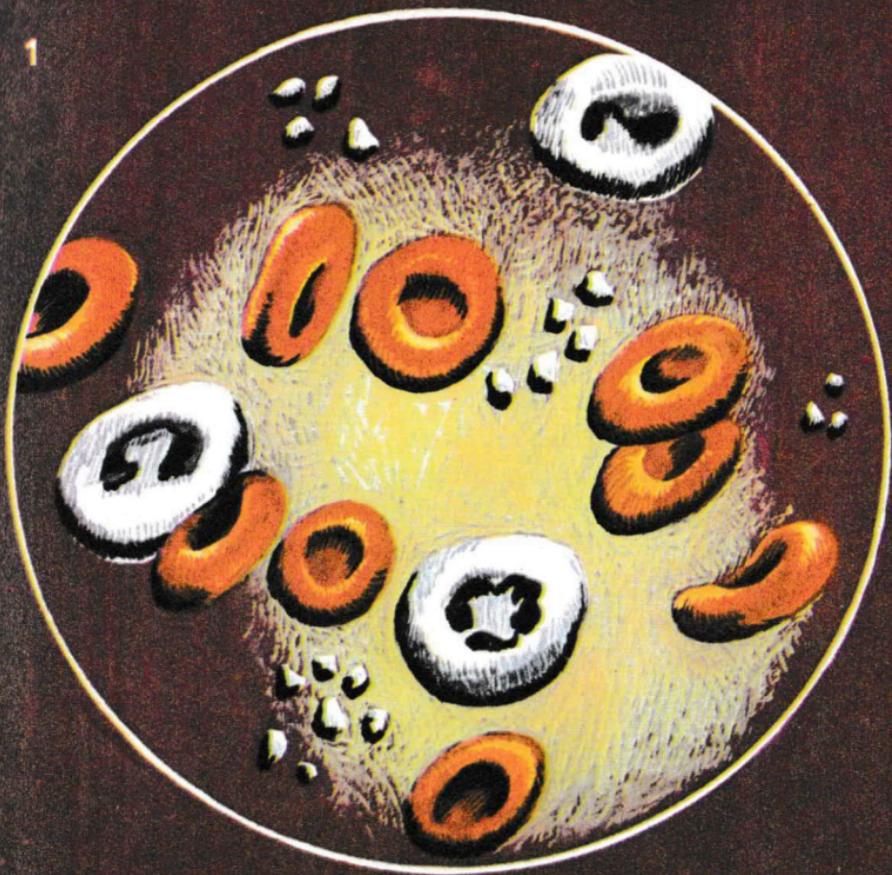
Wollen wir den anderen Bestandteil des Blutes am Boden unseres Versuchsgefäßes genauer untersuchen, müssen wir das Mikroskop zu Hilfe nehmen. Der holländische Glasschleifer und Naturforscher Antony van Leeuwenhoek, der Erfinder des Mikroskops, hat vor etwa 300 Jahren als einer der ersten im Blut des Menschen und der Tiere viele kleine Kugeln gesehen. Wir wissen, daß es die Zellen des Blutes, die Blutkörperchen sind.

In den medizinischen Labors zählt man die Blutkörperchen in Zählkammern. Neuerdings gibt es sogar elektronische Zählautomaten. Das erleichtert das Zählen, denn 1 Kubikmillimeter menschlichen Blutes – ein Tropfen von der Größe einer Stecknadelkuppe – enthält 5 Millionen rote und 5 000 bis 8 000 weiße Blutkörperchen, außerdem noch einige Hunderttausend Blutplättchen. Ein erwachsener Mensch hat ungefähr 5 Liter Blut; das sind allein 25 Billionen roter Blutkörperchen.

Die roten Blutzellen sind winzige linsenförmige Scheiben, nur $\frac{8}{1000}$ Millimeter groß. Sie liegen im Blut dicht ge-

1 Rote und weiße Blutkörperchen und Blutplättchen unter dem Mikroskop, 2 Durch Senkung der Blutkörperchen setzt sich das Blutplasma ab

1



2



drängt, oft übereinander gestapelt wie Teller oder wie Geldstücke in einer Rolle. Könnte man die 25 Billionen roter Blutkörperchen aneinanderreihen, so ergäbe das eine Kette von 200000 Kilometer Länge – diese Kette würde 5mal um den Äquator reichen.

Die roten Blutkörperchen erfüllen in unserem Körper eine sehr wichtige Aufgabe. Sie sind vollgestopft mit Hämoglobin, einer eisenhaltigen Eiweißverbindung. Das Hämoglobin, das dem Blut seine rote Färbung gibt, hat eine besondere Eigenschaft: Es kann Sauerstoff an sich binden und ihn bei Bedarf wieder abgeben. Die roten Blutkörperchen transportieren also in unserem Körper den lebenswichtigen Sauerstoff. Sie bringen ihn von der Lunge, unserem Atmungsorgan, zu allen lebenden Zellen. Unaufhörlich wird dieses biochemische Beförderungsmittel beladen und entladen, denn ein Mensch verbraucht in 24 Stunden mindestens 600 Liter Sauerstoff. Bei großer körperlicher Anstrengung können es noch mehr sein.

Warum aber haben wir so viele Blutkörperchen? Das läßt sich leicht erklären. Durch die große Anzahl kleiner flachgedrückter Körper entsteht eine Oberfläche von rund 300 Quadratmetern – das ist mehr als ein halbes Fußballspiel-feld! Diese riesige Oberfläche begünstigt die Aufnahme und Abgabe des Sauerstoffs.

Die Beziehung zwischen dem Sauerstoff und den roten Blutkörperchen wird auch durch folgende Tatsachen bewiesen: Bei längerem Aufenthalt in sauerstoffärmerer Luft vermehrt sich die Anzahl der roten Blutzellen. Das gilt zum Beispiel für Mitglieder von Hochgebirgsexpeditionen. Die Bewohner der südamerikanischen Anden haben in Anpassung an die sauerstoffärmere Höhenluft nicht 5, so

Arteriell Blut (hellrot) gibt Sauerstoff an die Körperzellen ab, nimmt Kohlendioxid auf und verwandelt sich in venöses Blut (dunkelrot)



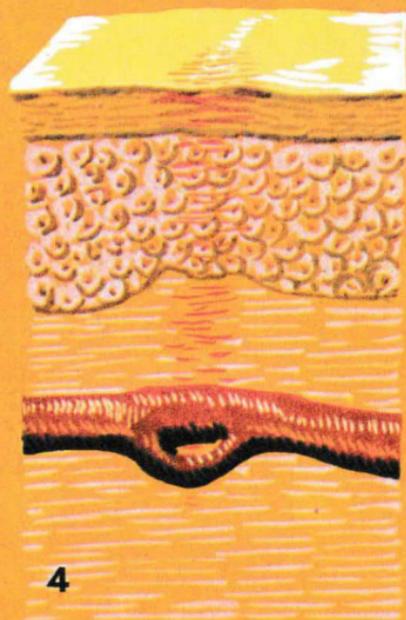
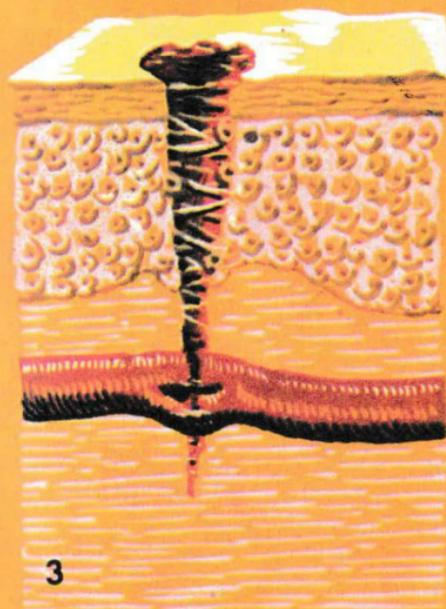
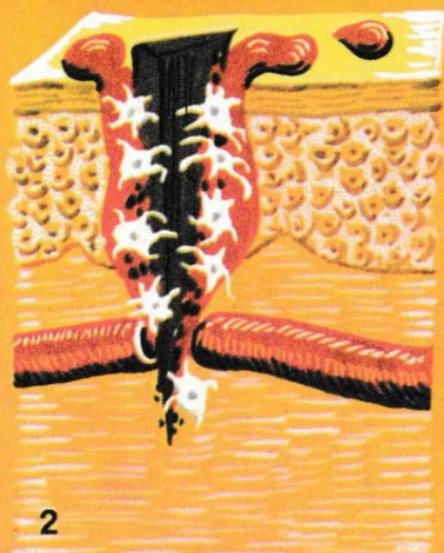
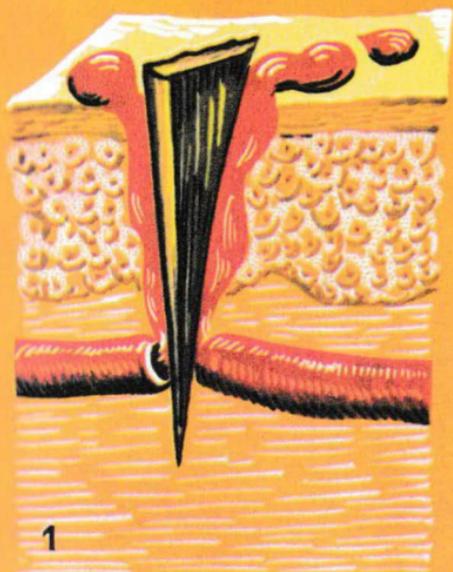
dern 6 Millionen roter Blutkörperchen in jedem Kubikmillimeter Blut. Bei den Säugetieren ist das ähnlich. Das Lama, ein Bewohner der südamerikanischen Hochgebirgsländer, besitzt je Kubikmillimeter Blut 19 Millionen roter Blutzellen.

Die weißen Blutkörperchen enthalten kein Hämoglobin und können daher auch keinen Sauerstoff transportieren. Ihre Aufgabe liegt auf einem ganz anderen Gebiet: Sie üben Schutzfunktionen aus. Der russische Biologe Ilja Iljitsch Metschnikow hat die besonderen Eigenschaften dieser Zellen entdeckt. Wenn Bakterien oder Fremdkörper in unseren Körper eingedrungen sind, dann verlassen die weißen Blutkörperchen die Blutbahn, wandern in die gefährdete Zone des Körpers ein, umschließen die Eindringlinge und lösen sie auf. Metschnikow hat ihnen deshalb den Namen Wander- oder Freßzellen gegeben.

Wer sich an einem rohen Stück Holz einen Splitter in die Haut reißt, kann miterleben, wie die weißen Blutkörperchen arbeiten: Die Stelle entzündet sich; sie wird rot und heiß, manchmal spürt man auch einen klopfenden Schmerz. Später bildet sich eine weißlich-gelbe Flüssigkeit, der Eiter. Das sind Anzeichen dafür, daß die weißen Blutkörperchen den Fremdkörper und die anhaftenden Bakterien abwehren. Schließlich wird der Splitter aufgelöst oder mit dem Eiter aus der Haut ausgestoßen.

Die weißen Blutkörperchen sind auch an der Bildung von chemischen Abwehrstoffen beteiligt, die unseren Körper gegen Krankheitserreger und fremde Eiweißstoffe schützen. Dieser biochemische Schutz bleibt bei manchen Infektionskrankheiten noch lange Zeit nach ihrem Abklingen

Weißer Blutkörperchen helfen dem Körper beim Auflösen oder Ausstoßen eines Splitters und beim Verheilen der Wunde



bestehen – der Mensch ist gegen die Krankheit immun geworden. Man kann den Körper auch durch Impfungen anregen, Abwehrstoffe gegen bestimmte Krankheiten zu erzeugen.

Der englische Landarzt Edward Jenner führte im Jahre 1769 ein Experiment durch. Fast jeder zehnte Mensch starb zu dieser Zeit an den Pocken. Jenner beobachtete, daß bei den Melkern die wenigsten Pockenfälle vorkamen. Schließlich erkannte er die Ursache dafür: Die Melker stecken sich recht häufig an den Eiterpusteln pockenkranker Kühe an und bekommen dadurch Kuhpocken, die beim Menschen ziemlich harmlos verlaufen. Jenner impfte einen Jungen mit der Flüssigkeit aus den Pusteln einer an Kuhpocken erkrankten Melkerin. 6 Wochen später infizierte er ihn mit echten Pocken – der Junge blieb gesund. In seinem Körper hatten sich so viel Abwehrstoffe gebildet, daß er immun geworden war.

Heute werden bei uns auch Schutzimpfungen gegen Tuberkulose, Kinderlähmung, Diphtherie, Masern und andere ansteckende Krankheiten durchgeführt.

Alle Blutkörperchen sind Zellen mit begrenzter Lebensdauer. Die roten leben etwa 100 Tage, die weißen oft nur wenige Tage oder Stunden. Das bedeutet: Jeden Tag gehen in unserem Körper rund 250 Milliarden Blutkörperchen zugrunde. Sie werden abgebaut und durch neue ersetzt.

Die Blutbildungszellen im roten Knochenmark können sich täglich ein oder mehrere Male teilen. In jeder Sekunde unseres Lebens gelangen einige Millionen junger Blutzellen aus dem Knochenmark in die Blutbahn.

In früheren Jahrhunderten versuchte man vergeblich, Tierblut auf den Menschen zu übertragen



Daran erkennen wir, daß es im lebenden Organismus keine Minute Stillstand gibt.

Wir verstehen jetzt auch, wie es möglich ist, daß ein gesunder Mensch ohne Schaden Blut spenden kann. Das entnommene Blut wird in kurzer Zeit wieder ersetzt. Dem Menschen, dem es übertragen wird, kann es das Leben retten. Täglich muß in unseren Krankenhäusern Menschen Blut übertragen werden, zum Beispiel nach einem Unfall oder einer schweren Operation.

Blutübertragungen muß es schon im Altertum gegeben haben. Der römische Dichter Ovid berichtet von einem greisen Helden, dem Knabenblut eingeflößt wurde, um ihm die Kraft der Jugend zu verleihen.

Die erste Übertragung von Blut, über die Dokumente aus der Geschichte der Medizin vorliegen, ist 1492 an Papst Innozenz VIII. vorgenommen worden. Der wegen seiner Hexenverfolgungen berüchtigte Papst erhielt nach einem Schlaganfall das Blut von drei Jünglingen, jedoch erfolglos.

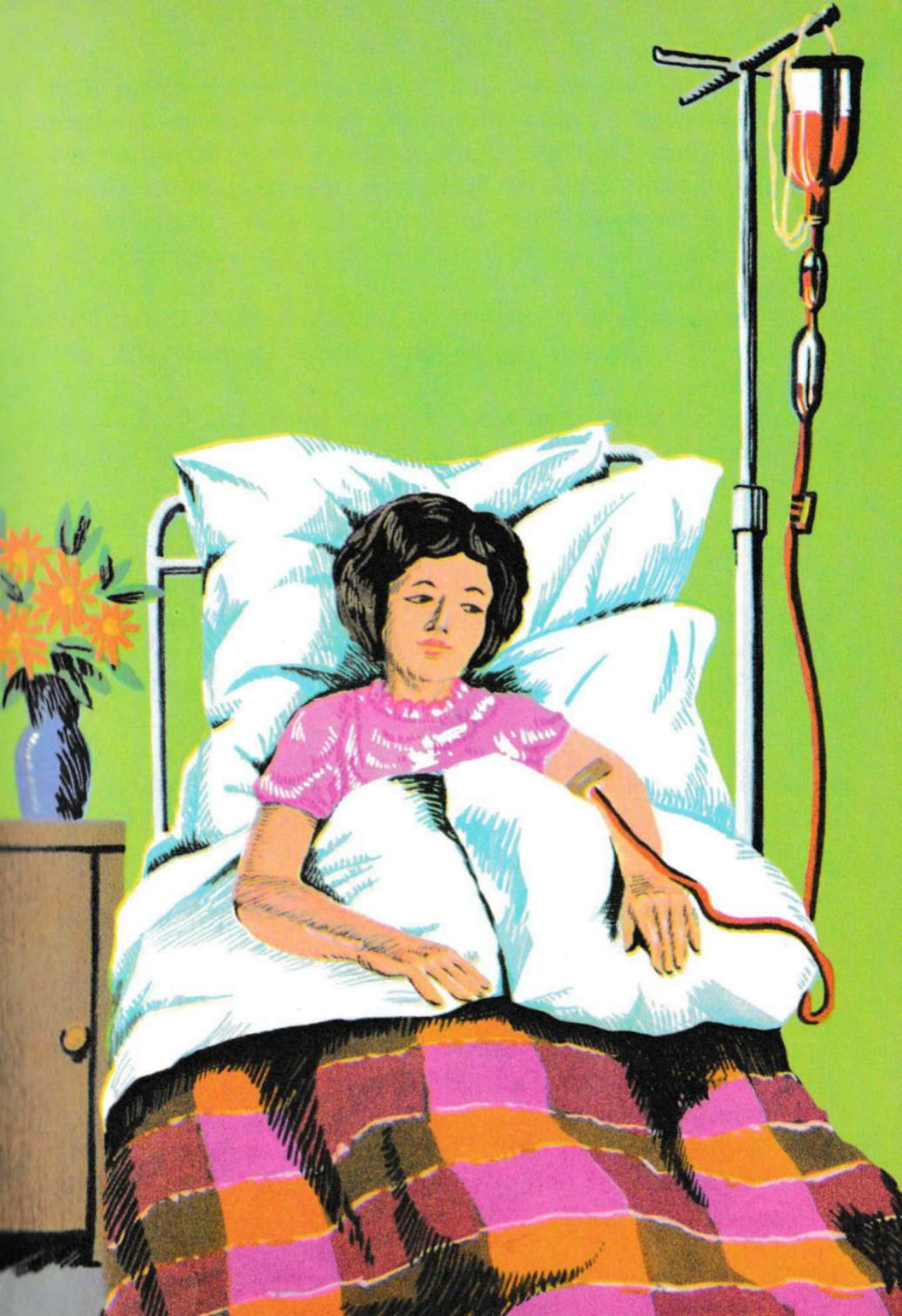
Erst im 19. Jahrhundert wagten sich die Ärzte häufiger an die Blutübertragung von Mensch zu Mensch.

Neben gelungenen Übertragungen traten auch immer wieder Mißerfolge mit tödlichem Ausgang auf. Nur jeder dritte überstand die Transfusion.

In den folgenden Jahrzehnten versuchten Wissenschaftler, hierfür eine Erklärung zu finden. Schon 1832 hatte ein russischer Frauenarzt die Vermutung ausgesprochen, daß es unterschiedliche Bluttypen geben müsse. Ihm war bei einer Frau nach der Entbindung eine Blutübertragung geglückt; aber die folgenden vier Versuche waren tödlich verlaufen.

Im Jahre 1900 gelang dem Wiener Mediziner Karl Land-

Übertragung von menschlichem Blut aus einer Blutkonserve



steiner der Nachweis, daß tatsächlich verschiedene Blutgruppen vorkommen. Sie unterscheiden sich voneinander durch unverträgliche Stoffe auf den Blutkörperchen und im Blutserum. Erhält ein Mensch Blut einer anderen Gruppe, so verklumpt das Blut in seinen Gefäßen. Das war also die Ursache für den tödlichen Ausgang so vieler Blutübertragungen.

Landsteiner fand zunächst die Blutgruppen A, B und Null. Kurze Zeit danach wurde eine vierte Gruppe, AB, entdeckt.

Später erkannte man noch weitere Merkmale im Blut des Menschen, die bei Bluttransfusionen beachtet werden müssen.

Früher übertrug man das Blut direkt vom Spender auf den Empfänger.

Heute wird das Spenderblut mit Zusätzen versehen und in Kühlschränken als Blutkonserve aufbewahrt. Alle großen Krankenhäuser haben eine Blutbank, wo ein Vorrat an Blutkonserven der verschiedenen Gruppen bereitsteht.

Was ist Blutgerinnung?

Jeder kennt diese Erscheinung aus eigener Erfahrung. Aus einer Wunde fließt das Blut zunächst schnell und gleichmäßig, wird bald zähflüssiger und erstarrt zu einer gallertartigen, später trockenen und festen Masse.

Man könnte meinen, die Blutgerinnung sei nichts weiter als das Eintrocknen des Blutes an der Luft. In Wirklichkeit aber ist sie ein komplizierter Vorgang, an dem mehrere Bestandteile des Blutes beteiligt sind. Sobald Blut aus einer Wunde austritt, zerfallen die Blutplättchen. Dadurch wird ein Wirkstoff frei, der eine ganze Kette von biochemischen Prozessen auslöst. Bestimmte in der Blutflüssigkeit enthaltene Eiweißstoffe bilden ein Netz von feinen Fäden, in dem auch die Blutkörperchen enthalten

sind. Der Blutkuchen, bei Wunden spricht man vom Schorf, verhindert einen unnötig hohen Blutverlust bei Verletzungen. Unter dieser Schutzschicht kann die Wunde ungestört verheilen.

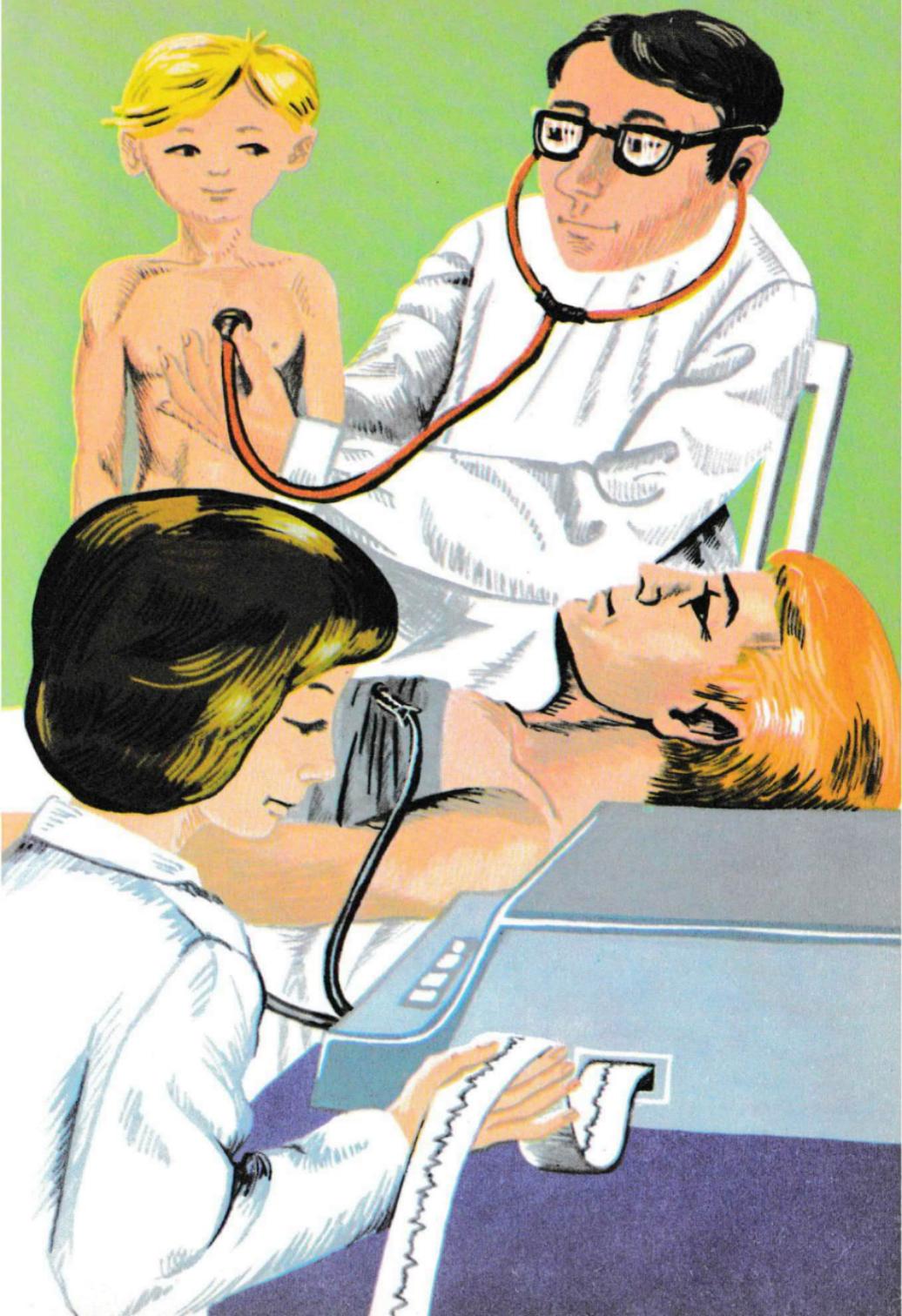
Pumpstation Herz

Wir wissen, daß das Blut in unserem Körper in röhrenförmigen Adern fließt und dabei vom Herzen angetrieben wird. Diese Erkenntnis ist aber noch gar nicht so alt. Zwar sah man schon vor 3000 Jahren im alten Ägypten und China das Herz als Mittelpunkt des Körpers und des Blutstroms an. Später entstanden dann aber viele falsche Vorstellungen über dieses Organsystem.

Der griechische Naturphilosoph Aristoteles, er lebte von 384 bis 322 vor unserer Zeitrechnung, hielt das Herz für den Sitz der Gedanken und des Gemüts. Noch heute wird es in vielen Redewendungen mit der Liebe und dem Mut in Verbindung gebracht. Der Arzt Galen, der vor etwa 1800 Jahren lebte, entwickelte eine Lehre vom Blutkreislauf, die aus ungenauen Beobachtungen und falschen Überlegungen bestand. Er hielt die Leber für den Mittelpunkt der Blutbildung und Blutbewegung und nahm an, daß das Blut in den Geweben und Organen des Körpers verbraucht wird, also nicht wieder zurückströmt.

Es dauerte länger als 1000 Jahre, bis der englische Arzt William Harvey diese Lehren widerlegte. Er hatte den menschlichen Körper genau studiert und Experimente an Tieren durchgeführt. So konnte er 1628 als erster die Herztätigkeit und den Blutkreislauf richtig beschreiben. Inzwischen hat sich unser Wissen durch Anwendung moderner Untersuchungsmethoden wesentlich erweitert. Wir können heute die Form und Bewegung des Herzens am lebenden Körper mit Hilfe der Röntgenstrahlen beobachten. Die Herztöne lassen sich mit dem Stethoskop abhören. Kontrastmittel, die in die Blutbahn gespritzt werden,

1 Abhören der Herztöne mit dem Stethoskop, 2 Aufzeichnen der elektrischen Impulse des Herzmuskels mit dem EKG (Elektrokardiograph)



lassen den Blutstrom in den Gefäßen auf dem Röntgen-
schirm erkennen. Mit dem Elektrokardiographen, einem
wichtigen Gerät der Medizintechnik, kann man sogar die
bioelektrischen Ströme aufzeichnen, die bei der Herztätig-
keit entstehen.

Wenn wir die Fingerspitzen leicht unter die linke Brust-
warze legen, können wir den pochenden Herzschlag spü-
ren und zählen.

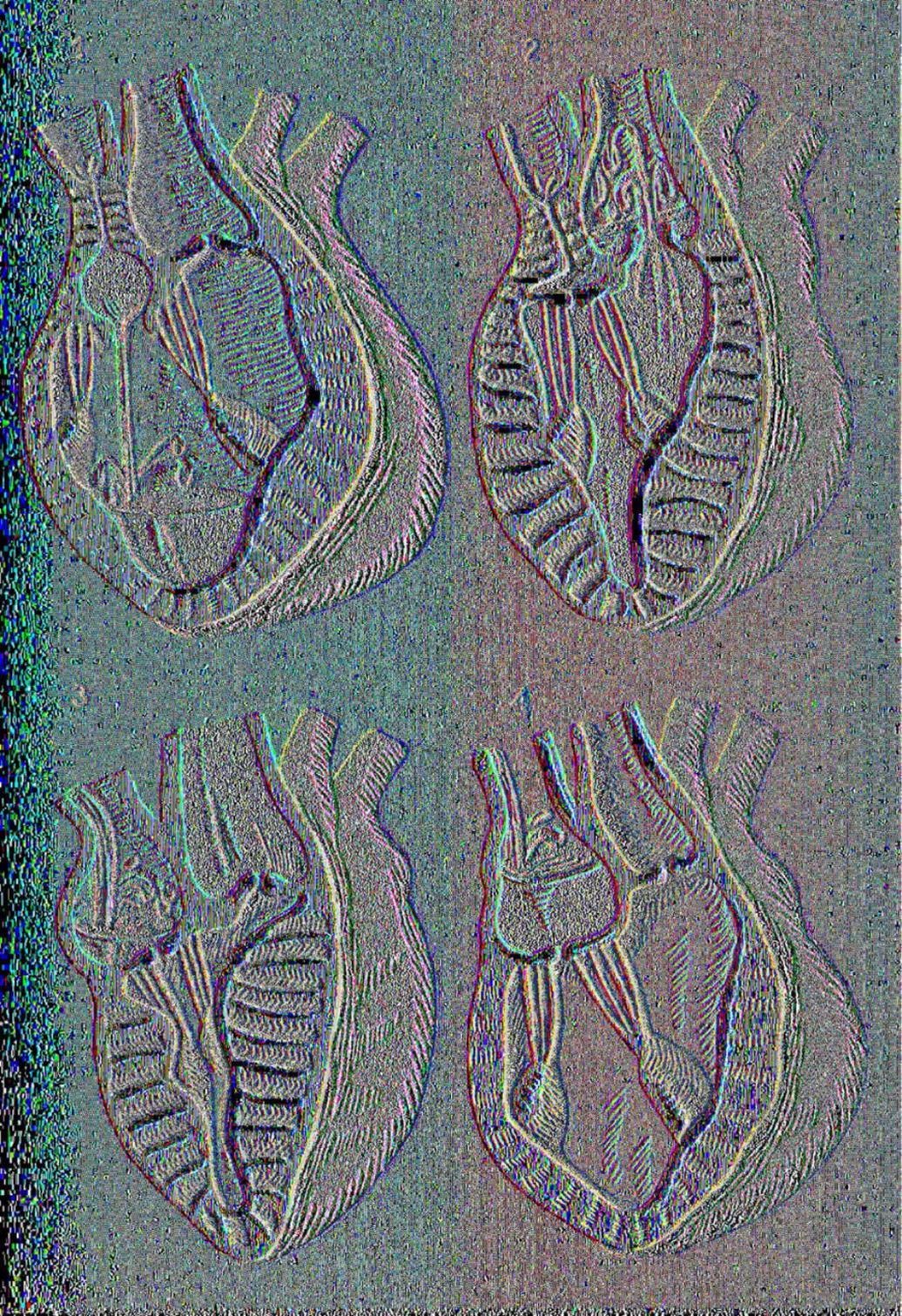
Dabei zeigt sich, daß die Anzahl unserer Herzschläge nicht
immer gleich ist. Liegen wir im Bett, zählen wir 70 bis
80 Schläge in der Minute, gehen wir langsam durch das
Zimmer, werden es schon mehr, und nach 20 kräftigen
Kniebeugen pocht das Herz laut und kräftig über 100mal
in der Minute. Die Herztätigkeit ist also von der Arbeits-
belastung des Körpers abhängig.

Was bedeuten nun eigentlich die Herztöne, und was ge-
schieht dabei in unserem Körper?

Das Herz wird oft als der Pumpmotor des Blutstroms be-
zeichnet, und dieser Vergleich ist durchaus berechtigt.
Biologisch gesehen ist es ein Hohlmuskel. Was wir als
Herztöne hören, das sind die Geräusche, die durch schnelle
Verschiebung der Muskelfasern gegeneinander, durch
Zurückschlagen der Herz- und Aortenklappen und durch
Schwingungen der Blutsäule entstehen.

Der Druck, mit dem das Blut in den Körper gedrückt wird,
pflanzt sich in den Arterien – so nennt man die großen,
vom Herzen wegführenden Blutgefäße – weiter fort. Wir
können ihn als Pulsschlag an verschiedenen Stellen unse-
res Körpers spüren: zum Beispiel hinter dem Daumen am

Die Teilphasen der Herztätigkeit: 1 Vorhöfe drücken das Blut in die
Herzkammern, 2 Kammern pressen das Blut über die großen Arterien in
den Körper, 3 das Blut strömt zurück in die Vorhöfe, 4 kurze Ruhe-
pause des Herzmuskels



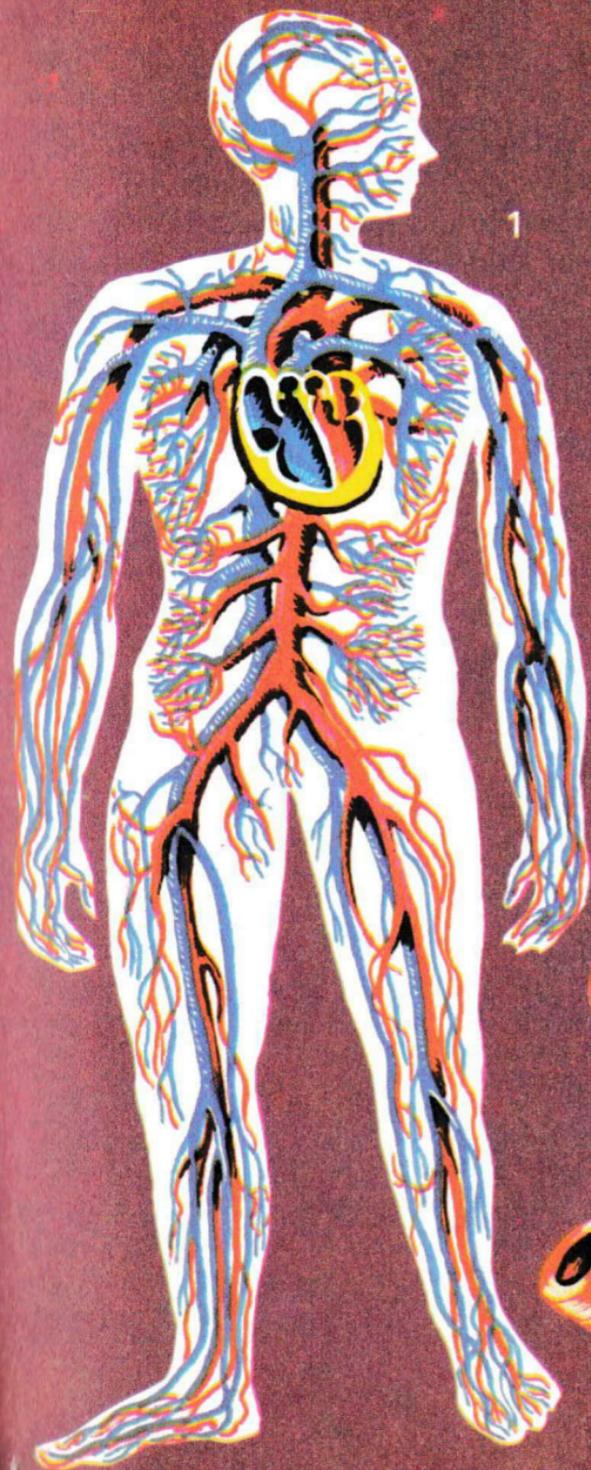
Handgelenk, wo der Arzt unseren Herz- und Pulsschlag zählt, aber auch am Hals oder an der Schläfe.

Unser Herz schlägt bei normaler Belastung etwa 75mal in der Minute, das sind am Tag rund 100 000 Schläge. Dabei werden in jeder Minute 5 Liter, in einer Stunde 300 Liter und an einem Tag 7 500 Liter Blut befördert. In 24 Stunden würde unser Herz 15 Badewannen voll Flüssigkeit pumpen und dabei sogar einen Höhenunterschied von 2 Metern überwinden. Mit der hierfür aufgewandten Arbeit könnte ein vollbeladener Eisenbahnwaggon fast 1 Meter hoch gehoben oder ein mit sechs Personen besetzter Aufzug bis zum fünfzehnten Stockwerk eines Hochhauses befördert werden.

Dieses nur faustgroße Pumporgan, das so erstaunliche Leistungen vollbringt, ist durch eine Scheidewand in eine linke und rechte Hälfte geteilt. Jede Herzhälfte besteht aus einem Vorhof und einer Kammer, die miteinander in Verbindung stehen.

Die Hauptarbeit müssen die beiden Herzkammern leisten; ihre Muskelwand ist deshalb auch wesentlich dicker als die der Vorhöfe. An einem Schnittbild durch das menschliche Herz erkennt man deutlich, daß die linke Herzkammer die stärkste Wandung hat. Ihre Druckkraft ist 6mal so groß wie die der rechten Kammer, denn aus der linken Kammer entspringt die Hauptschlagader unseres Körpers, die Aorta. Ihre Verzweigungen reichen bis in die entlegensten Teile des Organismus. Aus der rechten Herzkammer entspringt die Lungenarterie; sie braucht das Blut nur bis in die benachbart liegende Lunge zu befördern. Die Gesamtlänge aller Blutgefäße eines Menschen

1 Das Blutgefäßsystem durchzieht alle Teile unseres Körpers mit Arterien (rot) und Venen (blau), 2 in den feinsten Verzweigungen, den Kapillaren, erfolgt der Gas- und Stoffaustausch



wird auf 400 000 Kilometer geschätzt, das entspricht der Entfernung Erde–Mond.

In den großen Arterien fließt das Blut mit einer Geschwindigkeit von 20 Zentimeter pro Sekunde. Allmählich verlangsamt sich aber der Blutstrom. Die Blutgefäße werden immer enger und immer zahlreicher. Schließlich gelangt das Blut in die Kapillaren; das sind die kleinsten Verästelungen des Blutgefäßsystems. 50mal feiner als ein Menschenhaar, durchziehen sie alle lebenden Gewebe unseres Körpers.

In den Kapillaren fließt das Blut nur noch mit einer Geschwindigkeit von weniger als einem Millimeter pro Sekunde. Das läßt sich leicht erklären: Die Aorta hat einen Querschnitt von ungefähr 4 Quadratzentimetern, der Gesamtquerschnitt aller Kapillaren beträgt dagegen 1 500 Quadratzentimeter. Die vom Herzen in die Aorta gepumpte Blutmenge muß sich also auf eine mehr als 300fach vergrößerte Oberfläche verteilen. Bei einem Fluß, der durch einen See fließt, ist das ähnlich. Am Zufluß und Abfluß ist die Strömung stark, auf dem breiten See dagegen fast gar nicht zu bemerken.

Die geringe Strömungsgeschwindigkeit in den Kapillaren ist biologisch notwendig: In den Kapillarbereichen findet der Stoffaustausch zwischen dem Blut und den angrenzenden Geweben statt. Je größer die Oberfläche und je langsamer der Blutstrom – um so intensiver kann dieser Austausch erfolgen.

Jenseits der Kapillargebiete beginnen die Adern, die das Blut zum Herzen zurückführen, die Venen. Dort wird auch die Geschwindigkeit des Blutstroms wieder größer. In den großen Hauptvenen beträgt sie etwa 13 Zentimeter pro Sekunde.

Die Venen sind dünnwandiger als die Arterien. Bei den dicht unter der Haut verlaufenden Venen kann man deshalb

das Blut durchschimmern sehen. Durch Lichtbrechung erscheint es uns bläulich, in Wirklichkeit ist es dunkelrot. Das aus dem Körper oder aus der Lunge zurückkommende Blut gelangt zunächst in die Vorhöfe des Herzens und von hier wieder in die Herzkammern.

Jede technische Einrichtung, bei der Flüssigkeiten durch Pumpen in einem Kreislauf befördert werden, ist durch Ventile gesichert. Auch im menschlichen Herzen gibt es solche Ventile. Durch die Segelklappen zwischen Vorhof und Kammer wird verhindert, daß das Blut beim Zusammenziehen der Kammern in die Vorhöfe zurückströmt. Die Taschenklappen am Beginn der beiden Hauptarterien lassen das Blut nicht wieder in die Kammern zurück. Auch die großen Hauptvenen enthalten taschenförmige Falten, die einen Rückfluß des Blutes verhindern.

Ein Rückfluß könnte vor allem dort eintreten, wo das Blut entgegengesetzt der Schwerkraft, also von unten nach oben fließen muß. Man erkennt an diesem Beispiel, daß zwischen technischen und biologischen Systemen manches übereinstimmt oder ähnlich ist.

Wir erwähnten vorhin schon einmal die Beziehungen zwischen körperlicher Arbeitsleistung und Herztätigkeit. Hierfür gibt es einige interessante Beweise. Man hat zum Beispiel die relativen Herzgewichte von Wildtieren und den entsprechenden Haustierformen miteinander verglichen: Wildkaninchen und Hase haben je Kilogramm Körpermasse fast 9 Gramm Herzmasse, Hauskaninchen dagegen nur 2,7 Gramm. Zwei Hunde aus demselben Wurf wurden unter unterschiedlichen Bedingungen aufgezogen. Das eine Tier wurde als Arbeitshund abgerichtet, das andere brauchte keine Arbeit zu leisten. Der Arbeitshund erreichte ein Herzgewicht von 152, der andere dagegen nur 91 Gramm. Auch die Herzen von trainierten Sportlern und nichtsporttreibenden Menschen sind verglichen worden. Die Sport-

ler hatten 6 bis 8 Gramm Herzmasse pro Kilogramm Körpermasse, die ungeübten nur 4 bis 6 Gramm.
Aus diesen Zahlen lassen sich Schlußfolgerungen für eine gesunde Lebensführung ziehen.

Vom lebenswichtigen Sauerstoff und der Atmung des Menschen

Schon die Urmenschen wußten aus der Erfahrung, daß der Mensch mit dem letzten Atemzug aufhört zu leben. So ist es nicht verwunderlich, wenn seit den Anfängen der Medizin neben dem Blut die Luft als Träger und Quelle des Lebens angesehen wurde. Aber da weder die chemische Zusammensetzung der Atemluft noch ihre tatsächliche Bedeutung für die Lebensvorgänge im Körper bekannt war, glaubte man lange Zeit an eine geheimnisvolle Kraft. Im alten Griechenland nannte man sie das Pneuma, im Mittelalter Lebensgeist, und noch im 18. Jahrhundert vertraten Wissenschaftler die Auffassung, daß mit der Atmung ein Lebensäther aus dem Weltall in den Körper strömt.

Erst allmählich setzte sich die neue, die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise des Lebens durch. Unter dem Einfluß der aufblühenden Chemie begann man die Grundlagen der Lebensprozesse in chemischen Vorgängen zu sehen. Einer der Vorläufer dieser neuen Forschungsrichtung, der chemischen Physiologie, war der Engländer John Mayow, der von 1645 bis 1679 lebte. Mayow hatte beobachtet, daß in einem kleinen abgeschlossenen Raum ein Talglicht schneller verlöscht, wenn sich gleichzeitig Tiere in diesem Raum befinden, und daß umgekehrt die Lebensdauer der Tiere durch das brennende Licht verkürzt wird. Daraus zog er die Schlußfolgerung, daß bei der Atmung derselbe Bestandteil der Luft verbraucht wird wie bei der Verbrennung.

Wir kennen heute diesen Bestandteil genau: Es ist der Sauerstoff, der rund 21 Prozent der Luft ausmacht.

Die Luft gelangt über die Nase in den Körper.

Der Nasenraum enthält Wandvorsprünge und Gänge.

Dieses Labyrinth ist mit einer gut durchbluteten Schleimhaut ausgekleidet, auf deren ausgedehnter Oberfläche viele Tausende von Zellen mit feinen Flimmerhärchen sitzen. Dazwischen liegen schleimproduzierende Drüsenzellen.

Wozu dient diese komplizierte Einrichtung?

Die Atemluft muß für die Aufnahme in die tieferen Atemwege erst kontrolliert und vorbereitet werden. Grobe Staubteilchen bleiben schon an den Reusenhaaren der Nasenöffnungen hängen. Die Flimmerzellen übernehmen gemeinsam mit dem Schleim der Drüsenzellen die Feinreinigung. Gleichzeitig wird die Atemluft angefeuchtet und durch den Blutstrom der Schleimhautblutgefäße angewärmt, denn die Außenluft ist für das zarte Gewebe unserer Lunge zu trocken und zu kalt. Atmet man durch den Mund ein, so wird die Luft nur unzureichend vorbereitet.

Die Nase kontrolliert aber nicht nur die Atemluft, sondern auch unsere Nahrung. Beim Menschen spielt der Geruchssinn jedoch keine so bedeutende Rolle wie bei anderen Lebewesen, zum Beispiel den nächtlich jagenden Raubtieren, die sich hauptsächlich mit ihrer Spürnase orientieren.

Wir besitzen nur in einem verhältnismäßig kleinen Teil der Nase Riechzellen, etwa 5 bis 7 Millionen auf einer Ausdehnung von 5 Quadratzentimetern. Hunde haben in ihrer Nase auf einer Ausdehnung von 75 bis 150 Quadratzentimetern 220 Millionen Riechzellen. Ihr Geruchssinn ist so gut entwickelt, daß sie als Spurensucher auf der Jagd, bei der Polizei oder beim Zoll eingesetzt werden. Über den Rachenraum und den Kehlkopf gelangt die Atemluft in die Luftröhre. Beim Ausnehmen eines Huhnes

- 1 Atmungsorgane: Nasen-Rachen-Raum, Luftröhre, Bronchien, Lunge,
- 2 die kleinen Lungenbläschen am Ende der Atemwege, 3 jedes Lungenbläschen ist von Blutkapillaren umspinnen



1

2

3

oder einer Gans kann man dieses Organ untersuchen: Es ist ein biegsames Rohr aus Knorpelringen, das sich am Ende in zwei Äste gabelt. Diese führen zu den beiden Lungenflügeln. Hier verzweigen sie sich wie das Astwerk eines Baumes zu einem System von immer feiner werdenden Röhren. An seinem Ende hat dieser Bronchialbaum viele Millionen feinsten Ästchen von nur einem halben Millimeter Durchmesser.

Ein Teil der Atemröhren enthält wie die Nase eine Schleimhaut mit Flimmerzellen. Hier können ebenfalls noch Staubteilchen abgefangen und nach draußen befördert werden. Man hat ausgerechnet, daß ohne diese natürliche Schutzeinrichtung im Laufe eines Menschenlebens mehr als 5 Kilogramm Staub in die Lunge gelangen würden. Die feinen Endröhren des Bronchialbaumes laufen in winzige bläschenförmige Hohlräume aus. Unsere Lunge besteht aus einigen 100 Millionen solcher Bläschen, die wie Beeren zu kleinen Trauben angeordnet sind. Wenn man Lungengewebe vorsichtig mit einem leicht schmelzbaren Metall ausgießt, nimmt das Metall beim Erstarren die Form der Lungenbläschen an und vermittelt so einen plastischen Eindruck vom inneren Aufbau dieses Organs.

Durch mikroskopische Untersuchungen wissen wir, daß die einzelnen Bläschen nur 0,1 bis 0,3 Millimeter Durchmesser haben. Ihre Wandung ist sogar nur $\frac{1}{1000}$ Millimeter stark. Jedes Lungenbläschen wird von feinen, dünnwandigen Blutkapillaren umspinnen.

Könnte man alle Lungenbläschen nebeneinander ausbreiten, so würden sie eine Fläche von fast 100 Quadratmetern einnehmen, das ist mehr als ein halbes Volleyballspielfeld. Die Gesamtlänge der Blutgefäße in unserer Lunge wird auf 25000 Kilometer geschätzt.

Wir wissen bereits, welche biologische Bedeutung die Oberflächenvergrößerung in unserem Körper hat: Sie

begünstigt den Stoffaustausch in den Geweben und Organen.

In der Lunge werden die Atemgase ausgetauscht. Aus der eingeatmeten Luft tritt Sauerstoff in das Blut über. Das Blut gibt dafür Kohlendioxid an die Atemluft ab, das bei der Verbrennung der Nahrungsstoffe in den lebenden Zellen, bei der biologischen Oxydation entsteht.

Daß die ausgeatmete Luft eine andere Zusammensetzung hat als die eingeatmete, läßt sich durch einfache Versuche nachweisen:

Wir stellen einen brennenden Kerzenstummel auf eine Glasplatte und stülpen ein Einweckglas darüber. Den Rand des Glases fetten wir vorher ein, damit keine Luft seitlich eindringen kann. Mit einer Uhr stellen wir fest, wie lange es dauert, bis die Kerze erlischt. Dann legen wir den Deckel auf das Einweckglas, schieben aber vorher einen Gummischlauch dazwischen. Durch diesen Schlauch blasen wir mehrmals in das Glas, so daß es sich allmählich mit unserer Ausatemluft füllt. Die Kerze haben wir vorher wieder angezündet, und nun stülpen wir schnell das Einweckglas mit der Ausatemluft darüber. Wieder wird die Zeit bis zum Erlöschen der Kerze ermittelt.

Was stellen wir fest? Die Kerze erlischt in der ausgeatmeten Luft früher. Und welche Schlußfolgerung läßt sich hieraus ziehen? Die ausgeatmete Luft enthält weniger Sauerstoff als die atmosphärische Luft, die wir einatmen.

Zum Nachweis des Kohlendioxids ist eine chemische Prüflösung notwendig. Am besten geht es mit Barytwasser, einer wäßrigen Lösung von Bariumhydroxid. Atmet man durch ein Trinkröhrchen in diese wasserklare Flüssigkeit aus, so trübt sie sich nach kurzer Zeit. Das Kohlendioxid der Ausatemluft wandelt sich im Wasser zu Kohlensäure um, und diese bildet mit dem Bariumhydroxid ein unlösliches Salz, das Bariumkarbonat.

Wir erkennen an diesem Beispiel, daß die Lebensprozesse im menschlichen Körper zwar kompliziert, aber nicht geheimnisvoll oder unerklärlich sind. Sie beruhen auf gesetzmäßig verlaufenden Vorgängen, die man mit biologischen, chemischen und physikalischen Experimenten erforschen kann.

Der Sauerstoffbedarf des Menschen und seine Atemleistungen sind beträchtlich. Ein Erwachsener atmet durchschnittlich pro Tag 10 bis 15 Kubikmeter Luft ein und entnimmt daraus 500 bis 750 Liter Sauerstoff. Gleichzeitig gibt er 400 bis 600 Liter Kohlendioxid ab.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß die Luft in einem von 35 Schülern besetzten Klassenzimmer bei geschlossenen Fenstern schon nach etwa einer Viertelstunde verbraucht ist, das heißt nicht mehr genügend Sauerstoff enthält.

Deshalb sollte man, wenn es die Witterung erlaubt, bei leicht geöffneten Fenstern arbeiten und schlafen. Besonders gesundheitsschädlich ist der Aufenthalt in Räumen, wo die Luft durch Tabakrauch oder Ofengase verunreinigt ist.

Die folgenden Zahlen beweisen die Abhängigkeit der Atemleistung von der Arbeitsbelastung des Körpers und wie sich der Sport auf die Atmungsorgane auswirkt:

In Ruhe atmen wir pro Minute 7 Liter Luft ein und aus, beim ruhigen Gehen brauchen wir schon 14 Liter, beim flotten Marschieren 28 Liter. Beim Radfahren erhöht sich der Verbrauch auf 42 Liter, und bei anstrengender Arbeit, beim Erklettern eines Berges oder bei Sport und Spiel werden schließlich Werte von 70 Litern und mehr in der Minute erreicht!

Regelmäßiges sportliches Training wirkt sich auf das Leistungsvermögen unserer Lunge aus. Ihre Vitalkapazität, so nennt man die Luftmenge, die bei stärkster Ein- und

Ausatmung gewechselt werden kann, liegt bei trainierten Sportlern wesentlich höher als bei nichtsporttreibenden Menschen. Trainierte Mittelstreckenläufer müssen bei harten Wettkämpfen eine Atemleistung von 140 bis 170 Liter pro Minute erbringen, ein untrainierter Mensch schafft nicht einmal die Hälfte. Er ist also allein schon wegen seiner geringeren Atemleistung nicht in der Lage, so schnell und so ausdauernd zu laufen.

Vom Essen und Trinken und was damit im Körper geschieht

Das Essen und Trinken ist nicht nur angenehm, sondern auch unbedingt lebensnotwendig.

Schon nach ein paar Stunden angestrenzter Arbeit meldet uns das Gefühl des Hungers, daß der Energieverbrauch durch Zufuhr von Nahrung wieder ausgeglichen werden muß. Die Nahrung dient also als Betriebsstoff für die Arbeitsleistungen der Zellen, Gewebe und Organe des Körpers. Ein Teil wird auch als Baustoff für das Wachstum des jugendlichen Organismus sowie zum Ersatz verbrauchter Körperbestandteile verwendet. Wir haben ja bereits am Beispiel des Blutes kennengelernt, daß in unserem Körper ständig Zellen aufgebaut und umgebaut werden.

Den Umfang und die Bedeutung der Ernährung können wir daran ermessen, daß ein Mensch im Laufe des Lebens etwa das Tausendvierhundertfache seines Körpergewichts an Nahrungsmitteln verzehrt. Das entspricht etwa 5000 Broten, einigen 100 Kuchen und Torten, 80 Säcken Mehl und Zucker sowie 100 Säcken Kartoffeln. Das sind aber nur die rund 10 Tonnen Kohlenhydrate, die wir in 70 Lebensjahren brauchen. Die notwendigen 2,5 Tonnen Eiweiß stammen aus dem Fleisch von rund 10 Schweinen, 3 Rindern, 2 Kälbern, 2 Hammeln und einigen 100 Stück Geflügel; dazu kommen etwa 2000 Fische, 10000 Eier sowie 1000 kg Käse und Quark. Schließlich verbrauchen wir noch 1,5 Tonnen Fett – das sind ungefähr 4000 Stück Butter, 1000 Würfel Margarine, einige Fässer Öl, ein paar Speckseiten und anderes.

Wegen der Versorgung unseres Körpers mit den lebens-

Zur gesunden Ernährung gehören Milch, Vollkornbrot, Obst und Gemüse



wichtigen Vitaminen essen wir reichlich Obst und Gemüse— im Verlaufe des Lebens rund 15 000 Kilogramm. Außerdem verbrauchen wir an jedem Tag bis zu 2 Liter Flüssigkeit. Das sind in 70 Jahren etwa 30 000 Liter Wasser, Milch, Kaffee, Tee, Fruchtsaft, Bier und andere Getränke.

Die Vielzahl der Lebensmittel und die Mengen, die wir im Laufe des Lebens verbrauchen, setzen uns in Erstaunen. Zugleich entsteht aber auch die Frage: Was geschieht mit der Nahrung im Körper?

Verfolgen wir einmal eine Mahlzeit bei ihrem Weg durch die Verdauungsorgane oder den Magen-Darm-Kanal:

„Gut gekaut, ist halb verdaut“, sagt ein bekanntes Sprichwort. Tatsächlich beginnt die Verdauung schon im Mund. Zunächst zerkleinern die Zähne die Nahrung. Die Schneidezähne schneiden, wie ihr Name besagt, einen Bissen ab. Die Zunge schiebt ihn weiter nach hinten. Dort wird er zwischen den Kauflächen der Backenzähne zermahlen. Sie können dabei einen Druck bis zu 70 Kilopond entwickeln. Die Tätigkeit der Zähne ist aber nur ein Teil der Verdauungsvorgänge im Mund.

Jeder weiß aus Erfahrung, daß ihm beim Essen, ja sogar schon beim Anblick einer leckeren Speise „das Wasser im Munde zusammenläuft“. Was ist das für eine Flüssigkeit? Es ist der Mundspeichel, der von 3 Paar Drüsen gebildet wird. Seine Menge und Beschaffenheit richtet sich nach der Art der Speise. So sind beim Zerkauen von 10 Gramm Apfel nur 2 Kubikzentimeter Speichel erforderlich, für 10 Gramm Zwieback dagegen das 10fache. Für eine Mittagsmahlzeit werden ungefähr 0,5 Liter Mundspeichel gebraucht. Eine Kuh produziert pro Tag 40 bis 60 Liter Mundspeichel. Das hängt mit der groben, stark zellulosehaltigen Nahrung und den Nahrungsmengen zusammen. Welche Rolle spielt nun der Speichel bei der Verdauung? Zunächst einmal macht er den Nahrungsbrei gleitfähig

für den weiteren Transport im Verdauungskanal. Schleimstoffe umhüllen die festeren Bestandteile der Nahrung und schützen so die sehr empfindlichen Schleimhäute der Mundhöhle, des Magens und des Darmes.

Außerdem enthält der Mundspeichel einen chemischen Wirkstoff. Seine Bedeutung läßt sich verhältnismäßig einfach durch Versuche ermitteln. Wer einmal längere Zeit auf einem Stück Brot kaut, bemerkt, daß es anfängt süß zu schmecken. Gekautes Brot oder mit Speichel vermischter Mehlkleister zeigt bei Prüfung mit einer Nachweislösung für Zucker ein positives Ergebnis.

Der Wirkstoff des Mundspeichels löst also eine chemische Umwandlung der Nahrung aus: Er wandelt die Stärke von Kartoffeln, Brot und Teigwaren in Zucker um.

Warum ist das notwendig?

Wir müssen bedenken, daß die Nahrungsstoffe in die lebenden, energieverbrauchenden Zellen des Körpers gelangen müssen. Der Transport dorthin erfolgt über das Blut, und das ist nur in gelöstem Zustand möglich. Aus den Blutgefäßen in die Zellen können ebenfalls nur lösliche Stoffe mit einer kleinen Teilchengröße übergehen. Die Moleküle des Kohlenhydrats Stärke sind so groß, daß sie nicht durch die Wände der Blutgefäße hindurchtreten können. Sie müssen daher erst durch verschiedene physikalische und chemische Prozesse aufgespalten, verdaut werden.

Bis in das 16. Jahrhundert galt die falsche Vorstellung Galens, daß die Speisen durch die Körperwärme zersetzt würden. Der von 1493 bis 1541 lebende Arzt Paracelsus war einer der ersten, der eine Vorahnung von den chemischen Umwandlungen der Nahrung hatte.

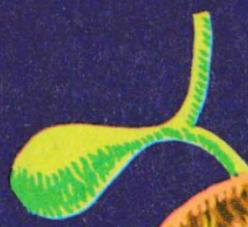
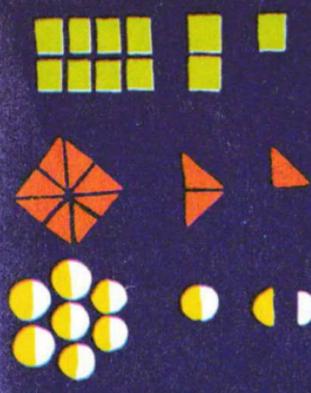
Schüler des Paracelsus, wie der Brüsseler Arzt Johann Baptist van Helmont, entwickelten die Lehre von der chemischen Verdauung weiter. Gegen Ende des 17. Jahr-

hundreds waren alle wichtigen Verdauungssäfte bekannt. Verfolgen wir jetzt die Nahrung weiter auf ihrem Weg. Die Verdauung der Eiweiße beginnt erst im Magen. Wie im Mund wird auch hier eine Verdauungsflüssigkeit abgesondert. Sobald Nahrungsbrei in den Magen gelangt, ja sogar schon beim Anblick einer appetitlichen Mahlzeit oder allein beim Gedanken daran, treten aus Hunderttausenden von Drüsenzellen in der Magenwandung feine Sekrettröpfchen aus.

Eiweiß ist chemisch anders aufgebaut als Stärke. Daher unterscheidet sich auch der Magensaft in seiner Zusammensetzung vom Mundspeichel. Wir kennen den typischen Geschmack des Mageninhalts, wenn uns etwas aus dem Magen wieder aufstößt. Es schmeckt sauer, denn ein wichtiger Bestandteil des Magensaftes ist Salzsäure. Zusammen mit dem Wirkstoff Pepsin leitet die Magensäure die Eiweißverdauung ein.

Außerdem übt die Säure noch eine natürliche Schutzfunktion aus. Die meisten Bakterien, Hefe- und Schimmelpilze vertragen saure Lebensbedingungen nicht. Die Magensäure verhindert so normalerweise, daß im Magen Gärungs- und Fäulnisprozesse entstehen. Wenn wir allerdings verdorbene oder mit Krankheitserregern infizierte Nahrungsmittel zu uns nehmen, dann kann uns auch die Magensäure nicht schützen. Unangenehme Störungen oder sogar Erkrankungen des Magen-Darm-Kanals können dann entstehen. Sie machen sich durch Leibschmerzen, Durchfall und Erbrechen bemerkbar. Weil einige dieser Erkrankungen ansteckend sind, soll man bei jedem anhaltenden Durchfall den Arzt zu Rate ziehen. Außerdem

Kohlenhydrate (a), Eiweiß (b) und Fette (c) werden im Mund (1), im Magen (2) und im Darm (3) verdaut und danach von Blut und Lymphe (4) aufgenommen



muß auf strengste Sauberkeit geachtet werden. Nach der Toilettenbenutzung und vor dem Essen sollten wir uns immer die Hände waschen.

Je nachdem, wie die Speisen zusammengesetzt oder zubereitet sind, verweilen sie längere oder nur kurze Zeit im Magen.

Den Übertritt in den Dünndarm regelt der Magenpförtner. Mit diesem treffenden Namen hat man den Schließmuskel am Magenausgang bezeichnet, der in bestimmten Abständen eine kleine Portion Speisebrei passieren läßt.

Die Nahrung wird im Verdauungssystem, in der Speiseröhre, im Magen und im Darm, überall nach dem gleichen Prinzip transportiert: Die Wandung des Verdauungskanals enthält 2 Muskelschichten. Das Verdauungsrohr kann sich dadurch verengen und erweitern. Im Magen und Darm wird der Nahrungsbrei zunächst durch kleinere Knetbewegungen hin und her geschaukelt und dabei mit den Verdauungssäften vermischt. Größere wellenförmige Bewegungen transportieren ihn dann von Zeit zu Zeit weiter.

Mit einer Länge von 3 bis 4 Metern ist der Dünndarm der längste Abschnitt des Verdauungskanals. Noch einmal vermischen sich Verdauungsssekrete mit dem Nahrungsbrei. Sie stammen zum Teil aus den Drüsenzellen der Darmschleimhaut selbst. Andere Sekrete schicken die Bauchspeicheldrüse und die Leber durch einen kurz hinter dem Magen einmündenden Kanal. Insgesamt wirken im Darm täglich über 5 Liter Verdauungssäfte. Sie führen die chemische Umwandlung der Nahrungsstoffe zu Ende. Auch die Fette werden jetzt zerlegt, wobei die Gallenflüssigkeit aus der Leber eine wichtige Rolle spielt. Nun ist die Nahrung endlich für den Transport und die weitere Verwertung im Körper geeignet. Damit beginnt für den Dünndarm seine zweite Aufgabe, die Übergabe der verdauten Nährstoffe an das Blut.

Um diesen Vorgang zu verstehen, müssen wir uns die stark vergrößerte Darstellung der Darmwand genau ansehen. Wir erkennen dabei, daß der Dünndarm kein glattes Rohr ist. Seine Schleimhaut ist in viele Falten gelegt, und diese tragen noch einmal winzige Ausstülpungen. Ein Stück Darmschleimhaut von der Größe eines Fingernagels enthält 5 000 solcher Zotten; ihre Gesamtzahl wird auf 4 Millionen geschätzt. Dadurch ist die innere Oberfläche des Dünndarms sehr groß.

Wie gelangen nun die verdauten Nährstoffe in das Blut? Jede Darmzotte enthält ein Netz von feinsten Blutkapillaren.

Da die Nährstoffe im Darm viel höher konzentriert sind als im Blut, treten ihre winzig kleinen Moleküle durch die Darmwand in die Blutbahn über. Man nennt diese biophysikalische Erscheinung Diffusion oder Osmose. Außerdem führen die Zotten Pumpbewegungen durch. Wenn der Darm gefüllt ist, ziehen sie sich wie eine Ziehharmonika 3- bis 4mal in der Minute zusammen.

Die unverdaulichen Reste gelangen in den Dickdarm. Hier wird der dünnflüssige Speisebrei eingedickt und zum Kot umgebildet. Da unsere Verdauungsdrüsen täglich mehrere Liter Verdauungssäfte absondern, ist die Belastung für den Wasserhaushalt des Organismus sehr groß. Deshalb gewinnt der Dickdarm den größten Teil des Wassers wieder zurück. Bei Ernährungsfehlern oder Darmkrankheiten ist dieser Vorgang manchmal gestört – wir haben Durchfall.

Am Übergang des Dünndarms in den Dickdarm liegt der Blinddarm. Bei pflanzenfressenden Säugetieren verdaut er die Zellulose und ist hier einer der größten Darmabschnitte. Beim Menschen dagegen ist der Blinddarm ein rückgebildetes Organ ohne besondere Bedeutung für den Verdauungsvorgang. Er hat ein 5 bis 10 Zentimeter

langes Anhängsel, das wegen seiner Form Wurmfortsatz heißt. Der Wurmfortsatz kann sich entzünden und vereitern. Er muß dann operativ entfernt werden.

Hauptlabor Leber

Wer beim Schlachten eines Tieres einmal aufmerksam zugeschaut hat, wird sicher unter den Eingeweiden ein großes lappiges Organ von braunroter Farbe gesehen haben. Das ist die Leber.

Seitdem es die Medizin gibt, galt die Leber wegen ihrer Größe, ihrer auffälligen Farbe und wegen ihrer Lage in der Mitte des Körpers als ein besonders wichtiges Organ.

Die alten Babylonier hielten sie vor über 3000 Jahren für das Organ des Zornes; der schon erwähnte römische Arzt Galen sah in ihr den Sitz des Lebens. Hier sollten sich die Säfte bilden, die alle Lebenserscheinungen ausmachen und das Temperament des Menschen beeinflussen.

Wir wissen heute, daß diese Vorstellungen falsch waren. Aber die Leber ist tatsächlich ein außerordentlich bedeutendes Organ. Es gibt kaum einen Lebensvorgang, an dem sie nicht beteiligt ist. Man kann sie zum Verdauungssystem ebenso wie zu den Organen des Blutkreislaufs rechnen. Außerdem ist die Leber ein Filter- und Entgiftungsorgan und einer unserer größten Nährstoff- und Blutspeicher.

Wenn eine Hausfrau aus einem Huhn oder Kaninchen die Leber herausnimmt, dann achtet sie besonders auf eine grünlich aussehende Blase an deren Unterseite. Wird sie zerstört, so läuft eine Flüssigkeit aus, und die Leber schmeckt dann gallenbitter. Damit haben wir schon den Namen der Blase und der Flüssigkeit verraten. Die Leber ist ein Drüsenorgan. Ihre Zellen bilden den Gallensaft, der zunächst in einen Vorratsbehälter, die Gallenblase, fließt. Von hier aus gelangt die grünlichbraune Flüssigkeit in den Darm, und zwar immer dann, wenn wir Fett gegessen haben.

Fette sind nicht in Wasser löslich. Wenn unser Mittags-

geschirr sehr fettig ist, dann setzen wir dem Spülwasser Soda oder ein anderes chemisches Mittel zu. Das Fett löst sich dann leichter von den Gläsern und Tellern. Die Wirkung des Gallensaftes ist ähnlich: Er zerteilt das Fett zu ganz feinen Tröpfchen und macht es mit Wasser mischbar. Die entstehende Emulsion kann dann leichter verdaut werden.

Bei entzündlichen Erkrankungen der Leber oder auch bei Verstopfung des Gallengangs durch einen Gallenstein tritt Gallenflüssigkeit in das Blut über. Dann färbt sich die Haut des betreffenden Menschen gelblich – im Volksmund nennt man diese Krankheit Gelbsucht.

Welche Aufgaben übt die Leber in unserem Körper noch aus?

Untersuchen wir dazu, mit welchen anderen Organen sie in Verbindung steht.

In die Leber münden mehrere Blutgefäße. Eines davon vereinigt alle vom Magen und vom Darm kommenden Blutbahnen. Über diese Hauptvene unseres Körpers, sie heißt Pfortader, fließt ständig $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der gesamten, im Körper kreisenden Blutmenge. In 24 Stunden nehmen rund 700 Liter Blut den Weg durch die Leber.

Was geschieht dort?

Überlegen wir doch einmal, welche Besonderheiten das Blut aufweist, wenn es von den Verdauungsorganen kommt. Es hat sich mit Nährstoffen beladen, mit Traubenzucker und mit den chemischen Bausteinen der Eiweiße und Fette aus unserer Nahrung. Die Leber stellt für all diese Stoffe die zentrale Zwischenstation dar. Eine große Anzahl chemischer Umwandlungsprozesse setzt ein. So

Vier Aufgaben der Leber: 1 Umbau und Speicherung von Kohlenhydraten, 2 Aufbau körpereigener Eiweißstoffe, 3 Bildung von Gallensaft, 4 Abbau von Gift- und Schlackenstoffen



wird zum Beispiel Traubenzucker in Glykogen umgewandelt. Das ist ein energiereiches Kohlenhydrat, das sich besser speichern läßt als der leicht lösliche Zucker. Die Leber enthält ständig einen gewissen Vorrat an Glykogen, den sie jederzeit wieder in Zucker zurückverwandeln kann. Er stellt eine Energiereserve für den Organismus dar.

Auch die Fettstoffe gelangen nach der Verdauung im Darm zunächst in die Leber und werden hier chemisch weiterverarbeitet. Die Leberzellen bauen aus den Nahrungstoffen körpereigene Fette auf, wandeln Zucker in Fett oder Fett in Zucker um.

Unsere Leber ist auch die Zentrale des Eiweißstoffwechsels. Bei der Verdauung sind die körperfremden Nahrungseiweiße in ihre chemischen Grundbausteine, die Aminosäuren, zerlegt worden. Hieraus gewinnen die lebenden Zellen ihr körpereigenes Eiweiß. Die Leberzellen bauen besonders intensiv Eiweißstoffe auf und ab.

Wir können diese komplizierten chemischen Umwandlungen hier nicht alle nennen, aber es ist sicher deutlich geworden, daß die Leber mit Recht als das biochemische Hauptlaboratorium unseres Körpers bezeichnet werden kann.

Ein Versuchstier, dem man die Leber entfernt, stirbt nach kurzer Zeit an schweren Stoffwechselstörungen und Vergiftungserscheinungen.

Die Leberzellen üben nämlich auch wichtige Kontroll- und Filterfunktionen aus. Wir nehmen ja mit unserer Nahrung auch mancherlei Stoffe auf, die für unseren Körper gefährlich sind. Viele Genußmittel sind zugleich Giftstoffe für den Organismus. So muß die Leber zum Beispiel den Alkohol, ein gefährliches Zellgift, durch biochemische Oxydation unschädlich machen. Der ständige Genuß von Alkohol schädigt deshalb die Leberzellen. Chronische Trinker können sogar an einer Schrumpfung des Leber-

gewebes sterben. Auch das Nikotin des Tabakrauches muß in der Leber abgebaut werden; ebenso viele Medikamente, nachdem sie ihre heilende Wirkung ausgeübt haben.

Es entstehen ständig Abfallprodukte und Schlackenstoffe in unserem Körper. Bei der chemischen Umwandlung der Eiweißstoffe in den Zellen bilden sich zum Beispiel Stickstoffverbindungen, wie das giftige Ammoniak. Es wird von der Leber sofort in den weniger schädlichen Harnstoff umgewandelt. Wir werden noch erfahren, was mit dem Harnstoff dann weiter geschieht.

Von den Blutkörperchen wissen wir bereits, daß sie nur eine begrenzte Lebensdauer haben. Danach müssen sie abgebaut werden – die Leber ist am Abbau beteiligt. Andererseits erfolgt hier aber auch der Aufbau vieler lebenswichtiger Eiweißstoffe unseres Blutes.

Die Leber ist also ein Organ, dessen Zellen „hart arbeiten“ müssen. Viele Leberzellen werden deshalb nicht einmal so alt wie die Blutkörperchen.

Vom Wasser- und Salzhushalt unseres Körpers

Das Leben auf unserer Erde ist im Wasser der Urozeane entstanden. Später eroberten die Pflanzen und Tiere auch das Land als Lebensraum, aber noch heute können sie nicht ohne Wasser auskommen. Wasser ist ein Hauptbestandteil des Protoplasmas, der lebenden Grundsubstanz aller Zellen. Alle wichtigen Lebensvorgänge vollziehen sich in wäßriger Lösung, und unsere Körperflüssigkeiten bestehen zum größten Teil aus Wasser. Verliert der Mensch nur 15 bis 20 Prozent seines Körpergewichts an Wasser, tritt der Tod ein.

Vom Blutplasma wissen wir bereits, daß es eine Lösung von organischen und anorganischen Stoffen mit einer ganz bestimmten Konzentration ist. Jede größere Veränderung in den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körperflüssigkeiten würde eine Gefahr für Gesundheit und Leben des Menschen bedeuten. Das zeigt uns folgendes Experiment:

Wenn man etwas Tier- oder Menschenblut in ein flaches Glasschälchen gießt und dieses auf eine Zeitung oder eine Buchseite stellt, dann sind die Buchstaben nicht zu erkennen. Normales Blut ist undurchsichtig – und das läßt sich auch leicht erklären: Wir brauchen uns nur daran zu erinnern, daß in jedem Kubikmillimeter Blut Millionen winziger Körper enthalten sind. Gibt man nun ein paar Tropfen reinen Wassers dazu, so tritt eine erstaunliche Veränderung ein. Das Blut wird plötzlich durchsichtig. Es sieht zwar noch rot aus, aber wir können die Buchstaben des darunterliegenden Druckblattes jetzt deutlich lesen. Es kann dafür nur eine Erklärung geben: Die Blutkörperchen sind verschwunden.

Wie konnte das geschehen?

Durch das Wasser verändert sich die Konzentration der

Blutflüssigkeit. Wasser ist in die Blutkörperchen eingetreten, sie sind angeschwollen und schließlich zerplatzt. Verdünnt man bei dem gleichen Experiment das Blut statt mit reinem Wasser mit einer Salzlösung, deren Konzentration höher liegt als die des Blutes, dann tritt eine andere Veränderung ein. Man kann sie mit bloßem Auge nicht erkennen, sondern muß das Blut unter dem Mikroskop betrachten. Dabei zeigt sich, daß die Blutkörperchen stark geschrumpft sind. Die Salzlösung hat ihnen Wasser entzogen. Auch diese geschrumpften Blutkörperchen können ihre Tätigkeit nicht mehr ausüben.

Nun erhebt sich die Frage: Wir nehmen doch jeden Tag größere Mengen Flüssigkeit beim Essen und Trinken auf. Müßte sich dadurch nicht unser Blut verdünnen? Oder müßten nicht unsere Blutkörperchen schrumpfen, wenn wir salzhaltige Speisen essen?

Keines von beidem geschieht, weil unser Körper seinen Wasser- und Salzhaushalt reguliert.

Eine wichtige Aufgabe kommt dabei den Nieren zu. Dieses paarige Organ liegt rechts und links der Wirbelsäule, unter dem letzten Rippenbogen beginnend. In Fleischereien kann man manchmal Nieren vom Schwein liegen sehen. Sie sind etwa so groß wie die des Menschen und haben auch ungefähr die gleiche Gestalt.

Jede der beiden Nieren ist mit dem Blutkreislauf durch große Blutgefäße verbunden. Man hat ermittelt, daß in 24 Stunden 1500 Liter Blut durch die Nieren fließen. Unser Blut strömt also jeden Tag etwa 300mal durch dieses Organ. Dabei wird es sorgfältig kontrolliert und auf die vorgeschriebenen physikalischen und chemischen „Normen“ einreguliert.

Wie funktioniert das im einzelnen?

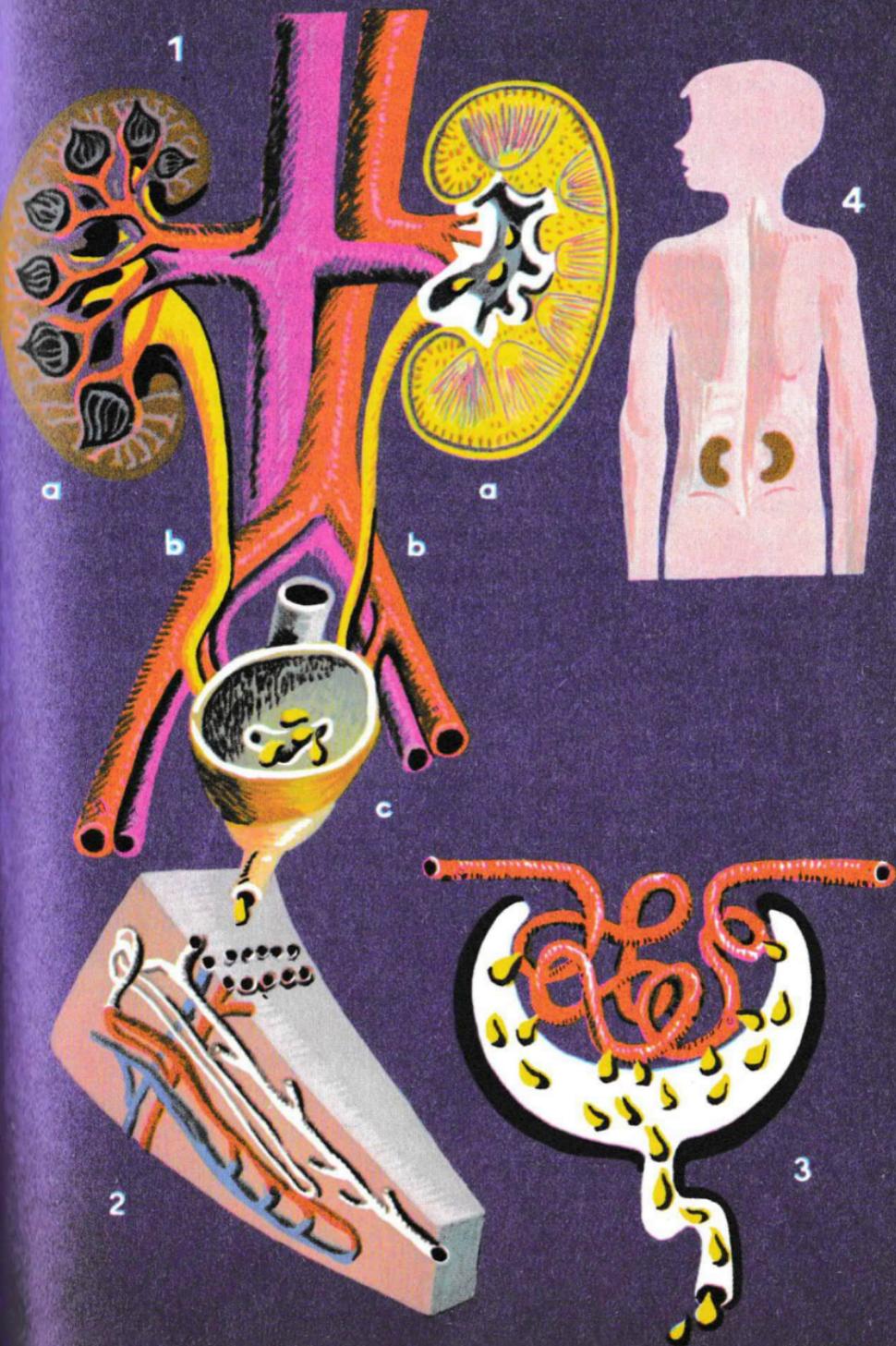
Jede Niere besteht aus mehr als einer Million Mikrofilter. Das sind haarfeine Blutkapillaren, die zu einem Knäuel

gewunden und von einer Kapsel umgeben sind. Alle Gefäßknäuel der beiden Nieren ergeben zusammen eine Filterfläche von fast 2 Quadratmetern. Den 1500 Litern Blut, die im Verlaufe von 24 Stunden hier vorbeifließen, werden dabei rund 175 Liter Flüssigkeit entzogen, hauptsächlich Wasser, darin gelöst aber auch verschiedene organische und anorganische Stoffe.

Natürlich kann unser Körper diese Flüssigkeitsmengen nicht ausscheiden. Deshalb wird der größte Teil des Wassers wieder zurückgewonnen, wenn die abgefilterte Flüssigkeit durch die feinen Harnkanälchen fließt. Dieses Kanalsystem in der Niere ist rund 100 Kilometer lang. Nur 1 bis 1,5 Liter täglich verlassen als Harn oder Urin die Niere. Unser Körper scheidet auf diesem Wege am Tag etwa 50 Gramm Schlackenstoffe aus, darunter auch den Harnstoff, den wir bereits bei der Leber erwähnten.

Wer seinen Körper aufmerksam beobachtet, wird vielleicht schon bemerkt haben, daß die Menge des ausgeschiedenen Harns und seine äußerliche Beschaffenheit sehr wechseln. Hier zeigt sich die Arbeit der Niere als Regulator des Wasser- und Salzhaushalts. Jede Tasse Milch, jede Flasche Brause gelangt über den Magen und Darm ins Blut. Wenn wir viel trinken, muß die Niere das wieder ausgleichen. Sie läßt mehr Flüssigkeit durch die Harnkanälchen abfließen. Nehmen wir wenig Getränke zu uns, oder hat unser Körper Flüssigkeit, zum Beispiel durch Schwitzen, verloren, dann schränkt die Niere ihre Wasserausscheidung ein. Sie regelt dabei zugleich den Salzgehalt und das Säuren-Basen-Verhältnis des Organismus. Deshalb ist der Harn manchmal salzärmer, manchmal salzreicher. Bei überwiegender

1 Das Harnsystem, a Nieren, b Harnleiter, c Harnblase, 2 Nierengewebe mit Blutgefäßen und Harnkanälchen, 3 Nierenkörperchen filtern den Harn aus dem Blut, 4 Lage der Nieren im Körper



Fleischnahrung reagiert er schwach sauer, bei vegetarischer Kost neutral bis schwach basisch.

Übrigens machen sich auch viele Störungen und Erkrankungen des Körpers in der Beschaffenheit des Harns bemerkbar. Die Harnanalyse im medizinischen Labor ist deshalb für den Arzt eine wichtige Hilfe bei der Erkennung von Krankheiten.

Beim Ausfall beider Nieren müßte der Mensch in kurzer Zeit an innerer Vergiftung zugrunde gehen. Früher starben die Menschen an einer solchen Störung. Heute kann man den Kranken an die künstliche Niere anschließen. Eine technische Filteranlage übernimmt die Entgiftung des Blutes. Es ist auch schon möglich, Nieren eines Toten oder eines lebenden Spenders zu übertragen. Bei solchen Transplantationen besteht aber die Gefahr, daß der Körper das überpflanzte Organ wieder abstößt, weil es fremdes Gewebe ist. Deshalb müssen geeignete Spender ausgewählt werden.

Die Muskeln – der biologische Motor unseres Körpers

Über die Lage der Muskeln und ihre Aufgabe bei der Bewegung der Körperteile wußten schon die Ärzte des griechischen Altertums sehr gut Bescheid. Das ist nicht verwunderlich, denn im Ursprungsland der Olympischen Spiele galt der sportlich trainierte Körper als Ideal der Schönheit und Gesundheit. Die Werke der griechischen Bildhauer beweisen, wie gut sich ihre Schöpfer in der Anatomie des Menschen auskannten.

Lange Zeit war dann das Sezieren des menschlichen Leichnams aus religiösen Gründen untersagt. Erst Mitte des 16. Jahrhunderts durchbrachen fortschrittliche Ärzte dieses Verbot und betrieben wieder das Studium des menschlichen Körpers am natürlichen Objekt. Im Jahre 1543 gab der Arzt Andreas Vesalius ein neues Lehrbuch der Anatomie des Menschen heraus, das nicht wie die alten Bücher größtenteils Vermutungen enthielt, sondern den tatsächlichen Verhältnissen des menschlichen Körpers entsprach. Auch die großen Künstler dieser Zeit, wie Leonardo da Vinci, Michelangelo und Albrecht Dürer, haben die Anatomie des Menschen studiert und vor allem die Muskeln sehr genau dargestellt.

Wie die Muskeln arbeiten und woher sie die Energie für ihre Arbeit nehmen – diese Einzelheiten wurden erst viel später aufgeklärt. Wir wissen heute, daß der Muskel eine „biologische Maschine“ von erstaunlicher Leistungsfähigkeit ist.

1 Quadratzentimeter Muskelquerschnitt vermag eine Kraft von 4 bis 7 Kilopond aufzubringen; das heißt, daß wir mit einem Muskel von nur 8 bis 10 Quadratzentimeter Querschnittsfläche schon 50 Kilogramm Last bewältigen können.

Die straff gespannte Muskeldecke unseres Bauches kann bequem einen Erwachsenen tragen, trainierte Schwerathleten und Artisten leisten sogar noch Erstaunlicheres. Gewichtheber bringen über 200 Kilogramm mit einem Male zur Hochstrecke. Innerhalb einer Trainingseinheit bewegen sie rund 20 Tonnen. Zirkusartisten tragen, auf Schultern und Hüften verteilt, mehrere Personen mit einem Gesamtgewicht bis zu 800 Kilogramm.

Jeder Mensch vollbringt je nach Beruf eine mehr oder weniger große Muskelarbeit; durchschnittlich sind es 200 000 Kilopondmeter am Tag.

Wie kommen diese Leistungen zustande? Wir nannten die Muskeln eine „biologische Maschine“; noch treffender ist der Vergleich mit dem Motor eines Kraftfahrzeuges. Beide benötigen energiereichen Kraftstoff. Der „Muskelmotor“ erhält über die Blutbahn den Traubenzucker. Das ist ein energiereicher Stoff, der bei der Verdauung unserer Nahrung entsteht und vom Darm an das Blut abgegeben wird. Er bleibt teilweise im strömenden Blut gelöst oder wird in einer Speicherform als Energiereserve im Muskelgewebe und in der Leber gelagert.

Mit Hilfe von Wirkstoffen, den Enzymen, können die lebenden Muskelzellen diesen „Treibstoff“ verarbeiten. Es findet eine biologische Oxydation statt – also wird außerdem noch Sauerstoff benötigt, der ebenfalls vom Blut herangeschafft werden muß. Jetzt verstehen wir, warum unsere Atemzüge schneller und tiefer werden, wenn wir körperliche Anstrengungen vollbringen, warum unser Herz dann schneller schlägt und wieso wir nach der Arbeit, nach Sport und Spiel hungrig sind.

Die Muskeln machen etwa 40 Prozent der gesamten

Rund 400 Muskeln bewegen unseren Körper bei der Arbeit, bei Sport und Spiel



Körpermasse aus; ihr Anteil am Stoff- und Energiewechsel ist sogar noch höher. Bei starker Arbeitsbelastung entfallen bis zu 90 Prozent des Energieumsatzes des Körpers auf die Muskeltätigkeit.

Aber nur knapp $\frac{1}{3}$ der chemischen Energie aus dem „Muskeltreibstoff“ kann in mechanische Arbeitsenergie umgesetzt werden. Der Rest wird in Wärme umgewandelt. Auch in dieser Beziehung besteht eine Ähnlichkeit mit der Arbeitsweise des Kraftfahrzeugmotors. Die Wärme ist hier größtenteils Nebenprodukt; sie heizt im Winter den Fahrgastraum. Unser biologischer Muskelmotor erfüllt mit dem Nebenprodukt Wärme eine lebenswichtige Aufgabe: Er sorgt für die Erhaltung der Körpertemperatur.

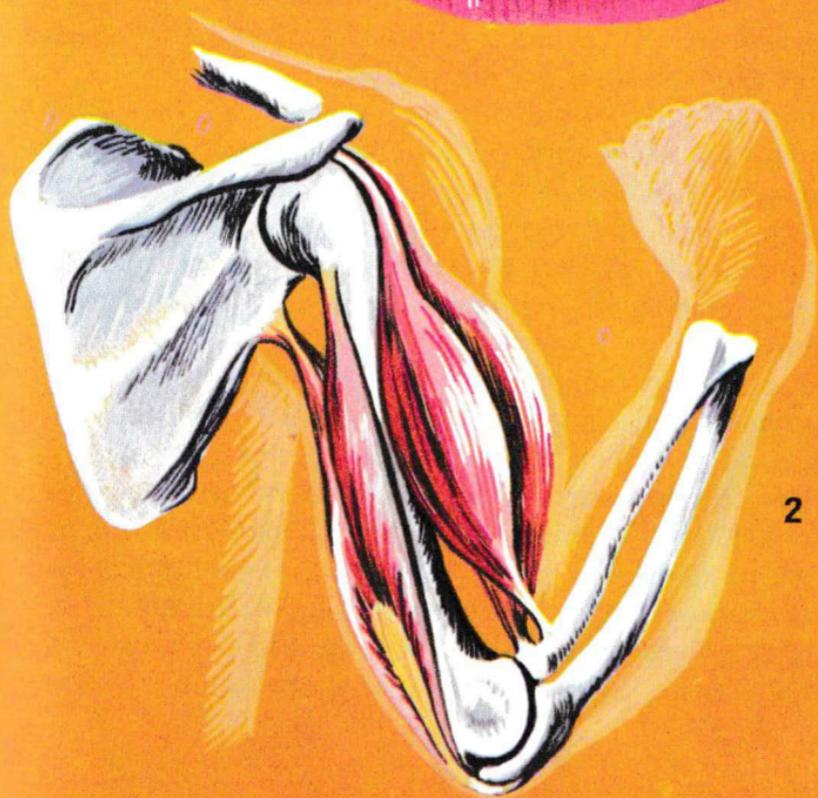
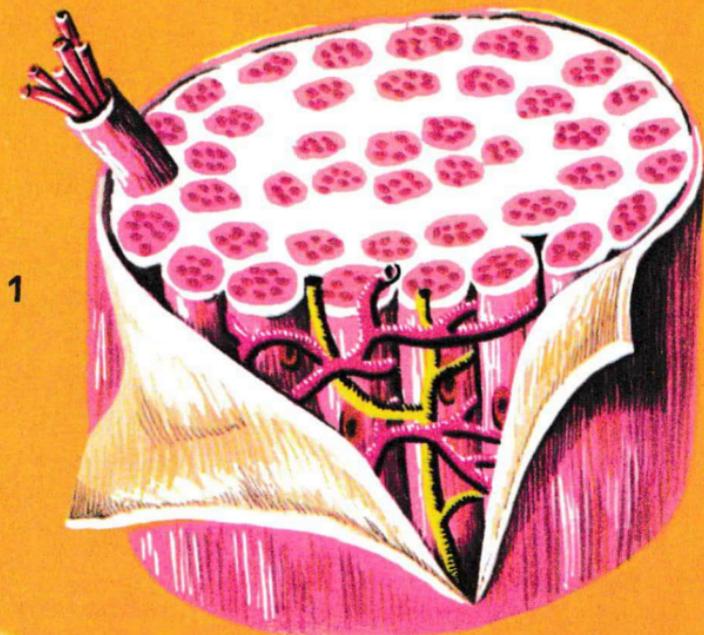
Daß Muskelarbeit unseren Körper erwärmt, hat jeder schon gespürt, bei einer anstrengenden körperlichen Arbeit oder beim Sporttreiben. Wenn wir im Winter einmal frieren, bewegen wir die Arme und Beine, um uns von innen her zu erwärmen.

Wenn wir beim Mittagessen ein Stück tierisches Muskelfleisch vorsichtig auseinanderzupfen, gewinnen wir schon eine ungefähre Vorstellung vom Feinbau der Muskeln. Die mikroskopische Untersuchung gibt natürlich ein genaueres Bild: Die Skelettmuskulatur besteht aus 0,05 Millimeter feinen Fasern, die zu Bündeln angeordnet sind. Zwischen den Muskelfasern verlaufen Blutgefäße und Nervenfasern. Auf rund 100 000 Kilometer wird die Gesamtlänge aller Blutgefäße in der Muskulatur des Menschen geschätzt. Wir wissen bereits, wozu dieses ausgedehnte Versorgungsnetz notwendig ist.

Und welche Aufgabe haben die Nervenfasern?

Kommen wir dazu noch einmal auf unseren Vergleich mit

1 Muskelfaserbündel mit Blutgefäßen und Nerven, 2 Beuge- und Streckmuskeln bewegen die Knochen des Armes in den Gelenken



dem Motor eines Kraftfahrzeuges zurück. Seine Tätigkeit wird durch die elektrische Zündanlage ausgelöst und gesteuert. Auch die Fasern unseres „Muskelmotors“ arbeiten nur, wenn sie von der Leitzentrale des Körpers dazu angeregt werden. Über die Nervenfasern erhalten sie vom Gehirn oder Rückenmark bioelektrische Signale. Jeder Nervenimpuls löst ein Zusammenziehen, eine Kontraktion der Muskelfasern aus. Durch viele aufeinanderfolgende Signale werden Ketten von Kontraktionen hervorgerufen, und darauf beruht die Arbeitsbewegung des Muskels.

Bisher haben wir hauptsächlich diejenigen Muskeln betrachtet, die mit ihrer Tätigkeit die Bewegungen der Körperteile ausführen. Weil sie mit Sehnen an den Knochen, also Teilen des Skeletts, befestigt sind, heißen sie Skelettmuskulatur.

Auch Bewegungsvorgänge in den inneren Organen, zum Beispiel der Nahrungstransport im Darmkanal, werden durch Muskelzellen hervorgerufen.

Es handelt sich jedoch um eine andere Art von Muskelgewebe mit einer anderen Arbeitsweise. Die Eingeweidemuskulatur arbeitet unabhängig vom Willen.

Wir brauchen also die Bewegungen der inneren Organe nicht bewußt zu steuern. Sie vollziehen sich Tag und Nacht, auch während des Schlafes, ohne daß wir sie fühlen.

Und noch ein Unterschied besteht: Die Muskulatur der inneren Organe ermüdet nicht. Selbst der trainierteste Sportler kann nicht beliebig viele Klimmzüge vollbringen. In den Skelettmuskeln sammeln sich nämlich bei der biochemischen Umsetzung des „Treibstoffs“ Endprodukte an, die bei intensiver Belastung nicht schnell genug abtransportiert oder wegen mangelnder Sauerstoffzufuhr nicht abgebaut werden können. So läßt die Leistung allmählich nach, bis sich der Muskel schließlich überhaupt

nicht mehr zusammenziehen kann. Nach einer Ruhepause ist er bald wieder arbeitsfähig. Die Muskeln der inneren Organe arbeiten dagegen ohne größere Ruhepausen, Tag für Tag – ein ganzes Leben lang.

Knochen – eine hervorragende Stützsubstanz

Jeder Junge, zu dem man sagt: „Zeige einmal, wie stark du bist“, macht eine typische Bewegung: Er winkelt den Arm an und weist auf den Oberarmmuskel, der dabei dick und hart geworden ist. Das Beugen des Armes wird, wie jede Bewegung unserer Körperteile, durch eine Muskel-tätigkeit bewirkt.

An der Bewegung und Körperhaltung ist aber auch unser Knochengerüst beteiligt. Wir können sagen, daß Muskulatur und Skelett im Organismus des Menschen eine Arbeitsgemeinschaft bilden. Die Knochen stützen die Körperteile und sind zugleich die Ansatzstellen für die Muskeln. Diese greifen aber nicht direkt am Knochen an, sondern sind durch zugfeste Sehnen mit ihnen verbunden.

Um die Beweglichkeit der Körperteile zu gewährleisten, sind die meisten Knochen nicht fest miteinander verwachsen, sondern durch Gelenke verbunden. Wir bezeichnen einen Menschen als gelenkig, wenn er seinen Körper besonders schnell und geschickt bewegen kann. Vor allem Kinder und sporttreibende Menschen besitzen solche Eigenschaften. Natürlich hat jeder von uns eine große Anzahl von Gelenken. Wir unterscheiden sie nach ihrer Form und Funktion in Kugelgelenke, Scharniergelenke, Rad- oder Drehgelenke.

Die Kugelgelenke sind am beweglichsten. Am Schultergelenk können wir selbst ausprobieren, daß sich der Arm beinahe nach allen Richtungen bewegen läßt. Man kann die Arbeitsweise dieses Gelenktyps auch folgendermaßen veranschaulichen: Die linke Hand ballen wir zur Faust das ist der Gelenkkopf des Kugelgelenks. Die rechte Hand öffnen wir und legen sie um die Faust herum – das ist die Gelenkpfanne. Nun können wir leicht nachweisen, daß

der Gelenkkopf in der Gelenkpfanne nach allen Seiten drehbar ist.

Scharniergelenke dagegen lassen sich nur in einer Ebene bewegen. Wenn wir unsere Finger an ihren Grundgelenken festhalten und die vorderen Fingerglieder anwinkeln und strecken, dann sehen wir solche Scharniergelenke in Tätigkeit. Das Anwinkeln des Unterarms gegen den Oberarm erfolgt in dem Scharniergelenk des Ellenbogens. Gleich daneben liegt ein Drehgelenk, mit dem wir den Unterarm und die Hand nach rechts und links drehen können.

Unser Skelett besteht aus 222 Knochen. Viele von ihnen waren schon im Altertum bekannt. Davon zeugen einige Namensbezeichnungen: Der erste Halswirbel, der den Kopf trägt, heißt zum Beispiel Atlas.

Woher kommt dieser Name?

Die alten Griechen glaubten, daß sich im Bau des menschlichen Körpers der Aufbau der Welt widerspiegelt. Da nach der griechischen Sage die Erdkugel von einem Riesen namens Atlas auf den Schultern getragen werden soll, benannten sie den ersten Halswirbel nach dieser Sagen-gestalt. Inzwischen haben sich natürlich unsere Kenntnisse vom Bau und von den Funktionen des Skeletts weiter vervollständigt und sind nicht mehr mit mythologischen Deutungen verbunden.

Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte der Physiker Wilhelm Röntgen die nach ihm benannten Röntgenstrahlen. So können wir heute den Bau und die Bewegungen der Knochen sogar am lebenden Körper beobachten, können Verletzungen und Erkrankungen am Skelett von außen erkennen und ihre Heilung kontrollieren. Durch mikroskopische Untersuchungen und chemische Analysen wurde der Feinbau der Knochen genau erforscht.

Mancher wird sagen: „Was gibt es schon Interessantes an einem Knochen zu entdecken?“

Nun – der Bau der Knochen spiegelt zwar nicht den Bau der Welt wider, aber wir wissen, daß die Knochen unseres Körpers nach den gleichen Prinzipien aufgebaut sind, wie sie von den Architekten und Ingenieuren bei der Errichtung von Bauwerken beachtet werden müssen.

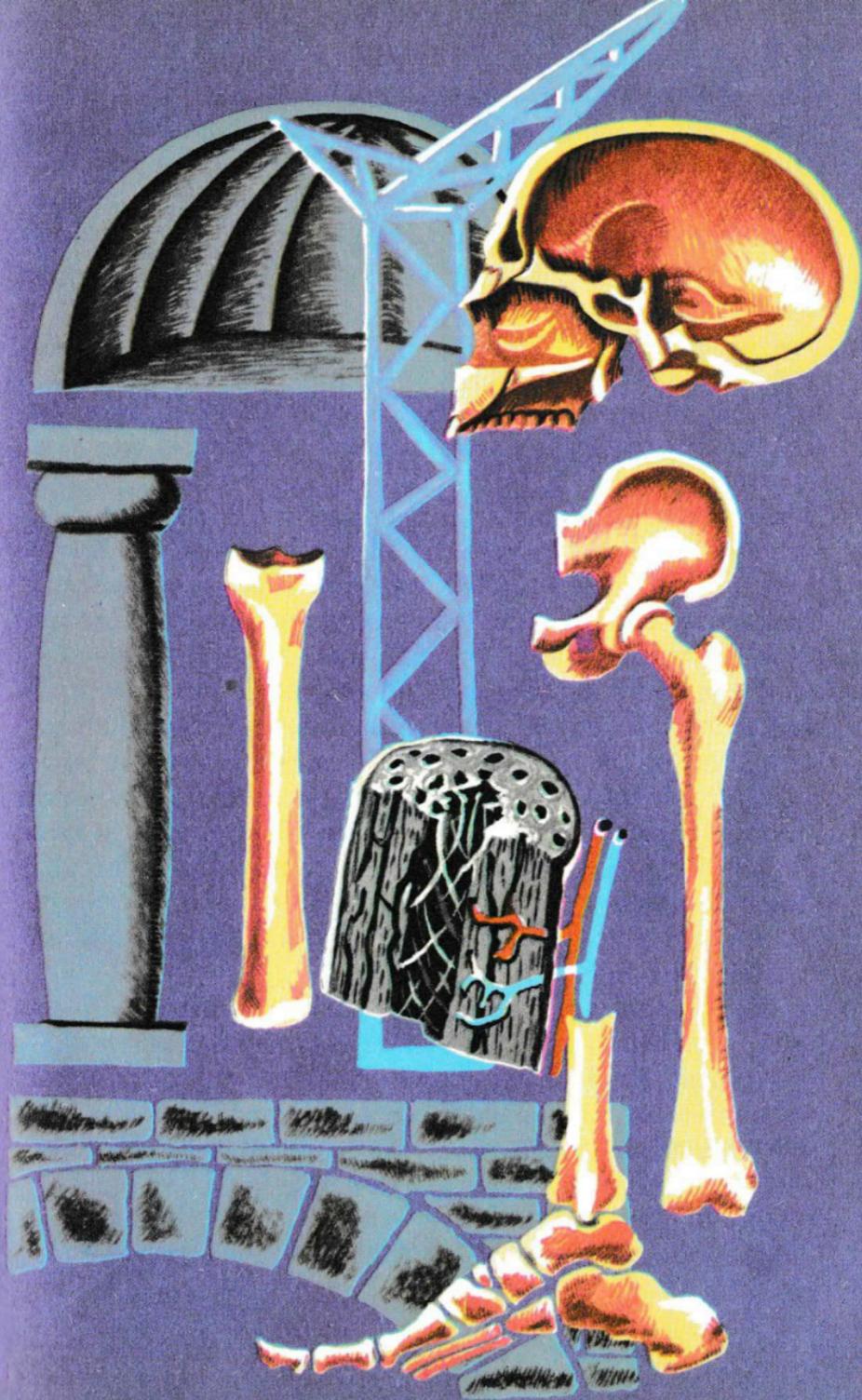
Schon in der äußeren Form kann man die verschiedenen Knochentypen mit Bauelementen vergleichen: Die langen, mit Knochenmark gefüllten Röhrenknochen der Arme und Beine gleichen tragenden Säulen. Die gewölbten Plattenknochen des Schädels ähneln einer Kuppelkonstruktion, und die quaderförmigen Knochen des Fußgewölbes sind ineinandergefügt wie die Steine bei einem Tor oder Brückenbogen. Noch erstaunlicher aber ist die Übereinstimmung in der Feinstruktur der Knochensubstanz.

Im Jahre 1868 machten der Anatom Georg Hermann von Meyer und der Bauingenieur Karl Culmann eine wichtige Entdeckung. Beide waren miteinander befreundet, und der Ingenieur hatte dem Mediziner oft über sein Forschungsgebiet, die statische Graphik, erzählt, die sich mit der Berechnung von Druck- und Zugkräften in tragenden Systemen beschäftigt.

Eines Tages sägte der Anatom einen Oberschenkelknochen längs durch, um die feinen Knochenbälkchen zu studieren, aus denen die Enden der Röhrenknochen aufgebaut sind. Zu seinem Erstaunen erkannte er, daß diese Bälkchen genauso verlaufen, wie sie der Ingenieur für einen Stützpfeiler berechnen würde.

Sein Freund überprüfte diese Entdeckung in einer originellen Weise. Er beauftragte seine Studenten, die von der Sache nichts ahnten, in einen Kran von der Form des

Knochen verschiedener Form stützen unseren Körper ähnlich wie Kuppeln, Säulen, Gewölbe und Verstrebrungen, aber Knochen ist lebendes Gewebe; ernährt durch Blutgefäße



Oberschenkelknochens die Druck- und Zuglinien einzutragen. Die Lösung entsprach der Bälkchenstruktur des Oberschenkelknochens. Wir haben hier wieder ein Beispiel für die zwar erstaunliche, aber durchaus nicht geheimnisvolle oder wundersame Zweckmäßigkeit im Aufbau eines Lebewesens. Beim Wachstum und bei der Entwicklung der Knochen ordnen sich die bälkchenförmigen Bauelemente so an, wie es den auf sie einwirkenden Zug- und Druckkräften am besten entspricht. Wir können daraus eine allgemeine biologische Gesetzmäßigkeit ableiten: Der Bau eines Organs steht in Wechselwirkung zu seiner Funktion.

Neben der porösen oder schwammigen Knochensubstanz mit ihrer Bälkchenstruktur gibt es in unserem Körper noch die kompakte Knochensubstanz. Hieraus besteht zum Beispiel der Mittelteil der Röhrenknochen. Bei mikroskopischer Betrachtung erkennt man, daß diese Knochensubstanz aus feinen Knochensäulen aufgebaut ist. Jede Säule setzt sich wiederum aus mehreren ineinandergeschachtelten Lamellen zusammen. Die Knochensäulen bestehen aus einer sehr harten Grundmasse, in die spiralgig verlaufende Bindegewebsfasern eingelagert sind. Auch hier liegt wieder ein Vergleich mit der Technik nahe: Die kompakte Knochensubstanz ist ähnlich konstruiert wie der Stahlbeton. Im Stahlbeton sind die Eigenschaften von Gestein und Metall kombiniert.

In der kompakten Knochensubstanz vereinen sich der harte, aber spröde Kalk mit einer elastischen, leimartigen Fasermasse. Beide zusammen ergeben die hervorragenden mechanischen Eigenschaften des Knochens, der elastisch wie Eichenholz, zugfest wie Kupfer, biegefest wie Flußstahl und druckfester als Sandstein ist.

Versuche, bei denen man menschliche Knochen in Längsrichtung zusammendrückte, ergaben folgendes: Das

Schlüsselbein zerknickte bei einer Belastung von 192 Kilopond, die Speiche bei 334 Kilopond, der Oberschenkelhals bei 815 Kilopond und das Schienbein erst bei über 1000 Kilopond.

Die Zusammensetzung der Knochensubstanz aus zwei verschiedenen chemischen Bestandteilen läßt sich durch einfache Versuche nachweisen: Glüht man einen Knochen in der Flamme aus, so verbrennt die Leimsubstanz. Am Geruch ist zu erkennen, daß sie aus Eiweiß besteht. Die übrigbleibende Kalkmasse des Knochens zerbröckelt, sie ist spröde und brüchig. Legt man dagegen einen Knochen 24 Stunden lang in verdünnte Salzsäure, so lösen sich die Kalksalze auf, und der Knochen wird biegsam wie Gummi.

Ein Organ mit vielen Funktionen

Schon vor rund 150 Jahren schrieb Christoph Wilhelm Hufeland, ein berühmter Arzt, nach dem die Hufeland-Medaille benannt ist, die zum Tag des Gesundheitswesens an verdienstvolle Ärzte und andere Persönlichkeiten verliehen wird: „Wir müssen unsere Haut nicht nur als einen gleichgültigen Mantel gegen Regen und Sonnenschein betrachten, sondern als eines der wichtigsten Organe unseres Körpers, ohne dessen unaufhörliche Tätigkeit weder Gesundheit noch langes Leben bestehen kann!“

Wer sich und seine Mitmenschen im täglichen Leben aufmerksam beobachtet, wird viele interessante Erscheinungen an der Haut feststellen.

Beim jungen Menschen überzieht die Haut den ganzen Körper als straff gespannter Überzug, der alle Bewegungen geschmeidig mitmacht. Im Alter ist sie nicht mehr so elastisch; sie bekommt Runzeln und Falten.

In der Hautoberfläche jedes Menschen erkennt man beim genauen Hinschauen eine feine Felderung, außerdem viele winzige Poren und eine mehr oder weniger dichte Behaarung.

In der Handfläche und auf den Tastballen unserer Finger bildet die Oberhaut – so heißt die oberste Hautschicht – besondere Muster. Es sind feine Hautleisten, die als Bogen, Schleifen oder Wirbel verlaufen, bei jedem Menschen in einer bestimmten, sich das ganze Leben lang nicht verändernden Anordnung. Unter Millionen gibt es nicht 2 Personen mit genau den gleichen Fingermustern. Man verwendet deshalb seit Beginn unseres Jahrhunderts Fingerabdrücke in der Kriminalistik.

Ist das der gleiche Mann, oder sind es drei verschiedene Personen? Die Fingerabdrücke erbringen den Beweis!



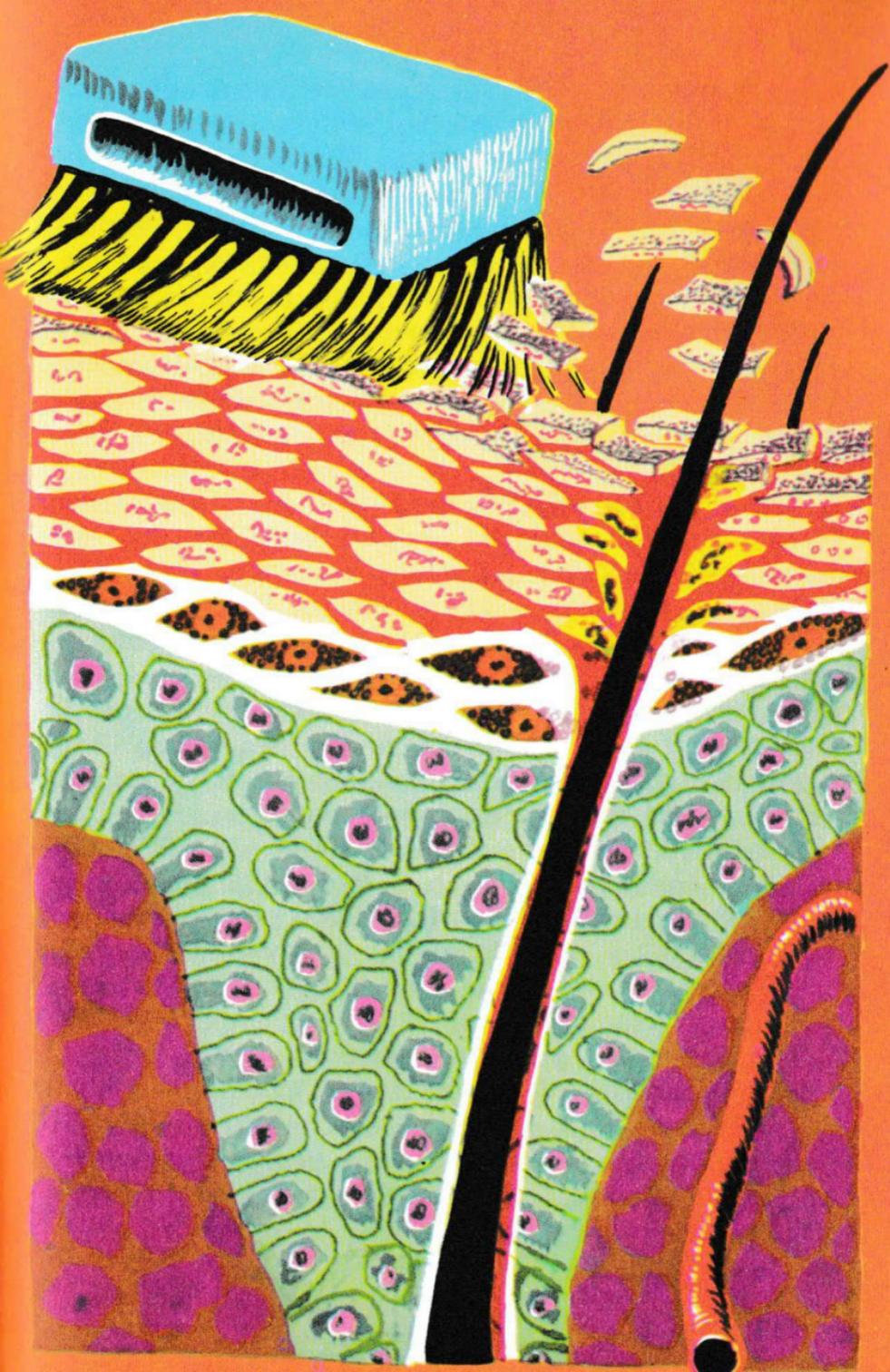
Schon vor über 2000 Jahren muß dieses persönliche Kennzeichen bekannt gewesen sein. In den Ruinen von Ninive, der Hauptstadt des Assyrischen Reiches, wurden Verträge auf Tontafeln gefunden, die anstelle von Unterschriften die Fingerabdrücke der vertragsschließenden Personen tragen.

Wenn man bedenkt, welchen Beanspruchungen unsere Hautoberfläche täglich ausgesetzt ist, müßten sich diese Fingermuster und die gesamte Oberhaut allmählich abnutzen. Jeder harte Gegenstand, den wir anfassen, reibt etwas von der Haut ab. Mehrmals am Tage müssen wir uns waschen, um Schmutz oder andere Stoffe von der Hautoberfläche zu entfernen. Nicht selten benutzen wir dabei eine Bürste, die Tausende von Oberhautzellen abschilfert. Man schätzt die Gesamtmenge der Hornsubstanz, die unsere Haut durch Abnutzung im Laufe des Lebens verliert, auf mehr als 20 Kilogramm – und trotzdem wird sie nicht dünner.

In jeder Minute unseres Lebens bilden sich nämlich in den unteren Abschnitten der Oberhaut, in der Keimschicht, Zehntausende neuer Zellen nach. Sie rücken nach außen und ersetzen die abgestoßenen Zellen. Dabei verändert sich ihre Form, sie werden immer platter und verhornen allmählich. Besonders intensiv ist die Hornbildung an Körperstellen mit starker mechanischer Belastung. Wir können das an den Schwielen auf unseren Hand- und Fußballen oder an den Hühneraugen erkennen.

Die Finger- und Zehennägel bestehen ebenfalls aus Horn. Sie schützen die empfindlichen Enden unserer Gliedmaßen. Da die Nägel wöchentlich um rund 1 Millimeter wachsen, müssen wir sie von Zeit zu Zeit verschneiden,

Die verhornten, toten Zellen der Oberhaut schilfern sich ab und werden von den tiefer liegenden nachgebildet



wenn sie nicht wie beim „Struwelpeter“ bis zu einem halben Meter lang werden sollen. Theoretisch wachsen die Nägel in 80 Lebensjahren etwa 4 Meter.

Auch die Haare sind Hornbildungen der Haut. Bei unseren Vorfahren waren sie ein wichtiger natürlicher Wärmeschutz. Wir haben nur noch ein spärliches Haarkleid. Trotzdem wachsen an unserem Körper täglich Haare mit einer Gesamtlänge von 30 Metern.

Auf dem Kopf tragen wir rund 100 000 Kopfhare, die monatlich etwa 1 Zentimeter wachsen und 5 Jahre alt werden können. Die Augenwimpern erreichen nur ein Alter von 150 Tagen.

Die untersten Zellschichten der Oberhaut enthalten einen Farbstoff, das Hautpigment Melanin. Es schützt die Haut gegen die ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts. Die Völker der tropischen, sonnenreichen Gebiete unserer Erde haben einen höheren Gehalt an Hautpigment und daher eine dunkle Hautfarbe.

Unter der Einwirkung der Sommersonne kommt es auch in unserer Haut zu einer verstärkten Pigmentbildung. Rothaarige und blonde Menschen bräunen meist nicht so gut, sie bekommen leicht einen Sonnenbrand.

Fast jeder von uns hat sich schon einmal eine Blase zugezogen; entweder an der Hand durch den Druck eines harten Werkzeugs oder am Fuß durch einen reibenden Schuh. Auch bei einer Verbrennung können sich solche mit Flüssigkeit oder Blut gefüllten Blasen bilden. Wenn sie sich öffnen, erkennen wir den Schichtenbau der Haut.

Unter der dünnen, weißlichen Oberhaut liegt eine rötlich gefärbte, schmerzempfindliche zweite Schicht, die Lederhaut. Sie besteht aus einem elastischen und zugfesten Gewebe, das bei tierischen Häuten zu Leder verarbeitet wird. Auch die Lederhaut des Menschen ist so dehnbar und widerstandsfähig, daß ein Streifen von 3 Zentimeter

Breite das Gewicht des ganzen Körpers tragen könnte. Außerdem ist die Lederhaut reich an Blutgefäßen, Drüsen und verschiedenen Sinneskörperchen. Sie bewirken die Lebensvorgänge in unserer Haut.

Wer hat nicht schon einmal die unangenehme Erfahrung gemacht, daß ungewaschene Hände Fettflecke auf einem Heft oder Buch hinterlassen.

Woher kommt dieses Fett?

Es wird von den Talgdrüsen in der Lederhaut erzeugt. Sie liegen immer in der Nähe eines Haares und halten mit ihrem Sekret nicht nur die Haare, sondern auch die Hautoberfläche geschmeidig. Diese natürliche Fettkrem schützt unsere Haut zugleich gegen Austrocknung und vor Nässe oder Reizstoffen. Beim Waschen und Baden mit Seife entfernen wir den Fettüberzug; aber schon kurze Zeit später ist er durch die Drüsentätigkeit wieder hergestellt. Nur bei häufigem Umgang mit scharfen, fettlösenden Stoffen oder bei starker Nässe-, Kälte- und Sonneneinwirkung müssen wir etwas nachhelfen und unsere Haut mit Krem oder Hautöl einfetten.

Wer hat nicht schon einen Menschen gesehen, dem durch sommerliche Hitze oder durch körperliche Arbeit warm geworden ist?

Seine Haut ist gerötet; Schweißtropfen treten hervor. Hier erleben wir eine andere wichtige Funktion unserer Haut. Die Temperatur in unserem Körper bleibt im Sommer und Winter, bei Hitze und Kälte immer annähernd gleich.

Wie ist das möglich, und was hat die Haut damit zu tun?

In der Haut, besonders in der Lederhaut, verlaufen viele Blutgefäße – man schätzt ihre Gesamtlänge auf 25 bis 50 Kilometer. Bis zu einem Drittel der gesamten Blutmenge kann hier aufgenommen werden. Die Haut arbeitet wie ein Kühler: Sie gibt ständig Wärme an die Umgebung ab, die sie dem durchströmenden Blut entzieht.

Bei großem Wärmeüberschuß erweitern sich, ausgelöst durch Signale des Nervensystems, die Blutgefäße der Haut. Es fließt jetzt mehr Blut durch sie hindurch – wir erkennen das an der starken Rötung der Haut –, und es wird mehr Wärme abgegeben. Gleichzeitig verstärken die Schweißdrüsen ihre Tätigkeit. Die feuchte Haut hat ein 20fach höheres Wärmeleitvermögen als trockene Haut. Der Schweiß kühlt also auch. Jetzt verstehen wir, warum uns fröstelt, wenn wir nach dem Baden mit nasser Haut und nasser Badekleidung der Luft ausgesetzt sind.

Bei Abkühlung verengen sich die Hautblutgefäße; der Blutdurchfluß und damit die Wärmeabgabe werden gedrosselt. Außerdem wird kein Schweiß mehr abgegeben.

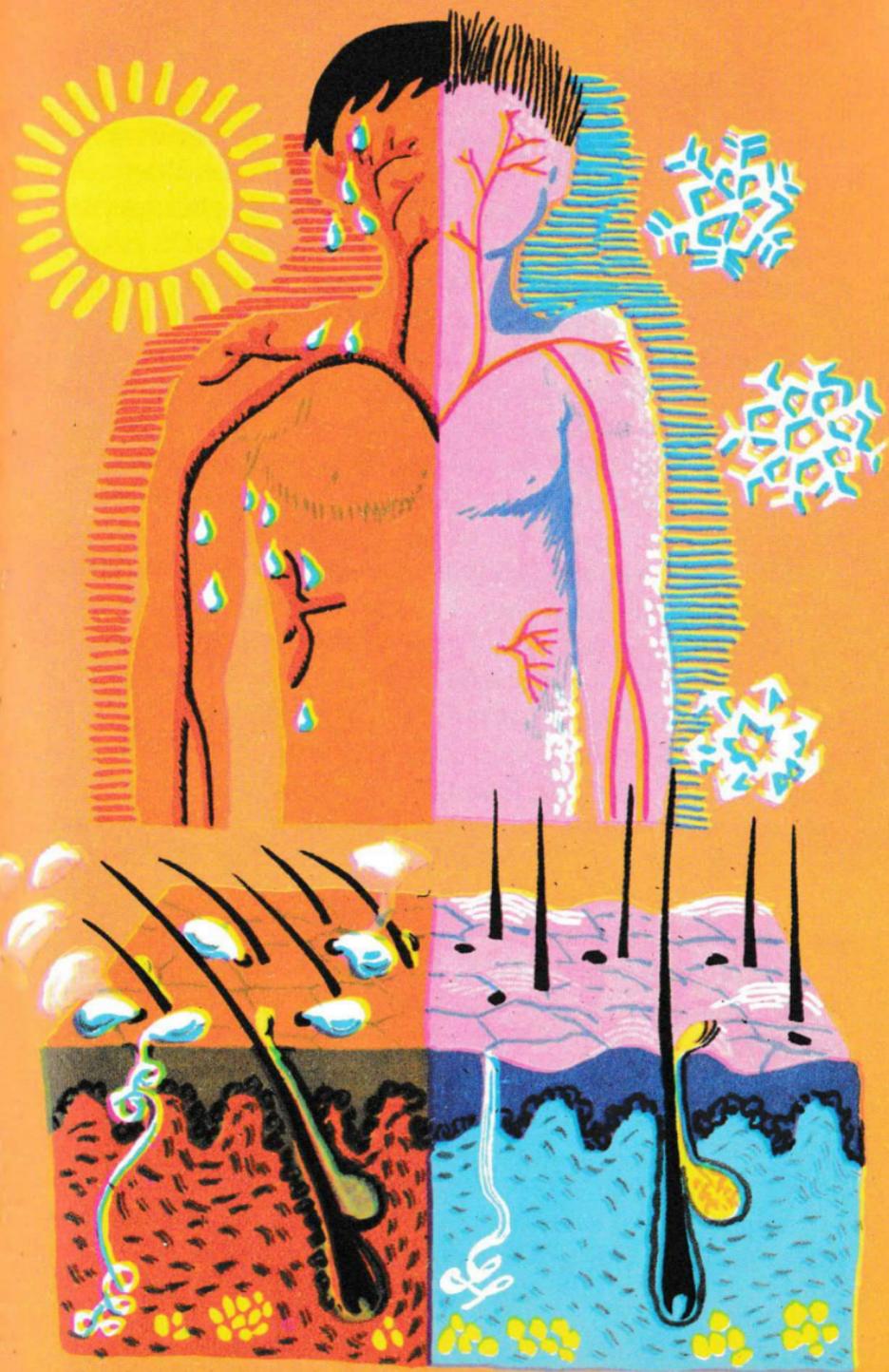
Trotzdem verdunstet ständig Flüssigkeit über unsere Haut. Das läßt sich durch einen Versuch nachweisen: Man steckt die Hand in ein kaltes, trockenes Einweckglas und dichtet die Öffnung durch ein um das Handgelenk gewickeltes Tuch ab. Nach kurzer Zeit ist die Glaswand innen beschlagen.

Der Mensch besitzt rund 2 Millionen Schweißdrüsen, an manchen Körperstellen mehrere Hundert je Quadratzentimeter. Im Durchschnitt geben wir täglich etwa 1 Liter Schweiß ab, bei ungewöhnlichen Anstrengungen und hohen Außentemperaturen können es sogar wesentlich mehr sein; man hat bis zu 20 Liter Schweißabgabe gemessen. Wenn wir viel schwitzen, steigt unser Durst, und wir müssen mehr trinken.

Der Mensch, Pferde, Rinder, Ziegen und Schafe können am ganzen Körper schwitzen. Manche Säuger besitzen

links: die Haut bei Hitze – Blutgefäße geweitet, Schweißabsonderung, Wärmeabgabe erhöht

rechts: die Haut bei Kälte – Blutgefäße verengt, Haare aufgerichtet (Gänsehaut), Wärmeabgabe verringert



nur an bestimmten Körperstellen Schweißdrüsen; Schweine zum Beispiel nur an der Schnauze, Katzen nur an den Sohlenballen. Viele Tiere haben keine Schweißdrüsen. Sie müssen ihren Körper auf andere Weise abkühlen. Der Hund läßt seine Zunge aus dem Maul heraushängen und hechelt. Der Hase regelt seinen Wärmehaushalt mit den Ohren. Er richtet seine „Löffel“ auf und erweitert die Blutgefäße, wenn es ihm zu warm wird. Bei Kälte legt er die Ohren an und verengt die Blutgefäße. Auch der Elefant kann mit seiner dicken Haut die Körpertemperatur nur schlecht regeln. Seine Ohren haben an ihrer Rückseite nur eine dünne Haut mit vielen Blutgefäßen. Wenn der Elefant mit seinen großen Ohren wedelt, kühlt er seinen Körper ab.

Wer einmal ein paar Schweißtropfen ins Auge oder auf die Zunge bekommen hat, wird bemerkt haben, daß diese Flüssigkeit salzig schmeckt und in den Augen brennt. Sie enthält nämlich verschiedene Stoffe, die als Abfallprodukte beim Stoffwechsel entstanden sind. Die Schweißdrüsen unserer Haut unterstützen also auch die Ausscheidungsorgane unseres Körpers. Schweiß ist ähnlich zusammengesetzt wie der von den Nieren erzeugte Harn. Die Ausscheidung von Schlackenstoffen über die Haut machen wir uns zunutze, wenn wir uns bei Erkältungskrankheiten in Tücher wickeln und tüchtig schwitzen. Die Haut grenzt aber nicht nur den Körper gegen seine Umgebung ab, sondern sie verbindet ihn auch mit der Umwelt.

Wir können uns notfalls mit geschlossenen Augen durch unseren Tastsinn zurechtfinden, und Blinde „lesen“ mit seiner Hilfe sogar eine besondere Blindenschrift. Die Druck- und Tastkörperchen gehören zu den zahlreichen Einrichtungen in unserer Haut, durch die wir Signale oder Reize der Umwelt aufnehmen können.

Es ist kaum vorstellbar, daß 1 Quadratcentimeter Haut rund 3 Millionen Zellen besitzt, etwa 15 Talgdrüsen, 100 Schweißdrüsen, 1 Meter Blutgefäße, 4 Meter Nervenfasern und 25 Druckkörperchen, 200 Schmerzpunkte, 2 Wärme- und 13 Kältepunkte. Unsere Haut mit ihren Sinneskörperchen für die Wärme-, Kälte- und Schmerzempfindung ist also auch noch ein Warnorgan, das uns vor vielen Gefahren des täglichen Lebens bewahrt.

Unter der Lederhaut liegt das Unterhautfettgewebe. Es ist ein System von fettgefüllten Kammern, dazwischen liegen elastische Fasern. Das Fettgewebe ist ein mit hochwertigem „Brennstoff“ angefüllter Energiespeicher. Außerdem dient es als Wärmeschutz, denn Fett leitet Wärme schlecht. Deshalb haben die Säugetiere, die in Polargebieten leben, eine besonders dicke Speckschicht unter der Haut. Das Fettgewebe eignet sich auch hervorragend als Stoßdämpfer und elastisches Füllmaterial. Wir sitzen auf Fettpolstern, wir laufen auf Fettpolstern, und viele empfindliche innere Organe sind in Fett eingepackt.

Chemische Botenstoffe steuern Lebensvorgänge

Der Kehlkopf ist das Organ unserer Stimme und des Gesangs. Er enthält 2 elastische Hautfalten, die Stimmbänder. Wenn die Luft an ihnen vorbeistreicht, geraten sie in Schwingungen und erzeugen Töne, wie die Saiten eines Musikinstruments. Aber nicht davon soll hier die Rede sein, sondern von einem anderen Organ, das sich wie ein kleiner Lappen um den Kehlkopf herumlegt: Es ist die Schilddrüse. Ihren Namen hat sie nach dem Schildknorpel erhalten. So heißt der Vorderteil unseres Kehlkopfs, den wir am Hals durch die Haut hindurch deutlich spüren. Beim Mann ist er stärker ausgeprägt, deshalb nennt man ihn im Volksmund Adamsapfel.

Wir müssen den Hals sehr sorgfältig abtasten, um die Schilddrüse zu fühlen. Bei manchen Menschen ist sie krankhaft vergrößert; man nennt das Kropf. In verschiedenen Gebirgsgegenden trat diese Krankheit früher ziemlich häufig auf. Unter den Kropfkranken waren auch immer einige besonders bedauernswert: Sie waren körperlich und geistig nicht richtig entwickelt.

Lange Zeit hindurch konnte man diesen Menschen überhaupt nicht helfen. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wagten Chirurgen, das kranke Organ zu operieren. Aber obwohl den geschickten Ärzten die Operation glückte, brachte sie keine Heilung. Im Gegenteil, einige Patienten starben danach; Kinder blieben erst recht in ihrer Entwicklung zurück.

Die Mediziner standen vor einem Rätsel. Man führte Experimente an Tieren durch. Der Physiologe Moritz Schiff entfernte die Schilddrüse bei Hunden – sie wurden träge und stumpfsinnig oder starben sogar. Eine genaue Erklärung konnte der Wissenschaftler zwar noch nicht geben, aber er stellte eine richtige Vermutung an: Die

Schilddrüse mußte einen Stoff erzeugen, ohne den der Organismus nicht auskommen kann.

Bald darauf entdeckte der Chemiker Eugen Baumann im Schilddrüsengewebe eine jodhaltige Substanz – war das vielleicht der lebenswichtige Stoff?

Heute wissen wir, daß die Schilddrüse einen Wirkstoff erzeugt, den sie direkt in die Blutbahn abgibt. Es ist täglich weniger als $\frac{1}{1000}$ Gramm; aber diese winzige Menge ist von allergrößter Bedeutung. Etwas zuviel oder etwas zu wenig davon – und unser ganzer Körper gerät in Unordnung. Der Schilddrüsenwirkstoff steuert nämlich den Stoff- und Energieumsatz in den Zellen. Im heranwachsenden Organismus beeinflusst er zugleich die körperliche und geistige Entwicklung.

Das läßt sich durch Tierversuche nachweisen: Aus den Eiern der Frösche schlüpfen bekanntlich erst Larven, die Kaulquappen. Wenn man bei ihnen die Schilddrüse entfernt, entwickeln sie sich nicht mehr zum Frosch weiter. Umgekehrt läßt sich die Verwandlung beschleunigen, wenn man die Kaulquappen mit Schilddrüsensubstanz füttert. Und noch ein anderes Beispiel: In Aquarien wird der Axolotl, ein aus Mexiko stammender Molch, gehalten. Dieses Tier bleibt normalerweise zeitlebens auf dem Larvenstadium stehen. Wir erkennen das an der Atmung durch Kiemen. Durch Behandlung mit Schilddrüsenwirkstoff kann man ihn künstlich zum lungenatmenden Landtier weiterentwickeln.

Wir wissen jetzt also, warum Kinder mit zu geringer Schilddrüsentätigkeit körperlich und geistig zurückbleiben und warum die Menschen sterben mußten, bei denen seinerzeit mit dem Kropf die Schilddrüse entfernt worden war.

Auch heute noch müssen Schilddrüsenkranke operiert werden, aber es wird nicht mehr das ganze Organ herausgenommen. Die meisten Fälle von Schilddrüsenstörungen

lassen sich durch Medikamente oder durch Behandlung mit dem Wirkstoff heilen.

Man weiß heute auch, warum in manchen Gegenden so viele Menschen an Kropf leiden. Dort ist im Trinkwasser nicht genügend Jod vorhanden. Die Schilddrüse braucht aber Jod für die Bildung ihres Wirkstoffs – wenn auch nur in geringen Spuren. Man fügt deshalb in diesen Orten dem Wasser etwas Jod bei oder verwendet jodhaltiges Speisesalz zum Kochen.

„Für Diabetiker“ steht über manchen Regalen in Lebensmittelverkaufsstellen oder Reformhäusern. Was sind das für Leute, und warum gibt es für sie besondere Nahrungsmittel?

Diabetiker ist die medizinische Bezeichnung für Zuckerkrankte. Leider ist diese Krankheit gar nicht so selten; auf 100 Menschen kommen gegenwärtig etwa 2 Zuckerkrankte. Die Zuckerkrankheit oder Diabetes muß schon im Altertum verbreitet und bekannt gewesen sein.

Wie der Name besagt, ist bei dieser Krankheit der Zuckerkreislauf des Körpers gestört. Der Arzt erkennt das unter anderem daran, daß Zucker im Harn des Kranken ausgeschieden wird. In früheren Zeiten soll man den Finger in den Harn getaucht und gekostet haben. Heute gibt es exaktere und hygienische Methoden, um den Zucker nachzuweisen.

So wurde ein Testpapierstreifen entwickelt, der sich beim Eintauchen in die Harnflüssigkeit verfärbt, wenn Zucker darin enthalten ist.

Man hielt die Zuckerkrankheit zunächst für eine Nieren- oder Blutkrankheit. Erst Ende des vorigen Jahrhunderts konnte durch Versuche an Hunden nachgewiesen werden, daß sie in der Regel eine ganz andere Ursache hat. Entfernt man bei den Versuchstieren die Bauchspeicheldrüse,

so treten sofort Störungen auf: Der Zuckergehalt des Blutes steigt an, und über den Urin wird Zucker ausgeschieden.

Wir haben von der Bauchspeicheldrüse schon an einer anderen Stelle gehört: Sie sendet Verdauungssekrete über einen kleinen Ausführungskanal in den Darm. Genauere Untersuchungen ergaben nun, daß die Bauchspeicheldrüse zwei verschiedene Arten von Drüsenzellen enthält. Zwischen den Bildungsstätten für die Verdauungssäfte liegen Zellinseln, die nicht mit dem Ausführungskanal verbunden sind. Sie erzeugen einen biochemischen Wirkstoff, der nach innen, in die Blutbahn, abgegeben wird.

Die Abgabe von Drüsensekreten direkt in das Blut bezeichnet man als innere Sekretion; die Wirkstoffe heißen Hormone. Da das Hormon der Bauchspeicheldrüse in den Zellinseln gebildet wird, erhielt es den Namen Insulin. Übrigens ist auch die Schilddrüse eine Drüse mit innerer Sekretion; ihr jodhaltiger Wirkstoff also ein Hormon.

Jedes Hormon hat seine spezielle Aufgabe. Durch das Insulin gelangt der Traubenzucker aus dem Blut in die Zellen, wird dort verbrannt oder in Fett umgesetzt. Außerdem sorgt es für die Umwandlung von Zucker in den Speicherstoff Glykogen.

Der normale Zuckerspiegel unseres Blutes beträgt nur 1 Gramm pro Liter. Es ist deshalb übertrieben, wenn man sagt: Die Mücken stechen den Menschen, weil er süßes Blut hat. Unser Blut schmeckt eher salzig als süß, und die Mücken werden vor allem durch die Körperwärme angelockt.

Was passiert nun, wenn die Bauchspeicheldrüse nicht mehr genügend Insulin produziert?

Der Zuckergehalt unseres Blutes steigt unnormale an. Die Niere kann den Überschuß nicht mehr zurückhalten, und so tritt Zucker im Harn auf. Außerdem werden noch andere biochemische Prozesse im Körper gestört, auf die wir hier

nicht weiter eingehen wollen. In schweren Fällen können diese Störungen lebensgefährlich werden. Früher sind viele Menschen an der Zuckerkrankheit gestorben.

Deshalb war es ein bedeutendes Ereignis in der Geschichte der Medizin, als es den beiden kanadischen Wissenschaftlern Frederick Grant Banting und Charles Best im Jahre 1921 gelang, aus den Bauchspeicheldrüsen von geschlachteten Tieren das Insulin zu gewinnen. Nun konnte den Zuckerkranken geholfen werden. Die Insulinspritze wurde für viele von ihnen zur Lebensrettung.

Bei der Behandlung der Zuckerkrankheit spielt auch die richtige Ernährung eine wichtige Rolle. Zuckerkrankte müssen eine Diät beachten – deshalb gibt es für sie die vorhin erwähnten besonderen Nahrungsmittel.

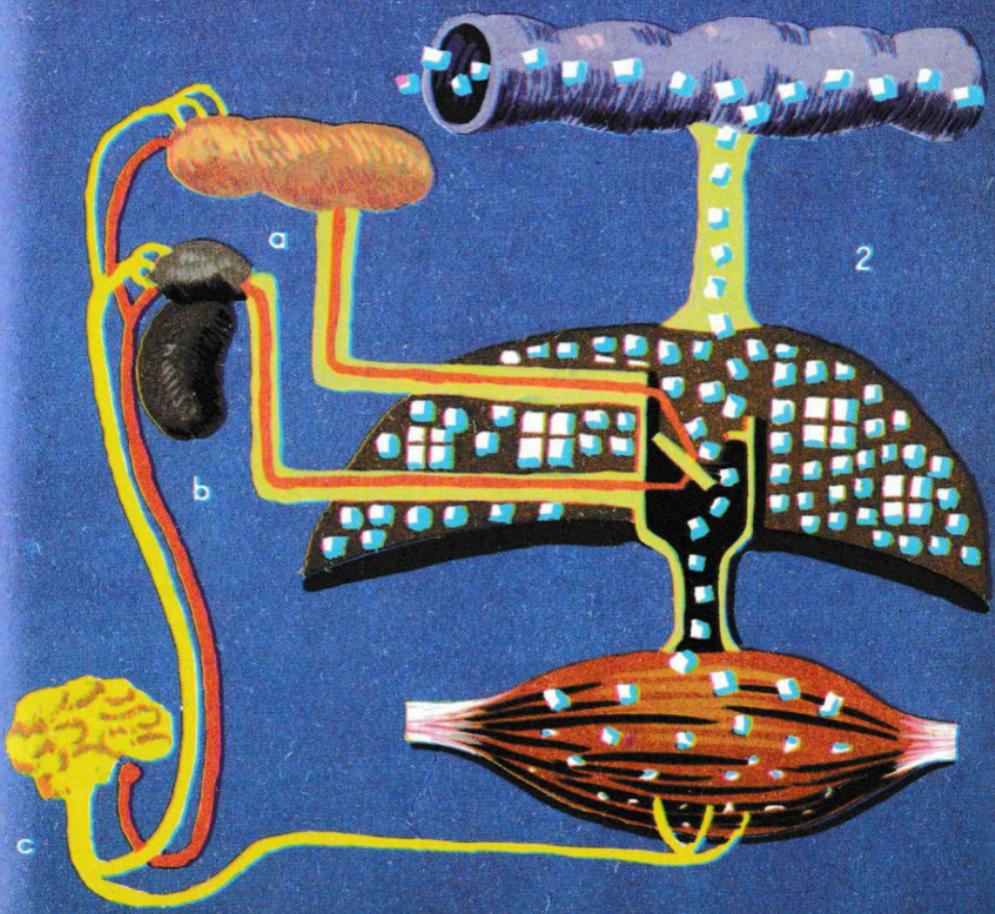
Insulin ist nicht das einzige Hormon, welches unseren Zuckerhaushalt beeinflusst. Es hat noch einen Gegenspieler. Das läßt sich leicht erklären: Wenn der Blutzuckerspiegel ansteigt, sorgt das Insulin dafür, daß der Zucker abgebaut oder umgewandelt wird.

Was geschieht aber, wenn unser Körper durch große Arbeitsleistung der Zellen viel Zucker verbraucht, der Blutzuckerspiegel unter seine Norm absinkt?

In dieser Situation greifen andere Hormone ein. Sie mobilisieren die Zuckerreserven, zum Beispiel den Glykogenvorrat in der Leber. Solche Hormone zur Erhöhung des Blutzuckerspiegels kommen unter anderem aus den Nebennieren, die wir deshalb ebenfalls zu den Drüsen mit innerer Sekretion zählen.

Die Nebennieren sitzen wie kleine Käppchen auf dem

- 1 Kohlenhydrate der Nahrung liefern Energie für die Muskelarbeit.
- 2 Bauchspeicheldrüse (a) und Nebenniere (b) regeln den Zuckerttransport vom Darm über die Leber in die Muskeln, die Leitzentrale ist das Gehirn (c)



oberen Ende der Nieren. Sie wiegen nicht einmal 10 Gramm, und doch produzieren sie mehrere Wirkstoffe. Einige davon werden heute schon synthetisch hergestellt, so daß man sie als Medikamente einsetzen kann. Das ist sehr bedeutsam, denn die Nebenniere steuert viele lebenswichtige Körpervorgänge, wie den Wasser- und Salzhaushalt und andere Stoffwechselprozesse. Im Jahre 1901 wurde als erstes Hormon in den Nebennieren das Adrenalin gefunden.

Wenn ein Mensch in eine gefährliche oder schwierige Situation kommt, dann schüttet die Nebenniere sofort Adrenalin aus. Über die Blutbahn gelangt diese chemische Nachricht in alle Körperteile und versetzt den Organismus in einen Alarmzustand: Unser Herz schlägt rascher, die Blutzufuhr zu den Muskeln wird erhöht, die Leber schickt gespeicherten Zucker ins Blut, in den Zellen erhöht sich die Verbrennung und damit die Energieerzeugung – kurz, unser ganzer Körper wird aktiviert.

Die höheren Tiere bilden übrigens die gleichen Hormone wie die Menschen. Jeder kennt das Bild einer Katze, die durch einen Hund erschreckt wird: Sie faucht, sträubt ihr Fell und geht in Abwehr- oder Angriffsstellung. Auch hierbei spielt das Adrenalin eine wichtige Rolle.

Die kleinste und wichtigste Drüse mit innerer Sekretion ist die Hirnanhangdrüse oder Hypophyse. Wie schon ihr Name besagt, ist sie ein Anhängsel an der Unterseite des Gehirns. Dieses winzige Organ, kaum so groß wie eine Bohne und mit einem Gewicht von weniger als einem Gramm, wird oft als die „Chefdrüse“ des Körpers bezeichnet. Die Hormone der Hypophyse steuern die Tätigkeit aller anderen Drüsen des Hormonsystems. Schilddrüse, Inselzellen der Bauchspeicheldrüse, Nebennieren, Keimdrüsen – sie alle „stehen unter der Leitung“ dieser kleinen chemi-

schen Zentrale. Wenn ihre Produktion gestört ist, kann es zu Riesenwuchs oder Zwergwuchs kommen.

Die Hypophyse ist zugleich ein wichtiger Knotenpunkt in unserem Körper. Hier treffen sich die beiden Steuer- und Regeleinrichtungen des Organismus: das Hormonsystem und das Nervensystem.

Das erstaunliche am Hormonsystem ist, daß geringste Mengen der Botenstoffe ausreichen, um große Wirkungen auszulösen. Deshalb war es auch in den ersten Jahren der Hormonforschung sehr schwierig, diese Stoffe zu gewinnen.

Man brauchte zum Beispiel für die chemische Analyse des männlichen Geschlechtshormons die Keimdrüsen von einigen Hundert Stieren. Von einem anderen männlichen Hormon wurden aus 25000 Litern Harn 15 Milligramm Wirkstoff isoliert.

Als im Jahre 1930 die weiblichen Geschlechtshormone zum ersten Male analysiert wurden, verbrauchten die Chemiker 4 Tonnen Keimdrüsen von Schweinen für eine Ausbeute von ein paar tausendstel Gramm!

Nachrichtenübermittlung durch bioelektrische Signale

Die Nachrichtenübermittlung durch chemische Botenstoffe kommt bei Mensch und Tier vor. Sie ist wahrscheinlich eine sehr alte Art der Signalübertragung in der Geschichte der Lebewesen. Hormone treten schon bei niederen Tieren auf, die noch kein Nervensystem haben. Damit haben wir bereits verraten, daß es in unserem Organismus noch ein weiteres Nachrichten- und Steuersystem gibt.

Warum ist das notwendig?

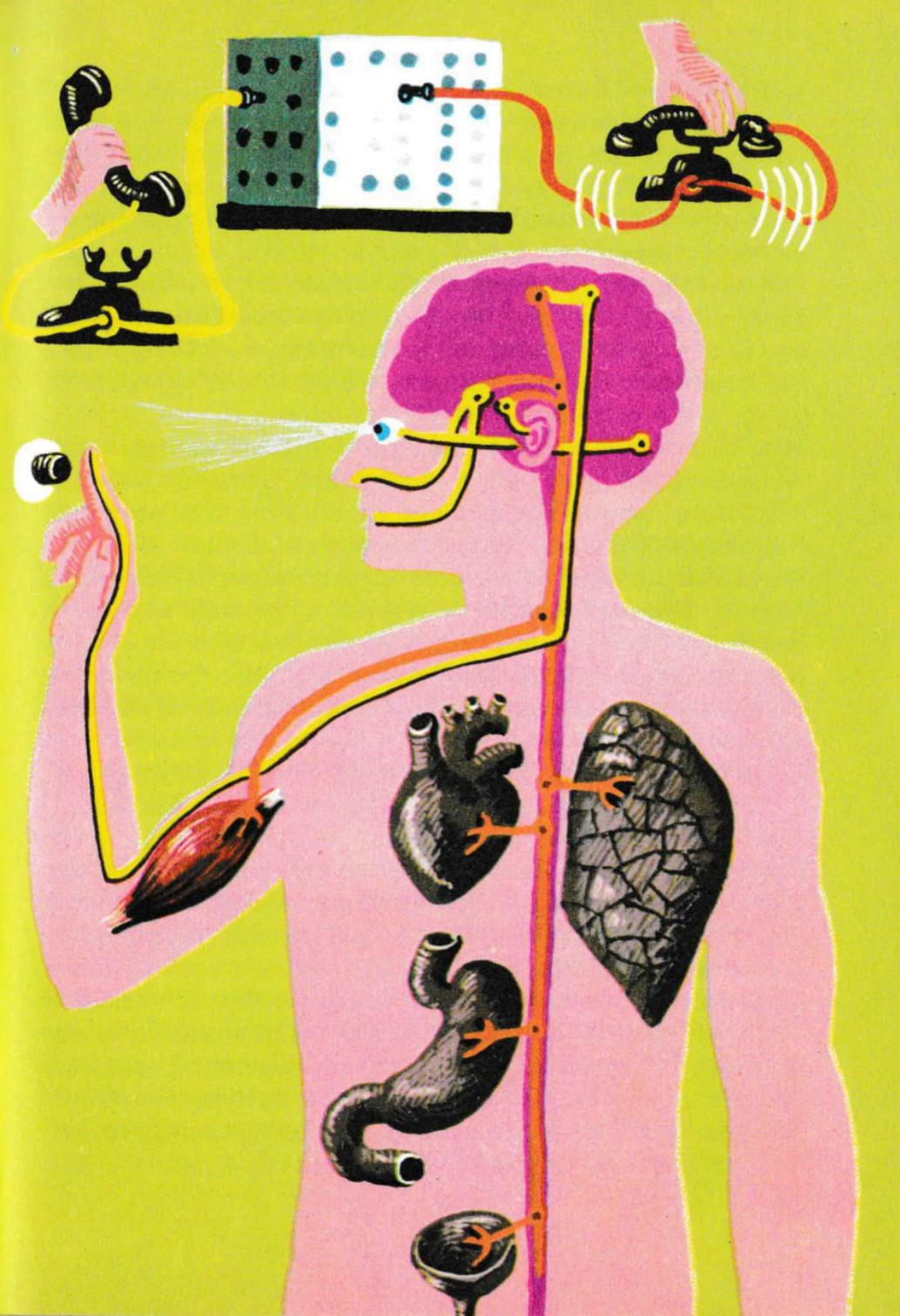
Die meisten Hormone bewegen sich in unserem Körper wie Rundschreiben in einem Betrieb. Sie durchlaufen das gesamte Netz unseres Blutkreislaufs, bis sie zu denjenigen Zellen gelangen, für die ihre Botschaft bestimmt war.

Für viele Situationen ist diese Nachrichtenübermittlung einfach zu langsam. Blitzschnell ziehen wir unsere Hand zurück, wenn sie einen heißen Gegenstand berührt. Der Autofahrer tritt geistesgegenwärtig auf die Bremse, wenn vor seinem Fahrzeug ein Kind unaufmerksam über die Straße läuft. Ein greller Lichtstrahl trifft unsere Augen – sofort verengt sich die Pupille, wir kneifen die Augenlider zusammen oder halten schützend die Hände vors Gesicht. Alle diese Vorgänge vollziehen sich in Bruchteilen von Sekunden, obwohl die daran beteiligten Organe oft weit voneinander entfernt liegen.

Wie ist das möglich?

In einem großen Betrieb, in einem Hochhaus oder einem Verwaltungsgebäude werden zwar auch Rundschreiben an die einzelnen Abteilungen versandt, dringende Anwei-

Das Nervensystem als Verbindungs- und Nachrichtenorgan: gelbe Linien: Leitungsbahnen von den Sinnesorganen zur Hirnzentrale, rote Linien: Leitungsbahnen vom Gehirn zu den Muskeln und inneren Organen



sungen jedoch übermittelt man schneller und direkter über das Telefon, das heißt über ein Netz von Kabeln mit Hilfe des elektrischen Stromes. Im menschlichen Körper gibt es ein ähnliches System der Nachrichtenübermittlung – aber unendlich komplizierter und leistungsfähiger: unser Nervensystem.

Leitzentrale des Nervensystems ist das Gehirn. Hier laufen die Meldungen aus der Umwelt und aus dem Körperinneren ein. Und von hier gehen die Signale aus, welche die Körpervorgänge steuern: Atmung, Kreislauf, Muskelbewegung, Drüsentätigkeit und alles andere.

Alle Wirbeltiere haben eine solche Leitzentrale in ihrem Nervensystem. Das Gehirn einer Maus wiegt 0,5 Gramm, das Gehirn eines Hundes etwa 100 Gramm und das eines Pferdes 500 Gramm. Das menschliche Gehirn dagegen wiegt im Durchschnitt bei einem Erwachsenen 1375 Gramm. Nun ist bekanntlich eine Maus viel kleiner als ein Pferd, das Pferd aber wiederum größer als der Mensch. Wenn wir also einen echten Größenvergleich der Gehirne anstellen wollen, müssen wir die Gehirnmasse im Verhältnis zur Körpermasse betrachten:

Beim Pferd beträgt das Verhältnis 1:900, beim Hund 1:250, beim Menschenaffen 1:185 und beim Menschen 1:45.

Der Mensch hat also, im Verhältnis zur Körpermasse, das weitaus größte Gehirn. Wir erkennen hieran, daß er das am höchsten entwickelte und das intelligenteste Lebewesen auf der Erde ist.

Unser Gehirn besteht aus mehreren Teilen: Unmittelbar an das Rückenmark schließt der Hirnstamm an. Er ist der kleinste Gehirnabschnitt. An seiner Rückseite liegt das Kleinhirn, mit etwa 150 Gramm der zweitgrößte Gehirnteil. Darüber wölbt sich der vordere und weitaus größte Teil unseres Gehirns, das Großhirn.

Es ist durch eine Längsspalte in zwei Hälften gegliedert und weist außerdem an seiner gesamten Oberfläche viele Falten und Windungen auf.

Die Wissenschaftler untersuchen die Funktionen der einzelnen Gehirnabschnitte mit verschiedenen Methoden: Erkrankungen und Verletzungen des Gehirns sind immer mit dem Ausfall oder der Störung bestimmter Lebensabläufe verbunden.

Bei Versuchstieren kann man das auch künstlich durch Zerstörung oder Lähmung von Gehirnabschnitten hervorrufen.

Eine weitere Möglichkeit der experimentellen Untersuchung besteht darin, daß man feine Elektroden in Gehirngebiete einführt und diese dann durch Stromstöße reizt. Durch Ableitelektroden lassen sich auch von außen die elektrischen Ströme auffangen, welche im Gehirn bei einer Sinneswahrnehmung, einer Muskelbewegung oder einer anderen Körpertätigkeit auftreten. Sie werden durch empfindliche Registriergeräte aufgezeichnet. Aus der Art und Stärke der elektrischen Signale und den Reaktionen des Versuchsobjektes können die Wissenschaftler wichtige Erkenntnisse über die Nerventätigkeit bei Tier und Mensch gewinnen.

Durch diese Untersuchungen wissen wir, daß vom Hirnstamm vor allem die grundlegenden Lebensfunktionen gesteuert werden, wie Atmung, Blutkreislauf und verschiedene andere Stoffwechselprozesse. Außerdem liegen hier Schaltzentren für zahlreiche Tätigkeiten, die wir von Geburt an unbewußt ausüben, ohne sie erlernen zu müssen. Man nennt sie unbedingte Reflexe. Hierzu gehören das Saugen, Schlucken, Husten, Niesen, die Absonderung von Speichel und vieles andere.

Unser Kleinhirn dient zur Feinabstimmung der Bewegungen und zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts. Das

ist eine sehr wichtige Aufgabe, wenn man bedenkt, daß der Mensch Bewegungen ausführt, an denen bis zu 45 verschiedene Muskeln beteiligt sind. Ohne die Kontroll- und Steuerfunktion des Kleinhirns würden wir schon beim Anheben eines Beines umfallen und könnten niemals radfahren oder Klavier spielen.

Im Großhirn befinden sich die Zentren, welche die Meldungen von den Sinnesorganen verarbeiten: das Sehzentrum, das Hörzentrum, die Zentren für den Geruchs- und Geschmackssinn und für die Empfindungen, die uns die Haut vermittelt – Fühlen, Tasten, Kälte, Wärme und Schmerz. Ein größeres Feld unserer Großhirnrinde enthält die Steuerzentren für alle willkürlichen, also bewußt ausgeführten Bewegungen des Körpers.

Bei der Untersuchung dieser Hirnregion haben die Mediziner einige erstaunliche Feststellungen gemacht: Die Lage und Größe der einzelnen Steuerzentren stimmt nicht mit den entsprechenden Körperteilen überein. Zunächst einmal liegen die Steuerzentren für die linke Körperhälfte in der rechten Großhirnhemisphäre und umgekehrt. Außerdem stehen die Zentren kopf, das heißt, die Gehirnzellen für die unteren Körperpartien liegen oben, die für die oberen Körperregionen weiter unten. Das hängt damit zusammen, daß sich die Nervenbahnen kreuzen, bevor sie das Gehirn verlassen.

Am seltsamsten müssen uns aber die Größenverhältnisse erscheinen. Wenn man in den Rindenfeldern für die Muskelbewegungen die betreffenden Körperteile im gleichen Größenmaßstab zeichnet, dann entsteht eine menschliche Figur mit ganz verzerrten Formen. Die Hand ist zum Beispiel viel größer als der Rumpf und die Beine.

Wie läßt sich das erklären?

Die Bewegungen unserer Hand, dieses so geschickten Arbeitsorgans, erfordern eine viel kompliziertere Steuerung

als andere Körperteile. Auch die Zunge, die sehr vielfältige Aufgaben erfüllen muß – sie ist ja an der Sprache beteiligt –, braucht ein sehr großes Steuerzentrum.

An das Gehirn schließt sich das Rückenmark an. Mit einem Durchmesser von 10 bis 14 Millimeter ist es das „Hauptkabel“ der Nervenleitungen unseres Körpers. Es enthält aber auch Schaltzentren, so daß nicht alle Befehle vom Gehirn ausgehen müssen. Wenn der Arzt die Reaktionsfähigkeit unseres Nervensystems überprüfen will, läßt er uns ein Bein locker über das andere legen. Dann schlägt er mit der Handkante oder mit einem kleinen Gummihammer auf eine Sehne unterhalb der Kniescheibe. Bevor uns das richtig bewußt wird, schnellt der Unterschenkel etwas nach vorn.

Nehmen wir noch ein anderes Beispiel: Wir treten in ein Loch oder auf eine Unebenheit im Boden. Das Bein knickt in seinen Gelenken ein, und wir kommen ins Stolpern. Noch ehe wir das richtig wahrgenommen haben, erfolgen schon ganz unbewußt die entsprechenden Gegenbewegungen und verhindern so, daß wir hinfallen.

In beiden Fällen werden die Nervensignale schon im Rückenmark umgeschaltet – und so reagiert unser Körper besonders schnell.

Um die Arbeitsweise des Nervensystems zu verstehen, müssen wir auch etwas über seinen mikroskopischen Bau wissen. Wie alle Organsysteme ist es aus Zellen aufgebaut. Die Nervenzellen sind verhältnismäßig groß und haben außerdem noch einen oder mehrere Fortsätze, die einen Meter lang werden können.

Jede Nervenzelle mit ihren Fortsätzen – man nennt dieses Gebilde ein Neuron – ist mit einem winzigen elektronischen Bauelement vergleichbar. Der Zellkörper kann als Signal-

empfänger, Speicher, Verstärker, Schaltrelais oder Sender dienen. Die langen Fortsätze, sie heißen Nervenfasern oder Neuriten, leiten die Signale. Allein das Großhirn, die Leitzentrale unseres Nervensystems, enthält 10 bis 14 Milliarden solcher Bauelemente. Die Gesamtlänge ihrer Fasern wird auf fast 500 000 Kilometer geschätzt.

So wie die Nervenzellen meist in größeren oder kleineren Zentren konzentriert sind, verlaufen auch die Nervenfasern zu Bündeln vereinigt. Das sind die Nerven, die als Stränge verschiedener Stärke unseren Körper durchziehen.

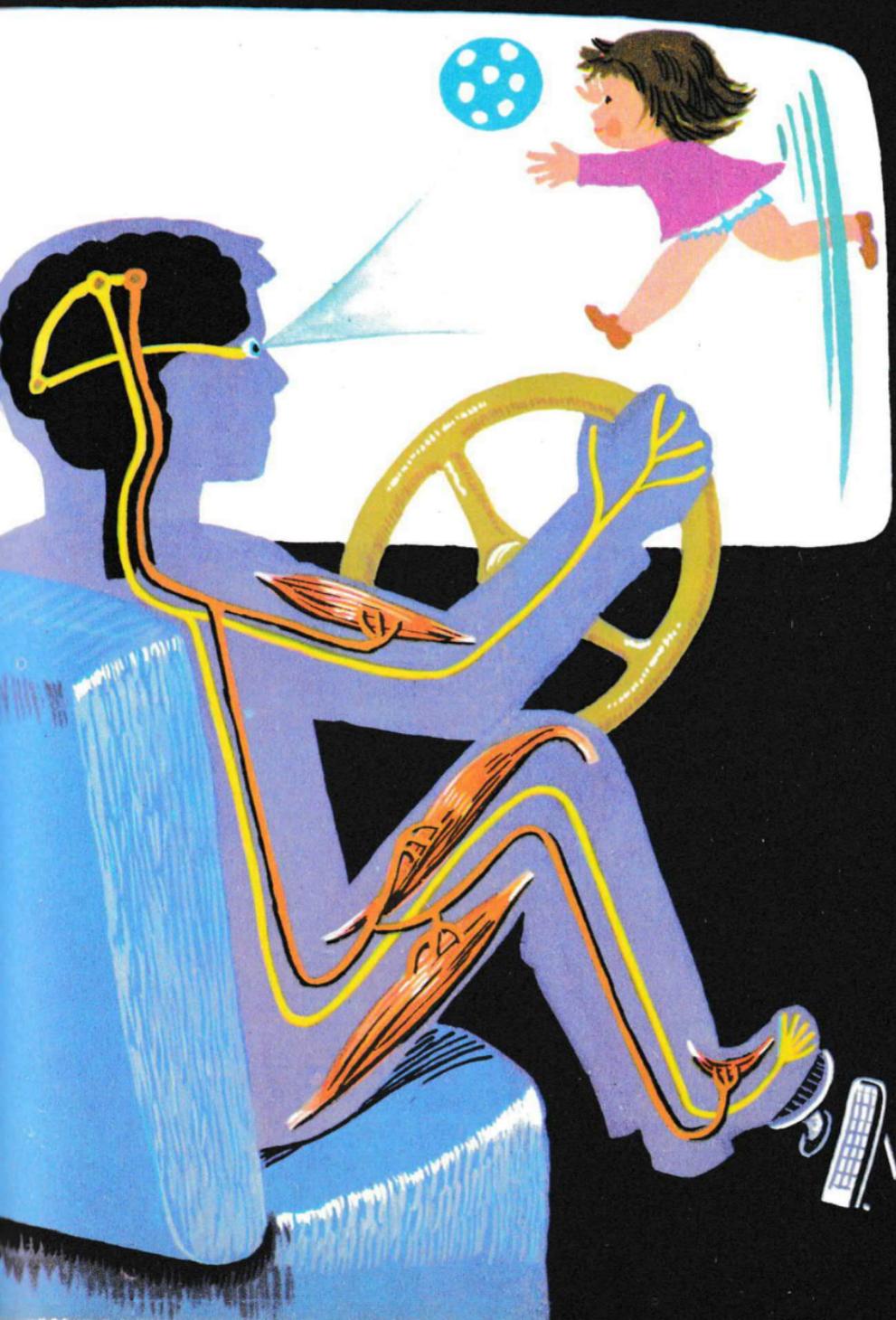
Während man über eine Telefonleitung in beiden Richtungen Nachrichten übermitteln kann, sind die Nervenbahnen des menschlichen Organismus spezialisiert.

Die einen leiten Signale zur Zentrale hin. Weil sie immer von Sinnesorganen ausgehen, heißen sie sensible Bahnen (das lateinische Wort *sensus* bedeutet Sinn). Die anderen übermitteln Befehle von der Zentrale an die ausführenden Organe. Weil dadurch im Körper etwas in Bewegung gesetzt wird, nennt man sie motorische Bahnen. Es kann also in unserem Nervensystem kein Durcheinander geben, weil die Signale immer nur in einer Richtung durch die Nervenbahnen laufen. Außerdem ist jede Nervenfaser durch Hüllschichten isoliert. Das ist sehr wichtig, denn es gibt Nerven, die bis zu 30 000 Fasern enthalten.

Wie verläuft eine Nachrichtenübermittlung in unserem Körper?

Hier ein Beispiel dazu: Wir erwähnten vorhin den Autofahrer, der blitzschnell bremsen muß. Was vollzieht sich dabei in seinem Körper? Der Autofahrer sieht das Kind über die Straße laufen. Vielleicht hört er zugleich den warnenden Ruf seines Mitfahrers. Auge und Ohr nehmen

Achtung, Gefahr! Blitzschnell verwandelt unser Nervensystem das Warnsignal in eine Reflexbewegung



die Signale auf. Über den Sehnerv und den Hörnerv wird die Nachricht an die Zentrale geleitet. Beide sind sensible Nerven, die direkt zum Gehirn führen.

Im Seh- und Hörzentrum werden die Warnmeldungen verarbeitet. Dabei bleibt keine Zeit zum Nachdenken. In solchen Notsituationen schaltet unser Gehirn sofort um. Es gibt über Schaltneurone die Signale an andere Zentren weiter. In diesem Falle werden von motorischen Gehirnzentren Befehlsimpulse an die Muskeln erteilt. Sie laufen blitzschnell das Hauptleitungskabel, unser Rückenmark, entlang und dann über motorische Nervenstränge in die Muskulatur der Arme und Beine. Bruchteile von Sekunden danach betätigen diese die Bremssysteme des Fahrzeugs.

Wir erkennen, daß die komplizierte Nachrichtenübermittlung zielgerichtet, auf genau festgelegten Bahnen, verläuft. Und sie erfolgt vor allem wesentlich schneller, als das mit chemischen Botenstoffen im Blut möglich wäre. Der Nachrichtenimpuls durchläuft die sensiblen Nervenbahnen mit einer Geschwindigkeit von 15 bis 50 Meter je Sekunde. In den motorischen Nerven geht es sogar noch schneller, mit über 100 Metern in der Sekunde.

Wir haben vorhin die Nervenleitung mit der elektrischen Nachrichtenübermittlung im Telefonnetz verglichen.

Man darf diesen Vergleich natürlich nicht wörtlich nehmen. Ein Telefonkabel besteht aus Kupferdrähten. Unsere Nerven sind „biologische Kabel“ aus einer komplizierten biochemischen Substanz. Ihre Leitfähigkeit für den elektrischen Strom ist 100 Millionen mal geringer, die Geschwindigkeit der Signalübermittlung daher auch viel langsamer als in einem elektrischen Leiter aus Metall.

1791 hatte der italienische Arzt Luigi Galvani Versuche mit Froschschenkeln durchgeführt. Er ließ Funken aus einer

Elektrifiziermaschine auf das Präparat überspringen und erzeugte dadurch eine Muskelzuckung. Dasselbe geschah, wenn er Nerven und Muskeln mit einem Bügel aus zwei verschiedenen Metallen berührte. Galvani schloß daraus, daß es eine tierische Elektrizität geben müsse. Das war der Anfang einer langen Forschungsgeschichte. Immer feinere Experimentier- und Meßgeräte wurden entwickelt, um die elektrophysiologischen Erscheinungen im Nervensystem zu untersuchen.

Heute gibt es Mikroelektroden, das sind feinste Glaskanülen oder Metalldrähte, deren Spitze weniger als $1/_{1000}$ Millimeter stark ist. Man kann sie so vorsichtig in eine Nervenfasern einstechen, daß diese nicht geschädigt wird. Mit hochempfindlichen Meßgeräten haben die englischen Wissenschaftler A. L. Hodgkin und A. F. Huxley zwischen 1939 und 1963 die Vorgänge in den Nervenfasern genau erforscht.

Sie benutzten als Untersuchungsobjekt unter anderem die Nervenfasern von Tintenfischen. Diese sind etwa 1 Millimeter stark. Im Vergleich zu denen des Menschen, die nur etwa $1/_{100}$ Millimeter dick sind, kann man sie daher als „Riesennervenfasern“ bezeichnen.

Wir wissen heute, daß die elektrischen Erscheinungen in den Nerven mit biochemischen Vorgängen zusammenhängen. Im Innern der Nervenfasern befinden sich 20- bis 50mal soviel Kaliumteilchen wie in der Umgebung der Fasern. Umgekehrt ist außerhalb der Fasern Natrium 10- bis 40mal konzentrierter als im Faserrinneren. Die Kaliumteilchen versuchen nach außen zu gelangen, und dabei entsteht eine elektrische Spannung. Die Natriumteilchen können nur schwer in die Nervenfasern eindringen, weil sie eine dickere Wasserhülle haben. Außerdem werden sie von der Nervenfasern durch ein Pumpsystem immer wieder ausgestoßen.

Wenn die Nervenfasern von einer Sinneszelle ein Reizsignal erhält, verändert sich ihr biochemisches Verhalten. Jetzt läßt sie viele Natriumteilchen von außen eintreten, dadurch ändert sich die elektrische Spannung. Aber schon nach weniger als einer tausendstel Sekunde wird der alte Zustand wieder hergestellt.

Wie hoch die Arbeitsleistung unseres Nervensystems ist, können wir auch daran sehen, daß allein $\frac{1}{5}$ des aufgenommenen Sauerstoffs von diesem Organsystem verbraucht wird. Die Nervenzellen unseres Gehirns leiden zuerst unter einer mangelhaften Sauerstoffversorgung. Deshalb werden wir müde und unkonzentriert, wenn unser Klassenzimmer schlecht gelüftet ist.

Bei Unfällen kann es mitunter zum Stillstand der Atmung kommen. Bereits nach wenigen Minuten treten durch den Sauerstoffmangel Gehirnschäden ein, die nicht wieder-gutzumachen sind. Deshalb muß in solchen Fällen schnell gehandelt, sofort mit der Atemspende von Mund zu Mund oder von Mund zu Nase begonnen werden.

Aufmerksame Wächter

Mensch und Tier können nur leben, wenn sie sich in ihrer Umwelt zurechtfinden. Die niederen Tiere besitzen Einrichtungen, mit deren Hilfe sie ihre Nahrung finden und vor Gefahren gewarnt werden. Selbst bei den einfachsten Lebewesen, den Einzellern, ist zu beobachten, wie sie auf Berührung und auf chemische Reize reagieren.

Der Mensch hat 5 Sinne: Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Fühlen. Wir besitzen aber noch viel mehr Melde- und Warneinrichtungen. Man kann sie nach verschiedenen Gesichtspunkten benennen und einteilen.

Nach der Richtung, aus der die Meldungen kommen, unterscheidet man Sinnesorgane zur Vermittlung von Signalen der äußeren Umwelt und solche, die Informationen aus dem Körperinnern aufnehmen. Nach der Art der Reize – so nennt man allgemein die auf ein Sinnesorgan einwirkenden Signale – werden unterschieden: mechanische Sinne, physiko-chemische Sinne und chemische Sinne.

Unsere Melde- und Wächterposten haben sich spezialisiert. Jeder von ihnen reagiert nur auf eine bestimmte Art von Signalen. Unsere Augen vermitteln farbige Bilder der Umwelt, die Ohren nehmen Töne und Geräusche auf, mit der Nase riechen wir, und zusammen mit den Geschmacksorganen auf der Zunge prüfen wir den Wohlgeschmack einer Speise. Aus unserer Haut werden uns Wärme und Kälte der Umgebung gemeldet, und im Körperinneren messen Kontrolleinrichtungen die Bluttemperatur, den Blutdruck, die chemische Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten und vieles andere. Jedes Sinnesorgan scheint anders zu funktionieren. Tatsächlich aber gilt für alle das gleiche Prinzip: Jedes Sinnesorgan enthält als Bauelement die Sinneszellen. Das sind Zellen mit besonderen Eigenschaften. Man könnte sie mit Dolmetschern oder Trans-

formatoren vergleichen. Die verschiedenen Reize, wie Lichtstrahlen, Schallwellen oder die winzigen Moleküle der Geruchs- und Geschmacksstoffe, werden nicht direkt an die Leitzentrale übermittelt, sondern erst in den „Nachrichtencode“ unseres Körpers verschlüsselt. Die Sinneszellen wandeln alle mechanischen, physiko-chemischen und chemischen Reize in bioelektrische Impulse um. Diese Erregung wird dann über Nervenfasern zum Gehirn geleitet, wo die eigentliche Empfindung oder Wahrnehmung entsteht.

Diese Umwandlung von Reizen in die „Geheimsprache“ des Nervensystems konnte erst in den letzten Jahrzehnten genau erforscht werden. Hierzu sind sehr feine Untersuchungsmethoden und hochempfindliche Meßgeräte erforderlich. So hat man zum Beispiel knapp einen Millimeter große Druckkörperchen aus dem Körper einer Katze freigelegt. Die entsprechenden Nervenfasern wurden über winzige Silberdrähte an ein Meß- und Registriergerät angeschlossen und das Druckkörperchen mit feinen Glasborsten gereizt. Sobald der Druckreiz eine bestimmte Stärke erreichte, entstand in den Sinneszellen ein bioelektrischer Impuls. Er wird als Erregungswelle über die Nervenfaser weitergeleitet. Man fand auch heraus, daß die bioelektrischen Signale um so rascher aufeinanderfolgen, je stärker der Reiz ist.

Wir wollen nun die Tätigkeit einiger unserer aufmerksamen „Wächter“ etwas genauer kennenlernen und dabei hin und wieder einen Vergleich zu Tieren herstellen. Zwar gilt auch für sie das gleiche Prinzip der Sinnesfunktionen, aber es gibt doch auch einige interessante Unterschiede in der Empfindlichkeit und Arbeitsweise ihrer Sinnesorgane.

Rund 3 Millionen „Wächterpunkte“ befinden sich allein

104

in der Haut des Menschen. Sie vermitteln verschiedenartige Signale: Feine Tast- und kräftige Druckreize, Wärme- und Kälteeinwirkungen, Schmerzempfindungen.

Die Druckkörperchen sind jene Gebilde, an denen die vorhin geschilderten Experimente durchgeführt wurden. Sie kommen nicht nur in den unteren Hautschichten, sondern auch in den Gelenkkapseln, in den Muskelhüllen und im Bauchfell vor. Unter dem Mikroskop sehen sie aus wie eine kleine Zwiebel. Zwischen den einzelnen Schalen liegen feine reizempfindliche Fasern. Jeder stärkere Druck auf die betreffende Körperstelle schiebt auch die Schalen der Druckkörperchen etwas zusammen, die Fasern werden gereizt und geben eine Nervenerregung weiter.

Die Tastkörperchen sind ähnlich gebaut und funktionieren nach dem gleichen Prinzip. Sie liegen aber dichter unter der Körperoberfläche und melden schon feinere Reizsignale.

Durch einfache Versuche läßt sich nachweisen, daß die Zahl der Tastkörperchen an den verschiedenen Körperstellen unterschiedlich sein muß:

Wir setzen bei einem Freund beide Spitzen eines Stechzirkels vorsichtig auf die Haut einer Fingerkuppe, des Handrückens, des Armes und schließlich auch auf den nackten Rücken. Man beginnt jeweils mit dem kleinstmöglichen Abstand der Zirkelspitzen und vergrößert ihn allmählich. Die Versuchsperson schließt dabei die Augen und orientiert sich lediglich durch den Tastsinn, bei welchem Abstand sie beide Zirkelspitzen deutlich unterscheiden kann. Die Ergebnisse sind erstaunlich – wir wollen sie nicht verraten; jeder sollte den Versuch einmal selbst ausprobieren.

Die Haut des Menschen enthält rund 150 000 Kälte- und 16 000 Wärmepunkte. Wir finden sie unregelmäßig auf der Körperoberfläche verteilt; am zahlreichsten sind sie

im Gesicht. Daß es tatsächlich getrennte Wächterpunkte für Wärme und Kälte gibt, läßt sich mit verhältnismäßig einfachen Mitteln am eigenen Körper nachweisen. Man braucht dazu nur ein paar Stricknadeln, einige Eiswürfel und ein Gefäß mit heißem Wasser. 2 Stricknadeln kühlen wir im Eis ab, 2 andere stellen wir in das heiße Wasser. Nun wird auf dem Handrücken ein Feld von einem Quadrat-zentimeter mit Kugelschreiber abgegrenzt. Mit den gekühlten Nadeln tasten wir das Hautfeld millimeterweise ab. Nach spätestens 10 Testpunkten wechseln wir die Nadel, weil sie inzwischen warm geworden ist. Jeder Punkt, an dem wir ein Kältesignal empfangen, wird gekennzeichnet. Das gleiche führen wir anschließend mit den gewärmten Nadeln durch.

Unser Temperatursinn ist ziemlich empfindlich. Beim Baden in einem See kommen wir manchmal an kühlere Stellen. Wir haben dabei das Empfinden, als ob das Wasser hier einige Grade kälter ist – in Wirklichkeit sind es höchstens ein paar zehntel Grad.

Manche Tiere benutzen den Temperatursinn sogar hauptsächlich zur Orientierung; zum Beispiel Wanzen, Flöhe, Läuse und Zecken, die vom Blut der Säugetiere oder Menschen leben. Auch die Stechmücken spüren uns mit Wärmestrahlungsempfängern an ihren Fühlern auf. Die Grubenottern, zu denen die giftigen Klapperschlangen gehören, haben beiderseits am Kopf, vor den Augen, zwei kleine Gruben. Darin ist ein dünnes Häutchen gespannt, das zahlreiche Blutgefäße und Nervenfasern enthält. Auf ihren nächtlichen Jagdzügen empfangen die

Vielerlei Reize werden von den Sinneskörperchen unserer Haut aufgenommen: 1 Schmerz, 2 Berührung, 3 feine Druckreize, 4 stärkere Druckreize, 5 Wärme, 6 Kälte, 7 ein Tastkörperchen funktioniert ähnlich wie ein Klingelknopf



1



2



3



4



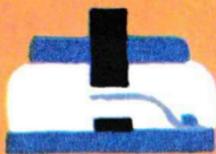
5



6



7



Grubenottern mit dieser Peileinrichtung Wärmestrahlen, die von einem Beutetier ausgehen. Untersuchungen im Labor haben ergeben, daß sie Temperaturänderungen von weniger als einem tausendstel Grad spüren.

Die Haut enthält auch eine große Anzahl von Schmerzpunkten. Es sind feine Nervenendigungen, die auf verschiedene Weise gereizt werden können. Wir wissen ja aus Erfahrung, daß kneifen, schlagen, stechen, schneiden, aber auch verbrennen, verätzen und vieles andere eine Schmerzempfindung auslöst.

Man unterscheidet den hellen Oberflächenschmerz, der vor allem durch die Schmerzpunkte der äußeren Haut vermittelt wird, und den dumpfen Tiefenschmerz der inneren Organe, die demnach auch Schmerzfasern enthalten. Der Oberflächenschmerz ist ein kurzer, brennender Schmerz. Die Nervensignale werden hierbei sehr schnell, mit 40 Metern in der Sekunde, geleitet. Der Tiefenschmerz ist anhaltend und bohrend. Seine Signale werden wesentlich langsamer, nur mit einem halben Meter pro Sekunde befördert.

Von den Riechzellen in der Nasenschleimhaut haben wir schon bei der Atmung gehört. Sie sind in der „Dachetage“ unserer Nase untergebracht. Deshalb schnüffeln wir, wenn wir einen Duft ganz genau wahrnehmen wollen, das heißt, wir ziehen die Luft mit den Duftstoffmolekülen ganz weit nach oben in unseren Nasenraum. Auf jeder Riechzelle sitzen 6 bis 12 feine Härchen, die nur $\frac{1}{1000}$ Millimeter lang und $\frac{1}{10000}$ Millimeter dick sind.

Der Riechvorgang konnte deshalb noch nicht genau erforscht werden. Wir wissen nur, daß die Riehhärchen mit einem dünnen Überzug von Schleim bedeckt sind, und daß sich die Duftstoffteilchen wahrscheinlich erst in dieser Flüssigkeit lösen, bevor sie von den Riehhärchen aufgenommen werden. Trockene Luft verringert und

Feuchtigkeit erhöht unser Geruchsempfinden. Deshalb spüren wir zum Beispiel den aromatischen Duft der Wälder und Wiesen nach einem Regen besonders.

Manches Erlebnis läßt uns erkennen, daß der Geruchssinn bei vielen Tieren stärker ausgeprägt ist als beim Menschen. Kaum haben wir uns im Garten an den Frühstückstisch gesetzt – schon erscheinen die Wespen auf dem Kuchen oder an der Marmelade.

Erstaunliche Geruchsleistungen sind von Schmetterlingen bekannt geworden. Die Weibchen vieler Nachtfalter strömen einen Duft aus, der die Männchen anlockt. Bei Versuchen mit chinesischen Seidenspinnern wurden männliche Tiere 4 bis 10 Kilometer weit mit der Bahn transportiert. Innerhalb einer Nacht hatte die Hälfte von ihnen den Weg zu den Weibchen zurückgefunden, die man auf einem Balkon unter einem Drahtgitter gefangenhielt. Sitzen die Weibchen dagegen unter einer Glasglocke, so fliegen die Männchen unmittelbar daran vorbei, ohne sie zu bemerken. Die Riehzellen sitzen bei den Insekten an den Fühlern.

Unter den Säugetieren hat der Hund eine besonders feine Nase. Sein Geruchsvermögen ist tausendmal empfindlicher als das unsrige. Ein Spürhund wittert sogar die Geruchsstoffe, die ein Mensch durch seine Schuhsohlen hindurch am Erdboden hinterlassen hat.

Weniger bekannt ist, daß auch Fische riechen können. Lachse sollen zum Beispiel ihren Heimatfluß am Geruch erkennen. Elritzen lassen sich regungslos zu Boden sinken, wenn sie einen Hecht riechen.

Auch das Züngeln der Schlangen und Eidechsen hängt mit dem Geruchssinn zusammen. Diese Tiere haben nämlich außer ihrer Nase noch ein besonderes Geruchsorgan im Dach der Mundhöhle. Die Kreuzotter findet eine von ihr

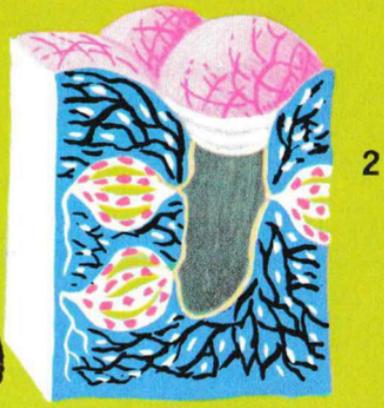
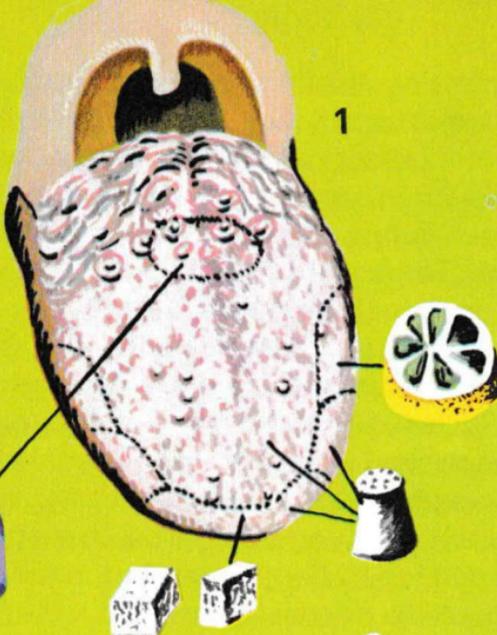
gebissene Maus auch dann, wenn diese flüchten konnte und in einem Versteck verendet ist. Sie verfolgt ihre Spur, indem sie mit der zweispaltigen Zunge den Boden absucht.

Wenn wir stark verschnupft sind, schmeckt das Essen fade. Das ist eigentlich eine ungenaue Bezeichnung. Der Schnupfen beeinträchtigt nämlich weniger den Geschmackssinn als vielmehr die Riechzellen in der entzündeten Nasenschleimhaut. Die Sinneszellen für die Geschmacksempfindungen befinden sich dagegen auf der Zunge. Sie können aber nur süß, sauer, salzig und bitter melden. Alle anderen Empfindungen, die wir beim Essen haben, vermittelt der Geruchssinn.

Man kann das leicht durch folgende Versuche nachweisen: Einer Versuchsperson werden die Augen verbunden; außerdem muß sie die Nase fest zuhalten. Nun reicht man ihr Nahrungsmittel oder Getränke zum Kosten; zum Beispiel verschiedene Gemüse- oder Obstsorten im geriebenen Zustand: Kohlrabi, Mohrrübe, Kartoffel, Zwiebel, Apfel und anderes, oder Kaffee, Tee, Kakao und gewöhnliches Wasser. Es ist erstaunlich und belustigend zugleich, wie oft sich die Versuchsperson irrt. Sobald sie aber ihre Nase wieder benutzen darf, erkennt sie alle Speisen und Getränke.

Wenn wir die Oberfläche unserer Zunge im Spiegel betrachten, so erkennen wir viele kleine Erhebungen und Vertiefungen. Unter dem Mikroskop entdeckt man in bestimmten Zungenpapillen tönnchenförmige Gebilde: die Geschmacksknospen. Sie bestehen aus mehreren Zellen, die

1 Die Geschmackszonen unserer Zunge, 2 Zungenpapille mit Geschmacksknospen, 3 der Geruch einer leckeren Speise führt bereits zur Absonderung von Mundspeichel und Magensaft



wie die Teile einer Apfelsine zusammengesetzt sind. Jede Sinneszelle endet oben mit einem feinen Stiftchen. Kommt ein Geschmacksstoff mit diesem in Berührung, so löst er in der Sinneszelle eine Erregung aus.

Übrigens gibt es auf der Zunge des Menschen bevorzugte Stellen für bestimmte Geschmacksqualitäten. Man kann das durch Versuche mit Zuckerlösung, Salzwasser, verdünntem Essig und einem Bitterstoff, zum Beispiel Wermuttee, selbst ausprobieren. Warum lecken wir wohl an einem Lutscher oder Speiseeis am liebsten mit der Zungenspitze? Weil dort besonders viele Süßrezeptoren liegen. Eine bittere Medizin dagegen schmecken wir erst, wenn sie die hinteren Regionen der Zunge berührt. Sauer spüren wir besonders an den seitlichen Kanten der Zunge. Besonders empfindlich reagiert der Mensch wie auch viele Wirbeltiere auf Bitterstoffe. Dagegen besitzen manche Tiere, zum Beispiel Katzen, keine Süßempfindung. Man sollte also einen Menschen, der gern Süßigkeiten isst, nicht als Naschkätzchen bezeichnen.

Manche Schmetterlinge spüren noch Zuckerlösungen in einer 100fach stärkeren Verdünnung, als sie der Mensch wahrnehmen kann.

Schmetterlinge und Fliegen „schmecken“ übrigens auch mit ihren Fußspitzen. Das klingt eigenartig; man kann es aber an der Stubenfliege gut beobachten, wenn sie über eine Tischplatte läuft, auf der noch einige Krümel von unserer Mahlzeit liegengeblieben sind. Sobald die Fliege auf ein Zuckerkörnchen tritt, bleibt sie stehen und setzt ihren Saugrüssel darauf. Berührt sie aber mit den Füßen etwas Salziges, wird der Rüssel schnell zurückgezogen. An den Zehenspitzen dieser Insekten sitzen Geschmacksinneszellen.

Der Mensch hat wie die Säugetiere und die Vögel eine ziemlich gleichbleibende Körpertemperatur. Sie ist unabhängig von der Außentemperatur, und dadurch können diese Lebewesen alle Klimazonen der Erde besiedeln. Jedoch nur die inneren Organe, die tieferen Muskelschichten und das Blut haben eine Temperatur von 37 Grad Celsius. Die oberflächlichen Regionen unseres Körpers weichen davon, je nach der Außentemperatur, mehr oder weniger ab. Unser Organismus ist daher auch mit verschiedenen Temperaturwächtern ausgerüstet. Die Wärme- und Kältepunkte in der Haut warnen, sobald die Körperoberfläche durch Luft- oder Wassertemperaturen gereizt wird.

Die Temperatur im Körperkern wird von Wächterzellen in einigen Eingeweideorganen, zum Beispiel im Magen, in den Muskeln und vor allem im Gehirn gemessen. Im Gehirn liegt auch das Regelzentrum für die Körpertemperatur.

Die Geruchs- und Geschmackssinneszellen gehören zu den Chemorezeptoren, weil sie auf chemische Reizstoffe reagieren. Aber auch im Körperinneren gibt es solche chemischen Wächter. Ohne sie würden viele Lebensvorgänge nicht geordnet ablaufen können.

Bei einer anstrengenden körperlichen Arbeit oder bei Sport und Spiel atmen wir schneller und tiefer. Wer den Stoff- und Energiewechsel im menschlichen Körper richtig verstanden hat, wird diese Erscheinung erklären können: Die Energie für die Arbeitsleistung stammt aus der biologischen Oxydation der energiereichen Nährstoffe, und dazu brauchen die Zellen den Atmungssauerstoff.

Wie erfolgt nun in unserem Körper die Information über den Sauerstoffbedarf, wer steuert die Atemtätigkeit?

Im Gehirn, in der Halsschlagader und in den Muskeln

befinden sich Wächterzellen, die den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt des Blutes laufend kontrollieren. Sie melden jede Abweichung sofort durch Nervensignale an das Atemzentrum im Gehirn, und von hier gehen dann die entsprechenden Befehle an die Atemmuskulatur.

Man kann zum Beispiel nur kurze Zeit unter Wasser bleiben, ohne Luft zu holen. Geübte Schwimmer und Taucher atmen vor dem Untertauchen mehrere Male sehr tief und schnell. Damit erhöhen sie den Sauerstoffanteil in ihrem Blut; der Kohlendioxidgehalt sinkt – und das ermöglicht eine längere Atempause.

Die lebenden Zellen unseres Körpers sind gegen Veränderungen des Wasser- und Salzhaushaltes sehr empfindlich. Untersuchungen haben ergeben, daß bereits ein Flüssigkeitsverlust von weniger als 2 Prozent ausreicht, um Durst zu erzeugen. Auch hier wirken wieder besondere Wächterzellen. Sie liegen wahrscheinlich im Zwischenhirn, vielleicht auch in der Leber und in einigen Blutgefäßen, und messen sehr genau den Salzgehalt des Blutes. Von ihren Meldungen an das Gehirn und an die Hormondrüsen hängt nicht nur unser Durstgefühl ab, sondern auch die Tätigkeit der Niere.

Der Blutzuckerspiegel wird ebenfalls durch chemische Meßzellen ständig kontrolliert.

Vom Hören und Sehen

Wir können uns ein Leben ohne die Töne und Geräusche der Umwelt kaum vorstellen. Und doch sind Organe zum Empfang von akustischen Signalen im Tierreich viel seltener als die mechanischen und chemischen Sinne. Hörorgane gibt es nur bei denjenigen Lebewesen, die auch selbst Töne hervorbringen; bei den Wirbeltieren und bei einigen Insekten.

Das Hörorgan des Menschen ist ein empfindliches und hochentwickeltes Sinnesorgan. Es liegt gut geschützt in einer Knochenmasse des Schädels.

Was wir im allgemeinen Sprachgebrauch als Ohr bezeichnen, ist also nur sein äußerer Teil – die Ohrmuschel. Sie fängt wie ein Trichter die Schallwellen auf.

Viele Säugetiere können ihre Ohrmuscheln aufstellen und in Richtung des Schalles drehen. Der Mensch kann das nicht mehr, weil die Muskeln seiner Ohrmuschel verkümmert sind. Trotzdem stellen wir die Richtung, aus der ein Ton oder ein Geräusch kommt, ziemlich sicher fest. Die Schallwellen erreichen nämlich das eine Ohr um Sekundenbruchteile früher als das andere. Außerdem ist der Ton in dem der Schallquelle zugewandten Ohr etwas lauter als in dem abgewandten.

Von der Ohrmuschel werden die Schallwellen in den äußeren Gehörgang reflektiert. Das ist jener Kanal, den wir regelmäßig vom Ohrenschmalz säubern müssen. An seinem Ende liegt das Trommelfell, das bei den geringsten Erschütterungen in feine Schwingungen gerät. Das Trommelfell gibt die Schallwellen an das Mittelohr weiter.

Die Schallwellen werden in verschiedenen Stoffen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und mit unterschiedlichem Energieverlust geleitet: In Luft mit etwa 340 Meter, in Wasser mit rund 1500 Meter und in festen Körpern mit

3 000 bis 5 000 Meter pro Sekunde. Deshalb erfolgt die Leitung des Schalls im Inneren des Ohres durch feste Körper oder durch Flüssigkeiten.

An das Trommelfell schließen sich 3 Knöchelchen an, von denen der größte nur 8 Millimeter lang ist. Sie heißen wegen ihrer Form Hammer, Amboß und Steigbügel, sind gelenkig miteinander verbunden und übertragen die Schallwellen an das innere Ohr.

Das Innenohr gehört zu den kleinsten Organen des Menschen. Es enthält nicht nur die Sinneszellen für die Hörempfindung, sondern auch für den Lage- und Bewegungssinn, für das Gleichgewichtsempfinden. Bleiben wir aber zunächst noch beim Hörvorgang.

Der eine Teil des inneren Ohres ist ein schneckenförmig gewundenes Rohr. Diese Hörschnecke besteht aus 3 mit einer Flüssigkeit gefüllten Kanälen. Im mittleren Kanal liegen die Hörsinneszellen. Sie stehen auf einer elastischen Bodenplatte und tragen an ihrem oberen Ende feine Härchen. Gelangen Schallwellen über die Gehörknöchelchen in die Flüssigkeit der Hörschnecke, so gerät die elastische Membran in Schwingungen. Dabei stoßen die Hörzellen mit ihren Härchen an eine darüberliegende Deckplatte.

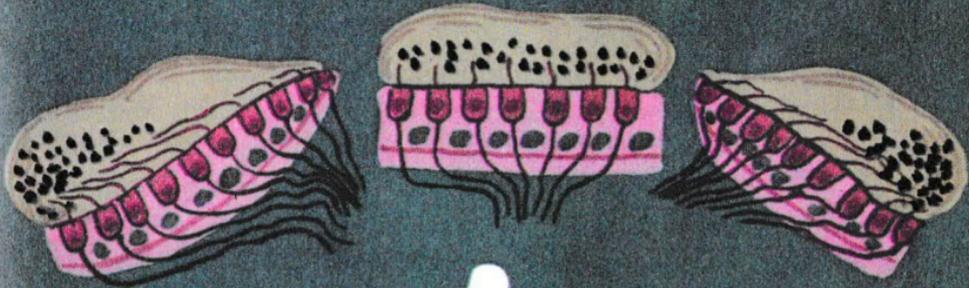
Wie alle Sinneszellen wandeln sie diesen Reiz in den „Nachrichtencode“ des Körpers um. Über die Nervenfasern des Hörnervs senden sie bioelektrische Impulse zum Gehirn. Erst hier werden uns die Töne und Geräusche bewußt. Übrigens gibt es im Großhirn auch Rindenzellen, in denen frühere Höreindrücke gespeichert werden. Durch den Vergleich mit den gespeicherten Signalen wird die Hörempfindung erst vollständig. Wir erinnern uns an vertraute Stimmen oder bekannte Melodien, können ein Musik-

1 Äußeres Ohr, 2 Mittelohr, 3 inneres Ohr, 4 über das innere Ohr werden auch Lageveränderungen des Körpers wahrgenommen

1

2

3



4

instrument oder den Gesang eines bestimmten Vogels erkennen.

Die Hörzentren spielen natürlich auch beim Sprechen und beim Verstehen der Sprache eine wichtige Rolle.

Menschen, die von Geburt an taub sind, lernen deshalb auch nicht sprechen – sie sind taubstumm. In Sonderschulen erwerben sie mit Hilfe des Seh- und Tastsinnes eine besondere Lautsprache. Sie verständigen sich aber auch durch Zeichen und Gebärden. Wer durch eine chronische Mittelohrentzündung oder im Alter schwerhörig geworden ist, der kann heute kleine Hörgeräte benutzen, die den Ton verstärken.

Das menschliche Ohr nimmt nur Töne eines begrenzten Schwingungsbereichs auf. Dieser ist zwar noch 1 bis 4 Oktaven umfangreicher als der Tonbereich eines Klaviers, aber eben doch nur ein kleiner Ausschnitt aus den akustischen Signalen unserer Umwelt.

Einige Tiere können auch Ultraschall-Signale erzeugen und wahrnehmen. Die Fledermäuse zum Beispiel stoßen kurze Schreie mit einer Schwingungszahl von 50 000 bis 100 000 Hertz aus, deren Schalldruck in unserem Hörbereich dem eines Preßlufthammers entsprechen würde. Zum Glück hören wir diese sehr hohen Töne nicht, sonst würden wir sicher die Fledermäuse nicht als kleine lautlose Nachtgeister, sondern als üble Schreihälse bezeichnen. Sie benutzen diese Signale zur Echopeilung auf ihrer nächtlichen Jagd nach Insekten. Auch Hunde lassen sich auf Signale aus einer Ultraschallpfeife dressieren, die für unser Ohr unhörbar sind.

Der Mensch gehört durch seinen aufrechten Gang und die vielen verschiedenen Tätigkeiten seines Tagesablaufs zu den Lebewesen mit den kompliziertesten Bewegungen. Er braucht hierfür nicht nur gut funktionierende Steuer-

zentralen, sondern auch Meßeinrichtungen, welche die Leitstellen ständig über Lage und Bewegung des Körpers informieren. Zwei davon liegen ganz dicht neben dem Hörorgan im inneren Ohr.

Maurer und Zimmerleute benutzen bei ihrer Arbeit eine Wasserwaage. Es ist ein einfaches, aber sicher arbeitendes Gerät: Die Lage der Mauer oder des Balkens wird durch eine Luftblase angezeigt, die nach verschiedenen Richtungen pendelt. Ähnlich arbeitet unser Lagesinnesorgan. Es besteht aus zwei kleinen mit Flüssigkeit gefüllten Hautsäckchen, die empfindliche Sinneszellen enthalten. Ihre zarten Sinneshärchen stecken in einer Gallertmasse mit feinen Kalkkörnchen. Jede Lageveränderung unseres Körpers verschiebt auch die Gallertmasse in den Gleichgewichtsorganen ein wenig – und das wirkt als Reizsignal.

Das Prinzip der Statocyste, so nennt man Organe mit Schwerekörperchen, ist im Tierreich weit verbreitet. Flußkrebse besitzen am Grunde ihrer Fühler eine kleine Grube mit einem Sandkörnchen als Schwerekörperchen. Nach der Häutung müssen sie jedesmal wieder ein neues Sandkörnchen aufnehmen. Der österreichische Biologe Alois Kreidl gab den Krebsen nach der Häutung statt Sand Eisenspäne ins Aquarium. Die Krebse legten auch tatsächlich ein Eisenspänen in ihr Gleichgewichtsorgan. Wenn der Forscher jetzt einen Magneten über die Tiere hielt, wurden die metallenen Schwerekörperchen angezogen – und sofort veränderten die Krebse ihre Körperhaltung.

Die Bewegungen unseres Körpers registriert noch ein anderes Organ des Gleichgewichtssinnes. Es liegt ebenfalls im inneren Ohr und besteht aus 3 bogenförmigen Kanälen, die im rechten Winkel zueinander stehen, also in den 3 Ebenen des Raumes. Alle 3 sind mit Flüssigkeit gefüllt und an einem Ende blasenförmig erweitert. In den

Blasen liegen einige Sinneszellen mit einem Haarschopf. Jede Körperbewegung führt dazu, daß die Flüssigkeit in einem Bogengang, in 2 oder manchmal sogar in allen 3 Bogengängen den Haarschopf der Sinneszellen bewegt, was sofort als Nervensignal dem Gehirn gemeldet wird.

Jeder hat schon einmal erlebt, was geschieht, wenn er sich wie ein Kreisel mehrmals um sich selbst gedreht hat. Die Sinneszellen werden dabei so stark gereizt, daß uns schwindelt.

Wenn wir rechtzeitig anhalten und die Augen schließen, geht die Drehbewegung scheinbar noch eine Zeitlang weiter – so lange, bis die Flüssigkeit in den Bogengängen auch zum Stillstand gekommen ist. Starke Reizung dieser Organe kann sogar zu Übelkeit führen.

Die Nervenverbindungen zwischen Gleichgewichtsorganen, Gehirn und Muskeln sind außerordentlich kompliziert. Nur so ist es möglich, daß Mensch und Säugetiere schnell Veränderungen ihrer Körperhaltung ausführen können. Eine Katze berührt immer mit den Füßen zuerst den Boden, auch wenn sie mit dem Rücken zu fallen beginnt.

In Sekundenbruchteilen führt sie eine ganze Reihe von Ausgleichs- und Drehbewegungen durch. Auch der Mensch fängt sich meist noch ab, wenn er ins Stolpern gerät.

Eine wichtige Rolle spielen dabei auch die Muskel- und Sehnenspindeln. Sie geben ständig Meldungen über den Spannungszustand unserer Bewegungsorgane an die Zentrale weiter; zum Beispiel auch darüber, wie schwer ein Gegenstand ist, den wir gerade anheben. Danach richten sich dann die weiteren Befehle des Gehirns für den Kraftaufwand der betreffenden Muskeln.

Der berühmte Maler Albrecht Dürer hat das Sehen den „alleredelsten Sinn des Menschen“ genannt. Tatsächlich ist das Auge wohl unser bedeutsamstes Sinnesorgan.

Wenn ein Mensch in eine neue Umgebung kommt, schaut er sich alles an. Hunde dagegen orientieren sich, indem sie überall herumschnüffeln. Sie sind typische Nasentiere.

Sinneseinrichtungen zur Aufnahme von Lichtreizen sind aber auch im Tierreich weit verbreitet. Die einfachsten optischen Sinnesorgane, wie zum Beispiel die lichtempfindlichen Zellen in der Haut des Regenwurms, ermöglichen nur ein Unterscheiden von hell und dunkel. Quallen und niedere Schnecken können mit ihren Grubenaugen schon die Richtung der Lichtstrahlen feststellen. Die meisten Schnecken sehen mit ihren Blasenaugen sogar Bilder, allerdings noch ziemlich unscharf und lichtschwach. Die Linsenaugen der Wirbeltiere ergeben helle, farbige und räumliche Bildeindrücke.

Der Mensch wird in der Sehschärfe seines Auges nur noch von einigen Greifvögeln übertroffen.

Unser Auge ist eine Kugel von knapp 3 Zentimeter Durchmesser und nicht viel schwerer als 5 Gramm. Vieles von seinem Bau und vom Sehvorgang läßt sich durch den Vergleich mit einem Fotoapparat leichter verstehen.

Beim Fotografieren fallen Lichtstrahlen durch eine Öffnung in die Kamera. Mit der Blende können wir die Stärke des Lichteinfalls regeln. Wir verstellen die Linsenoptik und sorgen so dafür, daß auf dem Film ein scharfes Bild entsteht.

Wie funktioniert nun der Sehvorgang in unserem Auge? Hier werden die Lichtstrahlen, nachdem sie die gewölbte und durchsichtige Hornhaut passiert haben, ebenfalls durch eine Blende reguliert. Das ist erforderlich, denn im Verlaufe des Tages wirkt auf unser Auge Licht von sehr unterschiedlicher Helligkeit ein. Die Mittagssonne ist viel tausendmal heller als das Dämmerlicht der Abendstunden. Oft ändert sich die Lichtstärke sogar von einem Augen-

blick zum anderen, zum Beispiel wenn wir aus dem Halbdunkel eines schlecht beleuchteten Flurs in ein helles Zimmer treten.

Wer die Augen eines Menschen oder eines Tieres schon einmal genau beobachtet hat, wird die „biologische Blende“ kennen: Es ist die Pupille, eine Öffnung in der Regenbogenhaut des Auges. Durch feine Muskelfasern kann sie je nach Helligkeit enger oder weiter gestellt werden.

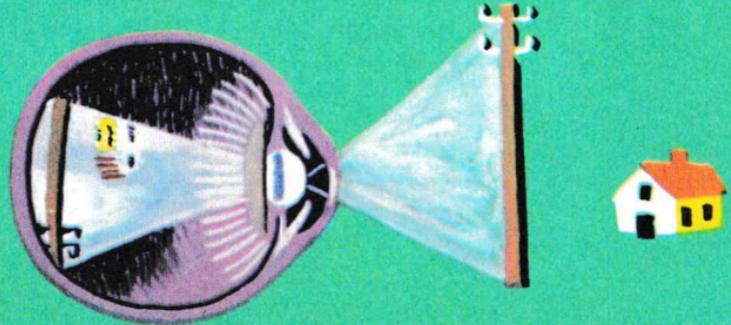
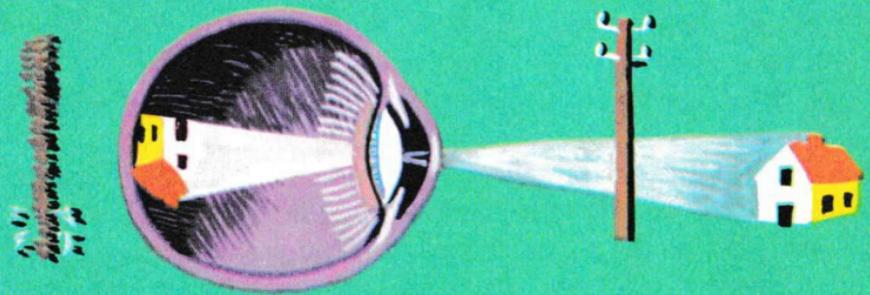
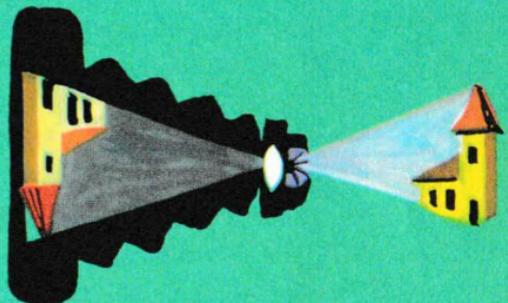
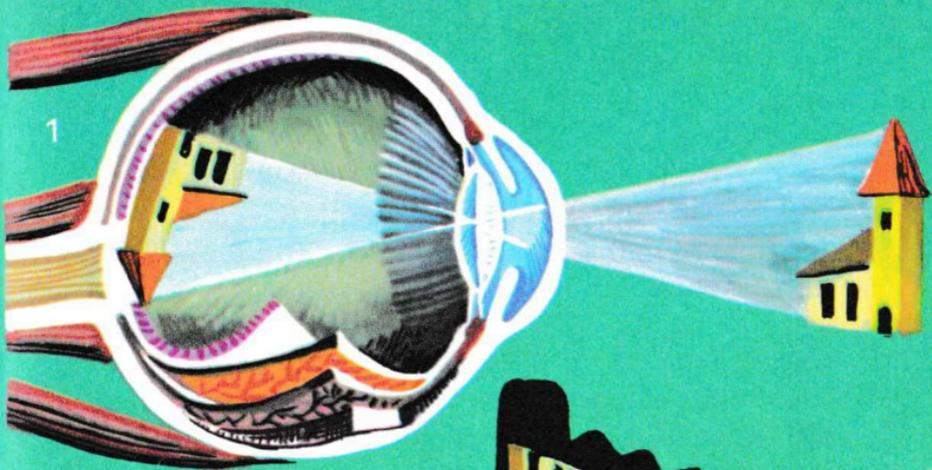
Man kann den Pupillenreflex leicht an sich selbst beobachten: Wir verdecken beide Augen eine Zeitlang mit den Händen; dann blicken wir rasch bei hellem Licht in einen Spiegel und konzentrieren uns dabei auf die Pupillen. Es ist deutlich zu sehen, wie sie sich verengen.

Hinter der Pupille liegt die Linse. Sie dient, wie beim Fotoapparat, zur Scharfeinstellung. Wir können nicht gleichzeitig nahe und entfernte Gegenstände deutlich erkennen. Hält man einen Bleistift in Richtung auf das Fenster, so sieht man entweder die Bleistiftspitze scharf oder aber das gegenüberliegende Haus.

Bei einer Kamera erfolgt die Scharfeinstellung durch Verstellen des Linsenabstands. Die Linse selbst kann nicht verändert werden, weil sie aus Glas besteht. Unsere Augenlinse dagegen ist elastisch und mit Fasern in einem Muskelring aufgehängt. Blicken wir auf einen nahen Gegenstand, so wölbt sich die Linse stärker. Betrachten wir entfernte Objekte, dann nimmt sie eine flachere Form an.

Kein Fotoapparat funktioniert ohne Film. Er nimmt die Lichtstrahlen auf; dabei verändern sich seine chemischen Bestandteile, und nach dem Entwickeln entsteht daraus

1 Schnitt durch den Augapfel und Verlauf der Lichtstrahlen, 2 die Pupille als Blendenöffnung, im Hellen (a) und im Dunkeln (b), 3 Feineinstellung, 4 Naheinstellung

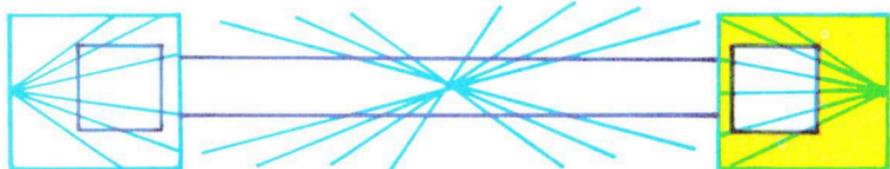
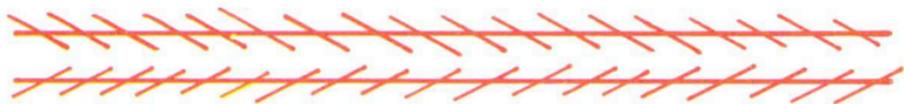
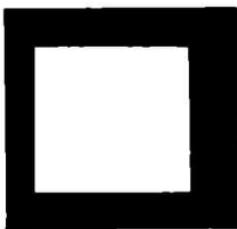
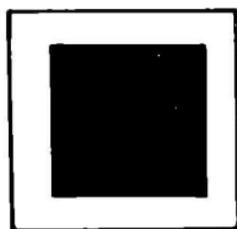
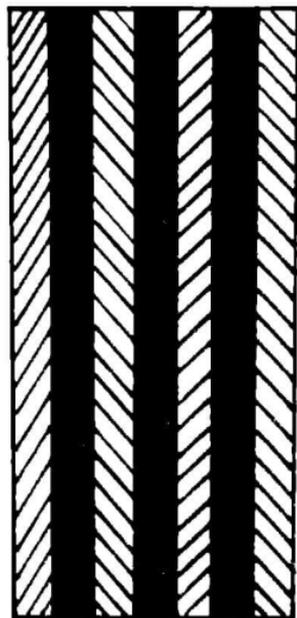
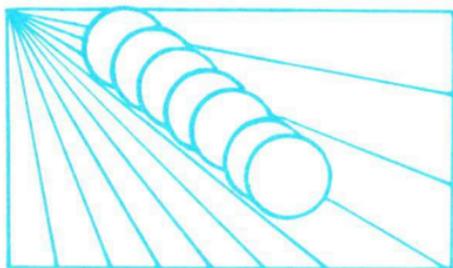
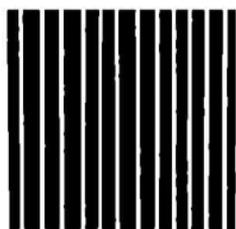


ein Bild. Die lichtempfindliche Schicht unseres Auges heißt Netzhaut. Sie ist nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{2}$ Millimeter dick und enthält eine große Anzahl von Sehzellen. 1 Quadratmillimeter Netzhaut des Menschen enthält rund 150 000 dieser winzigen optischen Signalempfänger; Fische und Frösche haben nur 50 000, Vögel dagegen 400 000 bis 1 Million je Quadratmillimeter.

In der Netzhaut des menschlichen Auges kommen zwei Arten von Sehzellen vor: 120 Millionen schlanke Stäbchen und 7 Millionen dickere Zapfen. Die Zapfen sind farbeempfindlich; sie reagieren aber nur bei genügender Helligkeit. Mit Einbruch der Dämmerung reicht die Lichtstärke für die Zapfen nicht mehr aus. Jetzt sehen wir nur noch mit den empfindlicheren Stäbchen, die aber lediglich hell und dunkel unterscheiden. Und so tritt ein, was ein bekanntes Sprichwort besagt: „In der Nacht sind alle Katzen grau.“ Blau und Grün erscheinen uns dabei noch am hellsten, Rot dagegen nahezu wie Schwarz. Die unterschiedliche Wirkungsweise der beiden Typen von Sehzellen läßt sich auch durch Beobachtungen im Tierreich beweisen: Ausgesprochene Nachttiere besitzen in ihrer Netzhaut fast nur Stäbchen. Sie können deshalb auch im Dämmerlicht noch gut sehen – aber sie sind farbenblind. Reine Tagtiere haben dagegen überwiegend Zapfen; solche Zapfentiere sind nachtblind.

Wie bei den anderen Sinnesorganen sind die Sinneszellen des Auges nur die Empfänger für die Lichtreize. Bewußt wird uns das Bild erst durch die Tätigkeit der Sehzentren in unserer Großhirnrinde. Der Lichtreiz ruft in den Stäbchen und Zapfen biochemische Veränderungen hervor.

Optische Täuschungen: Sind die abgebildeten Strecken und Flächen gleich groß oder unterschiedlich? Verlaufen die Linien gerade oder schräg? Überprüfe mit Hilfe eines Lineals!



Sie lösen eine Nervenerregung aus, die über die Fasern des Sehnervs zum Gehirn gelangt. Ähnlich wie beim Gehörsinn gibt es auch beim Sehen besondere Zentren im Gehirn, die optische Eindrücke speichern. Jedes neue Bild kann also mit früheren verglichen werden; das ist für die Orientierung, das Lernen und Wiedererkennen in vielen Situationen unseres Lebens sehr wichtig.

Warum tragen manche Menschen eine Brille? Brillen sind optische Hilfen für Augen, die nicht exakt arbeiten. Es gibt zahlreiche Sehfehler und Störungen des normalen Sehvermögens. Wir wollen hier nur die häufigsten nennen: Wenn der Augapfel etwas zu lang ist, dann entsteht das scharfe Bild schon vor der Netzhaut. Solche Menschen sind kurzsichtig. Sie können entfernte Gegenstände nur verschwommen erkennen und beugen sich beim Lesen und Schreiben auffallend nahe über ihr Buch oder Heft. Weitsichtige dagegen müssen die Schrift weiter weg halten; aus der Nähe erscheint sie ihnen verschwommen. Diese Sehstörung beruht auf einem zu kurzen Augapfel oder auf der nachlassenden Elastizität der Augenlinse. Mit fortschreitendem Lebensalter fällt es der Linse immer schwerer, sich auf nahe Gegenstände scharf einzustellen. Der Nahpunkt rückt deshalb immer weiter weg.

Man kann diese Erscheinung durch eine einfache Vergleichsuntersuchung in der eigenen Familie leicht nachweisen: Mit Hilfe eines Buches oder einer Zeitung ermitteln mehrere Familienmitglieder den geringsten Augenabstand, bei dem sie die Schrift noch scharf und deutlich lesen können. Dabei lassen sich erstaunliche Unterschiede zwischen den Sehleistungen der Kinder, der Eltern und der Großeltern feststellen.

Spätestens mit 60 Jahren braucht fast jeder Mensch zum Lesen eine Brille. Aber auch schon in früherem Alter können

nen Sehfehler auftreten. Jeder fünfte Mensch ist in seinem Sehvermögen beeinträchtigt. In den meisten Fällen kann eine Brille den Sehfehler ausgleichen oder mildern. Er muß nur rechtzeitig erkannt werden. Ein Facharzt kann die notwendige Form und Stärke der Brillengläser richtig bestimmen.

Von der Entwicklung und Geburt des Menschen

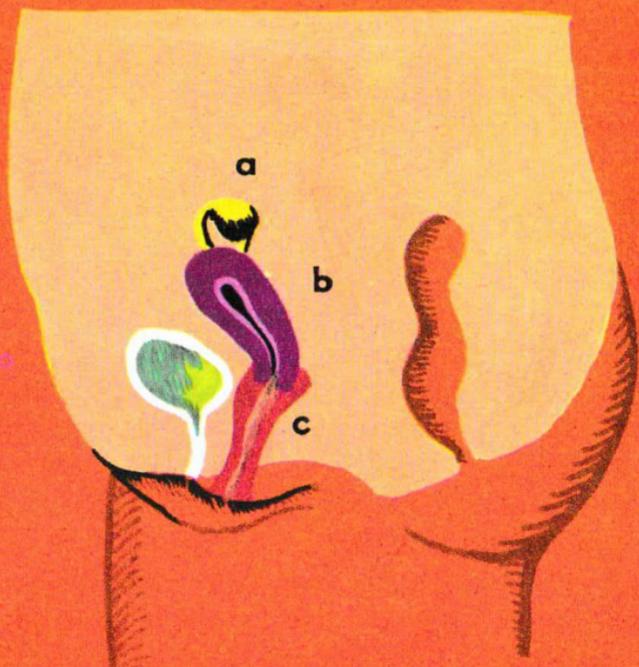
Leben ist ständige Bewegung und Veränderung. Wir haben das bei der Tätigkeit der verschiedenen Organe unseres Körpers in den vorangegangenen Kapiteln aus vielen Beispielen kennengelernt. Jeder lebende Organismus macht zugleich eine Entwicklung durch, in deren Verlauf sich seine Gestalt und seine Leistungsfähigkeit verändern. Das ist verbunden mit den Vorgängen des Wachstums, des Reifens und schließlich auch des Alterns. Wir rechnen im allgemeinen das Leben eines Menschen von seiner Geburt bis zum Tod.

Aber ist die Geburt wirklich der Anfang unseres Lebens? Ein Mensch ist bei seiner Geburt etwa 50 Zentimeter groß und zwischen 3 und 4 Kilogramm schwer. Alle wichtigen Organe sind ausgebildet und können die grundlegenden Lebensvorgänge ausführen. Das Neugeborene atmet, bewegt sich und verlangt schreiend nach Nahrung. Zwar wird es noch lange Zeit auf die Pflege seiner Eltern angewiesen sein, aber biologisch betrachtet ist es bereits ein hochentwickelter, selbständiger Organismus. Der Geburt muß also ein längerer Entwicklungsprozeß vorausgegangen sein.

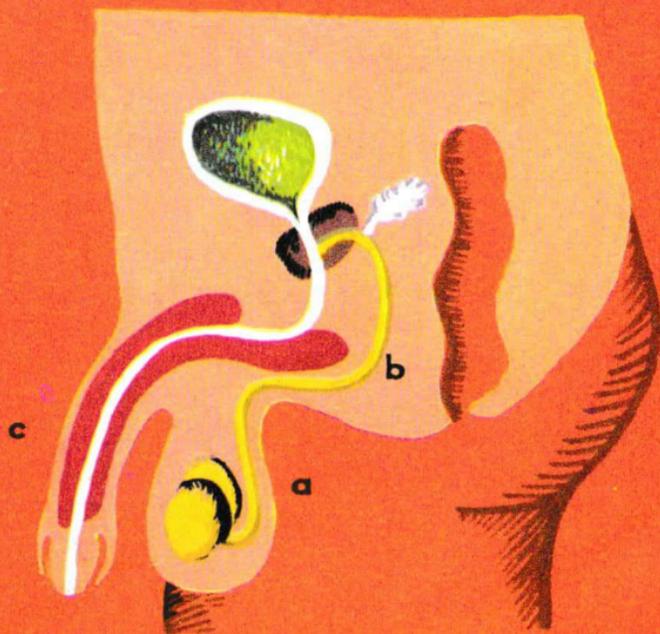
Beim Menschen, wie bei allen Säugetieren, entwickeln sich die Nachkommen im Körper der Mutter. Wir haben im ersten Kapitel dieses Buches davon gehört, daß die Zellen das Bauelement für alle Lebewesen sind und daß der Organismus eines erwachsenen Menschen aus der kaum vorstellbaren Zahl von rund 30 Billionen solcher Zellen besteht.

1 Geschlechtsorgane der Frau: Eierstock (a), Gebärmutter (b), Scheide (c). 2 Geschlechtsorgane des Mannes: Hoden (a), Samenleiter (b), Glied (c)

1



2



Ausgangspunkt für die Entwicklung dieses erstaunlichen Lebewesens sind zwei winzige Zellen: die mütterliche Eizelle und die väterliche Samenzelle. Sie haben sich in den Geschlechtsorganen gebildet – die Eizellen in den Keimdrüsen der Frau, den Eierstöcken, und die Samenzellen in den Hoden, wie die männlichen Keimdrüsen genannt werden.

Bei der geschlechtlichen Vereinigung von Mann und Frau wird die Samenflüssigkeit durch das männliche Glied in die weiblichen Fortpflanzungsorgane übertragen. Die winzigen, beweglichen Samenzellen gelangen zunächst in die Scheide und von hier weiter in die inneren Teile der Geschlechtsorgane der Frau. Die Samenzelle und die Eizelle treffen meist im Eileiter zusammen; in dem Kanal, welcher die Eierstöcke mit der Gebärmutter verbindet.

In der Gebärmutter vollzieht sich nach der Befruchtung die weitere Entwicklung des neuen Lebewesens.

Bei einer jungen Frau, die noch kein Kind geboren hat, ist dieses Organ nur etwa 8 Zentimeter lang und an seiner dicksten Stelle 5 Zentimeter breit. Der Hohlraum beträgt nur wenige Kubikzentimeter. Kurz vor der Geburt reicht die Gebärmutter mit ihrem oberen Rand fast bis zur untersten Rippe; ihr Rauminhalt steigt auf 4 bis 5 Liter, auf mehr als das Tausendfache, an. Diese wirklich erstaunliche Leistung ist dadurch zu erklären, daß die Wandung der Gebärmutter aus einer sehr dehnungsfähigen Muskulatur besteht und die Muskelzellen sich im Verlauf der Schwangerschaft erheblich vermehren.

Ebenso wichtig wie die Muskelschichten in der Gebärmutterwand ist ihre innere Auskleidung durch eine Schleimhaut. Sie spielt eine bedeutende Rolle bei der Ernährung des heranwachsenden neuen Lebewesens. Die Gebärmutter Schleimhaut ist ein drüsen- und nährstoffreiches Gewebe. Ihre volle Entwicklung erreicht sie erst, wenn die

heranwachsende junge Frau in die Entwicklungsphase der Geschlechtsreife gelangt. Das beginnt bei unseren Mädchen etwa zwischen dem zwölften und vierzehnten Lebensjahr. Jetzt bildet sich aller 4 Wochen im Eierstock eine reife Eizelle, und deshalb bereitet der Körper auch jeden Monat die Schleimhaut der Gebärmutter so vor, daß sie ein befruchtetes Ei aufnehmen und ernähren kann.

Das bedeutet natürlich nicht, daß in diesem Alter ein Mädchen schon Mutter werden soll. Die volle biologische Reife erreicht es frühestens mit 18 Jahren. Die anderen Bedingungen, welche für die Geburt und Erziehung eines Kindes erfüllt sein sollen, sind sogar meist erst noch später gegeben.

Wird die Eizelle nicht befruchtet, so baut der Organismus einen Teil der Gebärmutterschleimhaut ab. Das macht sich durch eine Blutung aus den weiblichen Geschlechtsorganen bemerkbar. Weil sie sich, wie die Reifung der Eizellen im Eierstock, in einem etwa vierwöchentlichen Rhythmus wiederholt, nennt man diese Erscheinung Monats- oder Regelblutung.

Wenn eine Eizelle befruchtet wurde, bleibt die Regelblutung aus. Es gibt aber auch viele andere Ursachen für ihr Ausbleiben. Deshalb soll jedes Mädchen und jede Frau sorgfältig einen Regelkalender führen und bei Abweichungen einen Arzt aufsuchen.

Kurze Zeit nach dem Zusammentreffen der Eizelle mit einer Samenzelle beginnt sie sich zu teilen. Wenn der Keimling sich in die Gebärmutterschleimhaut einlagert, ist er schon eine kleine Kugel aus etwa 100 Zellen. Nach 4 Wochen erkennt man bereits äußere Körperformen. Allerdings unterscheidet sich der menschliche Embryo auf dieser Entwicklungsstufe noch kaum von denen anderer Säuger. Erst vom dritten Monat an sind die menschlichen Formen deut-

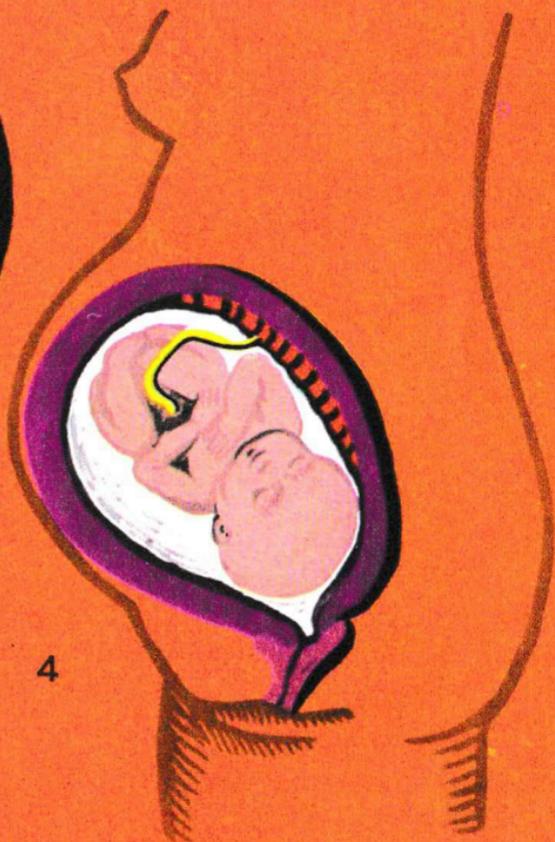
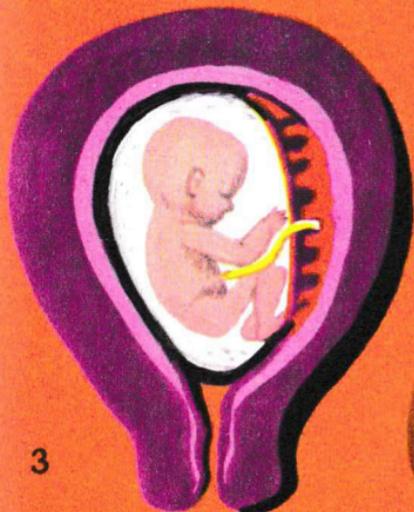
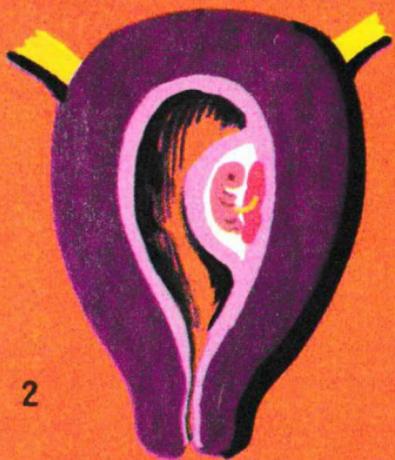
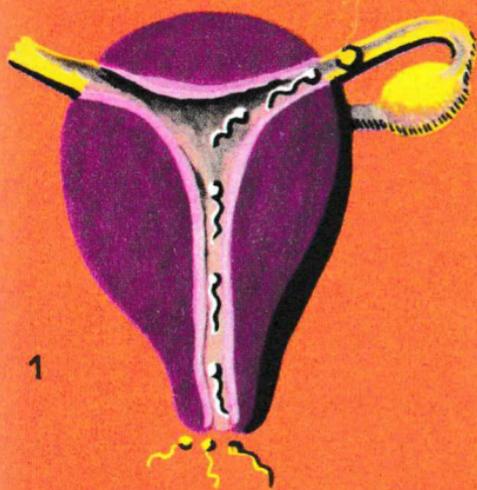
lich zu erkennen. Ein junges Menschenkind am Ende seines dritten Entwicklungsmonats ist zwar erst 9 Zentimeter lang und nur 33 Gramm schwer; aber es trägt schon alle wesentlichen Merkmale des menschlichen Körpers. Man kann auch schon feststellen, ob es ein Junge oder ein Mädchen ist.

Sein Herz schlägt bereits seit dem ersten Monat, aber erst am Ende der ersten Schwangerschaftshälfte, also im fünften Monat, kann der Arzt die Herztöne durch die Bauchwand der Mutter abhören. Jetzt spürt die Mutter auch deutlich die Bewegungen ihres Kindes.

Nach ungefähr 280 Tagen Entwicklung im Mutterleib wird das Kind geboren. Ausgelöst durch chemische Botenstoffe, vor allem durch Hormone der Hirnanhangsdrüse, setzen die Wehen ein. Das sind Zusammenziehungen der Gebärmuttermuskeln, die das Kind allmählich aus der Gebärmutter über die Scheide ans „Licht der Welt“ bringen.

Wenn das Neugeborene die Geburtswege der Mutter verlassen hat, ist es zunächst noch mit ihr über die Nabelschnur verbunden, die aber sofort abgebunden und durchgeschnitten wird. Durch diesen ungefähr fingerdicken und 50 Zentimeter langen Strang laufen 3 Blutgefäße. Die 2 Nabelarterien bringen das mit Kohlendioxid und Schlackenstoffen beladene Blut des Kindes zu einem besonderen Organ in der Wandung der Gebärmutter, den Mutterkuchen. Hier werden die Abbaustoffe an das Blut der Mutter abgegeben und dafür Sauerstoff und Nährstoffe übernommen. Über die Nabelvene fließt dann das Blut zurück in den Körper des Kindes.

1 Männliche Samenzellen befruchten die Eizelle im Eileiter, 2 Embryo (einige Wochen alt) im Innern der Gebärmutter, 3 menschlicher Keimling (mehrere Monate alt) mit Fruchtblase und Nabelschnur, 4 Kind im Mutterleib kurz vor der Geburt



Nach der Geburt vollzieht das Kind seinen ersten eigenen Atemzug, meist verbunden mit dem ersten Schrei. Es ist zu einem selbständigen Lebewesen geworden.

Inhalt

- 5 „Erkenne dich selbst“
- 8 Von den Grundbausteinen des menschlichen Körpers
- 13 Blut ist ein besonderer Saft
- 26 Pumpstation Herz
- 35 Vom lebenswichtigen Sauerstoff und der Atmung des Menschen
- 42 Vom Essen und Trinken und was damit im Körper geschieht
- 51 Hauptlabor Leber
- 56 Vom Wasser- und Salzhaushalt des Organismus
- 61 Die Muskeln – der biologische Motor unseres Körpers
- 68 Knochen – eine hervorragende Stützsubstanz
- 74 Ein Organ mit vielen Funktionen
- 84 Chemische Botenstoffe steuern Lebensvorgänge
- 92 Nachrichtenübermittlung durch bioelektrische Signale
- 103 Aufmerksame Wächter
- 115 Vom Hören und Sehen
- 128 Von der Entwicklung und Geburt des Menschen

In der Regenbogenreihe
sind bereits erschienen:

Arthur Windelband

Verwandte und Vorfahren –
die Abstammung des Menschen

Rolf Dörge

Auch Pflanzen haben Hunger –
Chemie in der Landwirtschaft

Demnächst erscheinen:

Eckhard Mothes

Schlaraffenland für Tiere –
Tierhaltung gestern, heute und morgen

Christian Heermann

Das Einmaleins genügt nicht mehr –
Mathematik im Alltag

Sigmar Spauszus

Feuerstrom aus Erz und Kohle –
vom Roheisen zum Stahl

Annerose und Klaus Klopfer

Ein Jahr in der Natur –
Pflanzen und Tiere unserer Heimat

Karl Heinz Hardt

Von Fliegern und Flugzeugen –
Aus der Geschichte und Technik der Luftfahrt

Jeder Band 3,- M

Eckhard Mothes

Schlaraffenland für Tiere –

Tierhaltung gestern, heute und morgen

Leseprobe

Es ist Jahrtausende her, da sich in klimatisch günstigen Gebieten die Entwicklung vom Nomadentum zur Tierhaltung mit Futterbau und Ställen vollzogen haben wird.

Vor den Hirten gab es nur Jäger und Sammler. In einigen Gebieten Afrikas leben sogar heute noch Jäger und Sammler. Während die Frauen und Kinder in der Umgebung ihres Wohnsitzes Früchte und Beeren sammeln, jagen die Männer mit Pfeil und Bogen Tiere. Die Pfeile bestehen aus Rohr oder anderem Holz. Meist bildet ein entsprechend geformter Stein ihre scharfe Spitze. Mitunter ist diese Spitze auch mit Gift eingerieben. Ein Tier, das ein Giftpfeil trifft, kann nicht weiterlaufen und wird darum leicht zur Beute.

Nicht immer ist die Jagd erfolgreich. Oft kehren die Männer auch müde, enttäuscht, hungrig und ohne erlegtes Wild zu ihren Familien zurück. Dann denken sie sicher darüber nach, wie sie wohl einfacher zu eßbarem Fleisch gelangen können.

Ähnlich müssen wir uns auch das Leben der ersten Menschen vorstellen. Vor 70 000 Jahren gab es auf unserer Erde schon Menschen. Sie wohnten teilweise in natürlichen Höhlen. Knochen von Menschen und Tieren, Pfeilspitzen und Teile von Gefäßen aus gebranntem Lehm beweisen, daß Menschen darin gelebt haben.

Höhlen gibt es hauptsächlich im Gebirge. Dort konnten die Menschen von jagdbaren Tieren und eßbaren Früchten leben. Wasser schöpften sie aus Bächen und Seen.

Nicht alle Menschen aber lebten damals im Gebirge. Viele suchten Ebenen und Flußtäler auf. Sie mußten Wohnungen bauen, denn Höhlen gab es dort nicht. Einige schachteten sich Erdgruben aus und deckten diese mit Holz, Stroh und Lehm ab. Solche Wohngruben sind bei Ausgrabungen gefunden worden.

Andere Menschen bauten Hütten aus Holz, Stroh, Schilf und Lehm. Zuerst steckten sie für die Außenwand der Hütte einige Äste in den Boden, Ast neben Ast. Andere Äste wurden um die in der Erde steckenden gewunden. Es entstand eine Wand. Die Bezeichnung Wand leitet sich von dem Wort winden ab.

Die Wände verstrich man mit Lehm, oder man füllte die Fugen mit Gras aus. Das Hüttendach bildeten wieder einige Äste, Gras, Laub und Lehm. Diese Bauweise war sehr verbreitet.

4 000 bis 5 000 Jahre alte ägyptische Pyramiden zeigen dieses Flechtwerkmuster eingemeißelt in Steine, ein Beweis, daß die Ägypter früher so ihre Hütten aus dem Schilf des Nils errichteten.

Noch heute stehen in manchen Dörfern Bauernhäuser und Scheunen, die vor 100 bis 200 Jahren auf ähnliche Weise gebaut wurden. Das Gerüst bildeten Balken, die aber einzelne Fächer frei ließen. In diese Fächer paßte man senkrecht Äste ein, um die waagrecht andere Äste gewunden wurden. Die Äste verschmierte man mit Lehm. Erst nach der Erfindung des Beils vor etwa 5 000 bis 10 000 Jahren konnten die Menschen auch dickere Hölzer bearbeiten und zum Bau verwenden. Trotzdem war der Hausbau sehr mühselig. So ist es verständlich, wenn die Menschen in erster Linie für sich selbst Hütten bauten und noch keine Ställe für Tiere, die ständig im Freien lebten.

Eines Tages werden die Jäger ein Muttertier erlegt haben,

neben dem ein Kalb oder ein Lamm weidete. Sie nahmen das Jungtier mit nach Hause, schlugen vor ihrer Höhle oder Hütte einige Pfähle in den Boden und umzäunten ihn für das Jungtier. Ein Dach brauchte es zunächst nicht, weil es bis dahin ja auch stets im Freien gelebt hatte.

Auf einem etwa 5 000 Jahre alten Weihgefäß, das in einer Tempelruine auf dem Gebiet des heutigen Irak gefunden worden ist, sind Jungschafe dargestellt, die aus einer Hütte schauen. Die Tierhaltung im ersten uns überlieferten Stall war noch relativ einfach. Die Mutterschafe weideten auf Wiesen und säugten nach ihrer Rückkehr zum Jungtierstall ihre Jungen. Das Futter für die Jungtiere mußte nicht transportiert werden.

Eine 300 Jahre jüngere Darstellung aus der gleichen Gegend, der Melkerfries von El-Obed, zeigt das Melken von Kühen. Eine Voraussetzung dafür ist, daß die Tiere gezähmt und so gezüchtet sind, daß sie mehr Milch geben, als ihre Kälber brauchen. Diese gezähmten Rinder waren sicher die Nachkommen der ersten von Menschen aufgezogenen Jungtiere.

Die Kuhhaltung erforderte für den Winter auch einen entsprechenden Stall und Vorräte an Futter. Selbstverständlich wird trotzdem der sommerliche Weidegang der Haustiere beibehalten worden sein.

In Ägypten nahm die Tierhaltung einen großen Aufschwung, als die Bauern die Tiere nicht nur mit Gräsern und ähnlichen Grünfütterpflanzen, sondern auch mit Getreide zu füttern begannen.

Der Getreideanbau spielte im alten Ägypten eine große Rolle. Das geht aus vielen schriftlichen Überlieferungen und zahlreichen Abbildungen mit Getreidespeichern hervor. Die Getreidespeicher – Silos – bestanden meist aus Lehm, in die oben das Getreide hineingeschüttet und dann unten wieder entnommen werden konnte. Teilweise

stehen noch heute in der Arabischen Republik Ägypten solche Silos neben Bauernhäusern.

Es muß damals viel Getreide in Ägypten gegeben haben, wenn es außer für die Ernährung der Menschen auch noch zur Fütterung des Viehs ausreichte. Sicher ist, daß das königliche Vieh mit Getreide gefüttert wurde, ob es auch für die Tiere der Bauern langte, ist nicht bestimmt.

Wir wissen, daß man größere Ställe erst bauen konnte, als genügend Futter zur Verfügung stand. Ursprünglich gab es nur wilde Gräser. Einige davon hatten größere Körner. Wenn sie ausfielen, wuchsen daraus kräftigere Pflanzen mit wiederum größeren Körnern. Die Menschen, die das aufmerksam beobachteten, gingen dazu über, die großen Körner auszuwählen und zu „säen“, sie bauten das Getreide systematisch an.

Besonders gut gedieh Getreide auf dem Land, das ein Fluß mit seinem fruchtbaren Schlamm überschwemmt hatte. Deswegen begann der Getreidebau hauptsächlich am Euphrat und Tigris sowie am Nil und nahm dort später einen großen Aufschwung.

Aus der gleichen Zeit, aus der der Melkerfries von El-Obed stammt, ist uns auch ein Abbild eines altägyptischen Gänsestalls überliefert. Die Tierpfleger stopften den Gänsen einen Getreidebrei in den Schnabel. Diese Art, Gänse zu „nudeln“, ist vor nicht allzulanger Zeit auch in Deutschland noch üblich gewesen.

Ähnlich ist die Ernährung der Mastrinder auf einer Darstellung, die über 3300 Jahre alt ist. Wir vermuten sogar, daß auch später noch Bullen so gemästet wurden: Ein Tierpfleger hockte sich vor das Rind und stopfte ihm aus einem Trog oder Eimer ein Gemisch aus gemahlener Getreidekörnern und Wasser ins Maul. Diese Form der Rinderfütterung ist unnatürlich, denn das Rind ist ein Wiederkäuer, der gern grasartige Pflanzen frißt. Aber das

Heranschaffen von Getreide war viel einfacher als die Versorgung der Tiere mit Gras und Heu.

Da Stallbau teuer war, mußte der Platz gut genutzt werden – die Tiere standen dicht beieinander und waren meist auch angebunden.

Die Könige besaßen sehr große Ställe. König Salomo zum Beispiel, der von 970 bis 930 vor unserer Zeitrechnung lebte, brauchte jährlich 3 650 Mastrinder zur Versorgung seines Hofstaates und seiner Bauarbeiter. Auch die Überreste eines großen Pferdestalles aus dieser Zeit sind ausgegraben worden.

Alle Rechte vorbehalten

Printed in the German Democratic Republic

Издано в Германской Демократической Республике

Lizenz-Nr. 304-270/427/74-(80)

Satz und Druck: Interdruck, Leipzig · 2. Auflage

LSV 7851

Für Leser von 10 Jahren an

Best.-Nr. 628 940 1

EVP 3,-

Ist der Mensch voller Wunder und Geheimnisse? Nein, er ist ein Teil der lebenden Natur, die erkennbaren Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Wie sich der Mensch aus zwei winzigen Zellen entwickelt, wie die Lebensvorgänge in seinem Körper ablaufen, davon berichtet dieses Buch.

