

# Grundlagen

<b>1. Anatomie</b>	<b>1</b>	<b>3. Körperliche Veränderungen im Alter</b>	<b>12</b>
Zellen • Gewebe und Organe • Organsysteme • Äußere und innere Barrieren • Anatomie und Krankheit		Theorien des Alterns • Körperliche Veränderungen • Krankheitsfolgen	
<b>2. Genetik</b>	<b>7</b>	<b>4. Sterben und Tod</b>	<b>15</b>
X-Chromosom-Inaktivierung • Genetische Abweichungen • Gentechnologie		Den Tod vorhersagen • Zeitlicher Ablauf des Sterbens • Entscheidungen treffen • Sich damit abfinden • Symptome bei einer tödlichen Krankheit • Wenn der Tod naht • Nach dem Tod • Auswirkungen auf die Familie	

## KAPITEL 1

# Anatomie

Zur Biologie gehören die Wissenschaften Anatomie und Physiologie. Anatomie ist die Lehre vom Aufbau, Physiologie die Lehre von den Funktionen der Lebewesen.

Der Aufbau von Lebewesen ist vielschichtig. Deshalb unterteilt man die Anatomie: von den kleinsten Bestandteilen der Zellen bis zu den größten Organen und ihren Wechselwirkungen mit anderen Organen. Unter makroskopischer Anatomie versteht man zum Beispiel das Studium des menschlichen Körpers mit dem bloßen Auge bei Untersuchungen und Obduktionen. Die Lehre von den Zellen (Zytologie) beschäftigt sich mit den Zellen und ihren Bestandteilen. Um sie zu studieren, sind Instrumente wie Mikroskope und besondere Beobachtungsmethoden erforderlich.

## Zellen

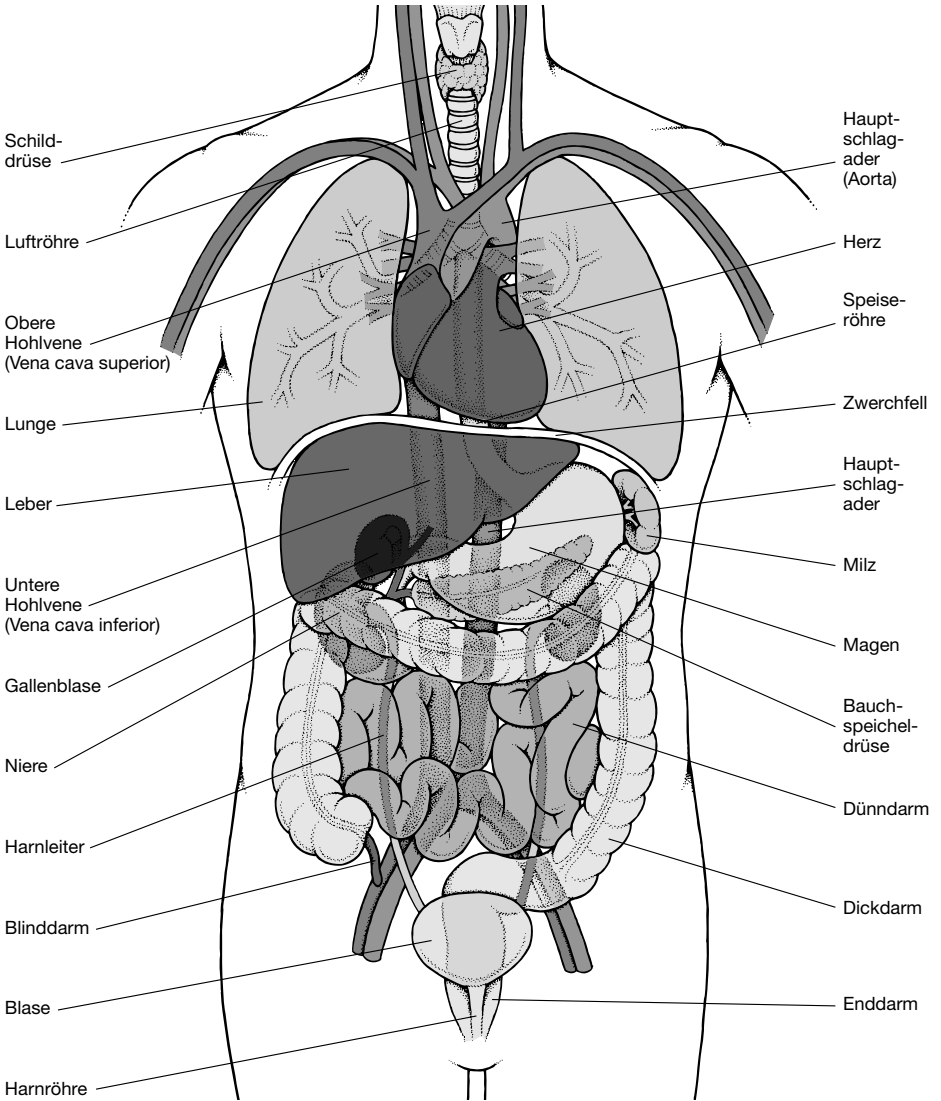
Die Zelle wird oft für die kleinste Einheit eines Lebewesens gehalten, aber sie selbst ist aus vielen noch kleineren Teilen aufgebaut, die alle eine bestimmte Aufgabe erfüllen. Menschliche Zellen unterscheiden sich zwar in ihrer Größe, sind aber grundsätzlich alle ziemlich klein. Selbst die größte von ihnen, eine befruchtete Eizelle, ist mit dem bloßen Auge nicht sichtbar.

Menschliche Zellen sind von einer Membran umgeben. Diese Zellwand ist aber nicht nur eine Hülle. Sie hat Rezeptoren, mit denen sich die Zelle anderen Zellen gegenüber ausweist. Diese Rezeptoren reagieren auf Arzneimittel und auf Stoffe, die der Körper produziert; sie regeln, wieviel die Zelle von diesen Stoffen aufnimmt oder abgibt. Reaktionen, die an den Rezeptoren ablaufen, ändern oder kontrollieren häufig die Funktionen der Zelle.

Die beiden Hauptbestandteile innerhalb der Zellmembran sind das Zytoplasma und der Zellkern. Das Zytoplasma enthält Bestandteile, die Energie aufnehmen und umwandeln und die Aufgaben der Zelle ausführen. Der Zellkern enthält das genetische Material der Zelle und die Bestandteile, die für Zellteilung und Fortpflanzung zuständig sind.

Der Körper besteht aus vielen verschiedenen Zelltypen, die sich in Aufbau und Funktion unterscheiden. Manche, wie die weißen Blutkörperchen, bewegen sich frei, ohne Verbindung zu anderen Zellen. Andere, wie die Muskelzellen, sind fest mit den Nachbarzellen verbunden. Hautzellen zum Beispiel teilen und reproduzieren sich häufig; Nervenzellen vermehren sich überhaupt nicht. Drüsenzellen haben vor allem die Aufgabe, komplexe Stoffe, wie Hormone oder Enzyme, herzustellen. So produzieren die

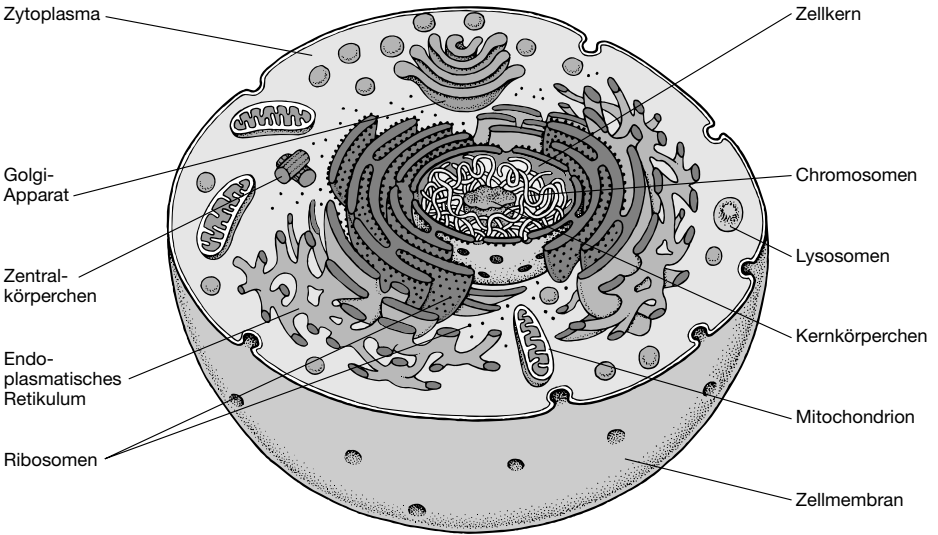
## Das Innere des Körpers



## Das Innere einer Zelle

Es gibt zwar verschiedene Zelltypen, aber die meisten Zellen haben die gleichen Bestandteile. Eine Zelle hat einen Kern (Nukleus) und Zytoplasma und ist von einer Zellmembran umgeben. Die Membran steuert, was in die Zelle hinein- und was herausdarf. Der Kern steuert die Produktion von Eiweißen. Er enthält Chromosomen (das Erbmateriale der Zelle) und ein Kernkörperchen (Nukleolus), das Ribosomen herstellt. Das Zytoplasma besteht aus flüssigem Material und Organellen, die man als die Organe der Zelle ansehen kann. Das endo-

plasmatische Retikulum transportiert Material innerhalb der Zelle. Ribosomen stellen Eiweiße her, die der Golgi-Apparat »zusammenpackt«, damit sie die Zelle verlassen können. Mitochondrien erzeugen die Energie, die die Zelle für ihre Aktivitäten braucht. Die Enzyme in den Lysosomen können Partikel abbauen, die in die Zelle eindringen. Bestimmte weiße Blutkörperchen umschließen zum Beispiel Bakterien, die dann von diesen Enzymen zerlegt werden. Zentralkörperchen sind an der Zellteilung beteiligt.



### Beispiele verschiedener Zellen

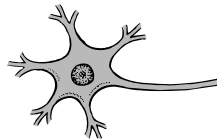
Epithelzelle



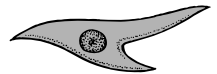
Muskelzelle



Nervenzelle



Bindegewebezelle



Zellen der Brustdrüsen Milch, die der Bauchspeicheldrüse Insulin, die der Lungenschleimhaut Schleim und die im Mund Speichel. Andere Zellen sind nicht dafür da, Substanzen herzustellen; Muskel- und Herzmuskelzellen zum Beispiel ziehen sich zusammen. Nervenzellen leiten elektrische Impulse weiter und ermöglichen so die Verständigung zwischen dem Zentralnervensystem (Gehirn und Rückenmark) und dem restlichen Körper.

## Gewebe und Organe

Miteinander verbundene Zellen bezeichnet man als Gewebe. Die Zellen in einem Gewebe sind nicht unbedingt gleich, aber sie arbeiten zusammen, um bestimmte Aufgaben zu erfüllen. Entnimmt man dem Körper eine Gewebeprobe, um einen bestimmten Zelltyp unter dem Mikroskop zu betrachten, sind in der Probe auch andere Zelltypen zu erkennen.

Bindegewebe ist das feste, oft faserige Gewebe, das den Körper zusammenhält und stützt. Es ist in fast jedem Organ vorhanden und bildet einen großen Teil der Haut, Muskeln und Sehnen. Die Eigenschaften des Bindegewebes und die darin enthaltenen Zelltypen hängen von der Lage des Gewebes im Körper ab.

Organe erfüllen die Funktionen des Körpers. Jedes Organ hat einen unverwechselbaren Aufbau, der es ihm ermöglicht, bestimmte Funktionen zu erfüllen – zum Beispiel Herz, Lunge, Leber, Augen und Magen. Ein Organ besteht aus verschiedenen Gewebelagen und damit auch aus verschiedenen Zelltypen. Das Herz enthält zum Beispiel Muskelgewebe, das sich zusammenzieht und dadurch Blut durch die Adern pumpt, Fasergewebe, das die Herzklappen öffnet, und besondere Zellen, die die Geschwindigkeit und den Rhythmus des Herzschlags steuern. Im Auge sorgen Muskelzellen dafür, daß sich die Pupille öffnet und schließt. Es gibt im Auge Zellen, die Flüssigkeit produzieren und Licht wahrnehmen, und Nervenzellen, die Impulse zum Gehirn weiterleiten. Die Zellen von Linse und Hornhaut sind sogar durchsichtig. Selbst ein so einfaches Organ wie die Gallenblase besteht aus verschiedenen Zelltypen. Die einen bilden eine Schutzschicht gegen die Reizwirkung der Gallenflüssigkeit, die anderen formen die faserige Außenhülle, die alles zusammenhält. Muskelzellen ziehen sich zusammen, um Gallenflüssigkeit auszustoßen.

## Organsysteme

Obwohl jedes Organ eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen hat, ist es auch Teil einer Gruppe, des sogenannten Organsystems. Das Organsystem ist die organisatorische Einheit, nach der die medizinische Lehre aufgebaut ist, Krankhei-

ten eingeteilt und Behandlungsmethoden geplant werden. Auch dieses Buch baut zum größten Teil auf den Organsystemen auf.

Ein Beispiel für ein Organsystem ist das Herz-Kreislauf-System, zu dem das Herz und die Blutgefäße gehören. Das Herz-Kreislauf-System ist für den Blutkreislauf zuständig. Das Verdauungssystem reicht vom Mund bis zum After; in ihm finden die Aufnahme und Verdauung von Nahrungsmitteln und das Ausscheiden der Abbaustoffe statt. Zu diesem System gehören außer dem Magen auch Dünn- und Dickdarm, die die aufgenommene Nahrung weitertransportieren, und Organe wie Bauchspeicheldrüse, Leber und Gallenblase, die Verdauungsenzyme produzieren, Giftstoffe aus dem Blut filtern und für die Verdauung wichtige Substanzen einlagern. Zum Bewegungsapparat gehören Knochen, Muskeln, Bänder, Sehnen und Gelenke, die den Körper stützen und bewegen.

Selbstverständlich funktioniert ein Organsystem nicht unabhängig von anderen. So braucht zum Beispiel das Verdauungssystem nach einem ausgiebigen Essen sehr viel Blut, um seine Aufgabe zu erfüllen. Daher nimmt es die Hilfe des Herz-Kreislauf-Systems und des Nervensystems in Anspruch. Die Blutgefäße des Verdauungssystems weiten sich, um mehr Blut zu transportieren. Nervenimpulse informieren das Gehirn über die zusätzliche Arbeit. Durch Nervenimpulse und chemische Substanzen, die ins Blut abgegeben werden, beeinflusst das Verdauungssystem sogar die Herzstätigkeit. Das Herz reagiert, indem es mehr Blut pumpt, das Gehirn reagiert mit Sättigungsgefühl und verringertem Bewegungsdrang.

Die Verständigung zwischen Organen und Organsystemen ist lebenswichtig. Sie gestattet dem Körper, die Aufgaben jedes einzelnen Organs den Bedürfnissen des ganzen Körpers anzupassen. Das Herz muß wissen, wann sich der Körper ausruht, damit es langsamer schlägt, oder wann die Organe mehr Blut benötigen, damit es schneller pumpt. Die Nieren müssen wissen, wann der Körper zuviel Flüssigkeit enthält, damit sie mehr Urin ausscheiden, oder wann er unter Flüssigkeitsmangel leidet, damit sie Wasser zurückhalten können.

Durch diese Kommunikation hält sich der Körper im Gleichgewicht. Dieses Konzept nennt man Homöostase. Sie sorgt dafür, daß die Organe weder zuviel noch zuwenig arbeiten und sich gegenseitig unterstützen.

Die Verständigung innerhalb des Körpers, mit der die Homöostase aufrecht erhalten wird, läuft über das Nervensystem oder chemische Reize. Das vegetative Nervensystem steuert zum großen Teil dieses umfangreiche Netzwerk, das seinerseits die Körperfunktionen reguliert. Dieser Teil des Nervensystems funktioniert automatisch, wir müssen nicht darüber nachdenken und spüren kaum etwas davon. Die chemischen Stoffe, die die Nachrichten übermit-

## Hauptorgansysteme

System	Organe im System
Herz-Kreislauf-System	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herz</li> <li>• Blutgefäße (Arterien, Kapillaren, Venen)</li> </ul>
Atmungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nase</li> <li>• Mund</li> <li>• Rachen</li> <li>• Kehlkopf</li> <li>• Luftröhre</li> <li>• Bronchien</li> <li>• Lunge</li> </ul>
Nervensystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehirn</li> <li>• Rückenmark</li> <li>• Nerven</li> </ul>
Haut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haut</li> </ul>
Bewegungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muskeln</li> <li>• Sehnen und Bänder</li> <li>• Knochen</li> <li>• Gelenke</li> </ul>
Blut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blutzellen und Blutplättchen</li> <li>• Plasma (flüssiger Teil des Blutes)</li> <li>• Knochenmark (in dem Blutzellen produziert werden)</li> <li>• Milz</li> <li>• Thymusdrüse</li> </ul>

System	Organe im System
Verdauungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mund</li> <li>• Speiseröhre</li> <li>• Magen</li> <li>• Dünndarm</li> <li>• Dickdarm</li> <li>• Leber</li> <li>• Gallenblase</li> <li>• Bauchspeicheldrüse (der enzymproduzierende Teil)</li> </ul>
Hormonsystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schilddrüse</li> <li>• Nebenschilddrüsen</li> <li>• Nebennieren</li> <li>• Bauchspeicheldrüse (der hormonproduzierende Teil)</li> </ul>
Harnorgane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieren</li> <li>• Harnleiter</li> <li>• Blase</li> <li>• Harnröhre</li> </ul>
Männliche Geschlechtsorgane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penis</li> <li>• Prostata (Vorsteherdrüse)</li> <li>• Samenbläschen</li> <li>• Samenleiter</li> <li>• Hoden</li> </ul>
Weibliche Geschlechtsorgane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheide</li> <li>• Muttermund</li> <li>• Gebärmutter</li> <li>• Eileiter</li> <li>• Eierstöcke</li> </ul>

teilen, nennt man Botenstoffe (Transmitter). Botenstoffe, die ein Organ produziert und die dann durch das Blut zu einem anderen Organ gelangen, heißen Hormone. Botenstoffe, die Nachrichten zwischen verschiedenen Teilen des Nervensystems übermitteln, nennt man Neurotransmitter.

Einer der bekanntesten Botenstoffe ist das Hormon Adrenalin (Epinephrin). Wenn ein Mensch plötzlich Angst bekommt oder unter Streß steht, schickt das Gehirn schnell eine Botschaft an die Nebennieren, die sofort Adrenalin freisetzen. In kürzester Zeit versetzt dieser chemische Stoff den gesamten Körper in Alarmbereitschaft. Diese Reak-

tion wird Flucht- oder Kampfreaktion genannt. Das Herz schlägt schneller und kräftiger, die Pupillen vergrößern sich, damit mehr Licht einfällt, der Atem geht schneller, und das Verdauungssystem verringert seine Tätigkeit, damit den Muskeln mehr Blut zur Verfügung steht. Diese Wirkung tritt sehr schnell ein und ist sehr stark.

Andere chemische Verständigungsmöglichkeiten sind weniger dramatisch, aber genauso wirkungsvoll. Leidet der Körper zum Beispiel unter Flüssigkeitsmangel, zirkuliert weniger Blut durch das Herz-Kreislauf-System. Rezeptoren in den Halsarterien registrieren, daß das Blutvolumen verringert ist. Sie senden dann durch die Nerven Impulse zur

Hirnanhangdrüse (Hypophyse), die daraufhin antiidiuretisches Hormon produziert. Dieses Hormon veranlaßt die Nieren, weniger Urin zu produzieren und mehr Wasser zurückzuhalten. Gleichzeitig erzeugt das Gehirn Durstgefühl, damit die Person etwas trinkt.

Der Körper hat zudem noch eine Gruppe von Organen – das Hormonsystem –, dessen Hauptaufgabe es ist, Hormone herzustellen, die die Funktionen anderer Organe steuern. Zum Beispiel produziert die Schilddrüse Hormone, die den Grundumsatz steuern, also die Geschwindigkeit, mit der die chemischen Reaktionen im Körper ablaufen. Die Bauchspeicheldrüse produziert Insulin, das die Verwertung von Zucker kontrolliert, und die Nebennieren produzieren Adrenalin, das viele Organe darauf vorbereitet, mit Streß fertig zu werden.

## Äußere und innere Barrieren

Der Körper hat viele Oberflächen, und manchmal ist es schwierig zu entscheiden, was innerhalb und was außerhalb des Körpers liegt. Die Haut – ein Organsystem – schützt den Körper offensichtlich vor dem Eindringen vieler schädlicher Substanzen. Und obwohl der Gehörgang von einer dünnen Schicht Haut bedeckt ist, geht man davon aus, daß er innerhalb des Körpers liegt, weil er bis tief in den Kopf hineinführt. Das Verdauungssystem ist ein langer Schlauch, der im Mund beginnt, sich durch den ganzen Körper windet und am After endet. Befindet sich Nahrung, die auf ihrem Weg durch diesen Schlauch vom Körper teilweise aufgenommen wird, innerhalb oder außerhalb des Körpers? Nährstoffe und Flüssigkeiten sind erst dann wirklich im Körper, wenn sie in den Blutkreislauf aufgenommen wurden.

Die Luft findet ihren Weg durch Nase und Hals in die Luftröhre (Trachea) und von dort in das verzweigte System der Lunge (Bronchien). Wo auf diesem Weg ist der Übergang von außen zu innen? Sauerstoff in der Lunge nützt dem Körper erst dann, wenn er in den Blutkreislauf gelangt. Dazu muß er eine dünne Zellschicht durchdringen, die die Lunge auskleidet. Diese Schicht dient als Barriere gegen Viren und Bakterien, zum Beispiel gegen die Erreger der Tuberkulose, die beim Einatmen in die Lunge geraten können. Solange es den Erregern nicht gelingt, in diese Zellen oder in den Blutkreislauf einzudringen, verursachen sie keine Krankheit. Da die Lunge über sehr viele Abwehrmechanismen verfügt – wie Antikörper, die Infektionen bekämpfen, und Flimmerhärchen, die das Überflüssige aus den Atemwegen entfernen –, lösen die meisten Erreger keine Krankheit aus.

Körperoberflächen trennen nicht nur innen und außen, sondern sorgen auch dafür, daß im Körper alles an seinem Platz bleibt und richtig funktionieren kann. Innere

Organe schwimmen zum Beispiel nicht in Blut; Blut befindet sich normalerweise nur in den Blutgefäßen. Wenn es zu einer Blutung kommt – also Blut aus den Gefäßen austritt –, wird nicht nur das Gewebe geringer mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt, es kann auch zu schweren Schäden kommen. Schon eine sehr kleine Blutung im Gehirn zerstört Gehirnzellen, denn der Schädel, die knöcherne Hülle des Gehirns, hat keinen Spielraum, um sich auszudehnen. Andererseits wird kein Gewebe zerstört, wenn die gleiche Blutmenge in den Bauchraum austritt.

Speichel, der im Mund so wichtig ist, kann schweren Schaden anrichten, wenn er eingeatmet wird. Die vom Magen produzierte Salzsäure schadet dem Magen nur selten. Die Säure kann jedoch die Speiseröhre verätzen, wenn sie dorthin fließt, oder andere Organe schädigen, wenn sie die Magenwand durchdringt. Kot besteht aus unverdauten Nahrungsbestandteilen, die durch den After ausgeschieden werden. Er kann lebensbedrohliche Infektionen auslösen, wenn er durch die Darmwand in die Bauchhöhle gelangt.

## Anatomie und Krankheit

Der menschliche Körper ist erstaunlich gut konstruiert. Die meisten Organe verfügen über Reserven oder zusätzliche Kapazitäten und funktionieren auch dann noch ausreichend, wenn sie geschädigt sind. Erst wenn zwei Drittel der Leber zerstört sind, treten schwere Folgen auf, und ein Mensch überlebt die Entfernung eines Lungenflügels, solange der andere normal funktioniert. Andere Organe sind dagegen weit anfälliger für Schäden. Wenn zum Beispiel durch einen Gehirnschlag ein kleiner Teil wichtigen Gehirngewebes zerstört wird, können Arm oder Bein gelähmt werden, das Gleichgewicht gestört sein oder die Sprachfähigkeit verlorengehen. Ein Herzinfarkt, bei dem ein Teil des Herzmuskels abstirbt, kann die Funktion des Herzens minimal beeinträchtigen, aber auch zum Tod führen.

Krankheiten beeinträchtigen den Aufbau des Körpers, und solche Veränderungen können Krankheiten verursachen. Wucherungen wie Krebs zerstören das Gewebe entweder direkt, oder sie erzeugen Druck, der das Gewebe zerstört. Wenn die Blutversorgung des Gewebes blockiert oder abgeschnitten ist, stirbt es ab (Infarkt) – wie beim Herzinfarkt (Myokardinfarkt) oder Schlaganfall (Gehirninfarkt).

Methoden, mit denen man in den Körper hineinschauen kann, sind daher für Diagnose und Behandlung von Krankheiten immer wichtiger geworden. Den ersten Durchbruch brachten die Röntgenstrahlen, durch die Ärzte das Innere des Körpers und Organe ohne Operation betrachten konnten. Ein weiterer großer Fortschritt war die Computertomographie (CT), bei der Röntgenstrahlen mit

dem Computer verbunden werden. Eine Computertomographie erzeugt detaillierte, zweidimensionale Bilder des Körperinneren.

Weitere Möglichkeiten, Bilder des Körperinneren zu erhalten, sind die Ultraschalluntersuchung mittels Schallwellen, die Kernspintomographie (NMR), die sich die Bewegung von Atomen innerhalb eines magnetischen Feldes zunutze macht, und die Szintigraphie, bei der radioaktiv markierte Chemikalien in den Körper injiziert werden. Röntgen, CT, Ultraschall und NMR sind nichtinvasive Methoden, in den Körper hineinzusehen; immer jedoch,

wenn man die Körpergrenze durchbricht, wie zum Beispiel bei einer Injektion oder einer Operation, spricht man von einer invasiven Methode.

## Anatomie in diesem Buch

Da die Anatomie für die Medizin so wichtig ist, beginnt fast jeder Abschnitt dieses Buches mit der Beschreibung des Organsystems und seines Aufbaus. Die Zeichnungen im Buch konzentrieren sich auf den Teil der Anatomie, um den es im Text geht.

## KAPITEL 2

# Genetik

Das menschliche Erbgut ist im Zellkern einer jeden Körperzelle enthalten. Dieses genetische Material besteht aus verknäuelter DNA (Desoxyribonukleinsäure), die in komplexer Weise angeordnet ist und die Chromosomen bildet. Menschliche Zellen enthalten 46 Chromosomen zu Paaren, also 23 Chromosomenpaare, – ein Paar Geschlechtschromosomen eingeschlossen.

Jedes DNA-Molekül besteht aus einer langen Doppel-schraube (Doppelhelix), die wie eine spiralig verdrehte Strickleiter aussieht. Die Stufen dieser Leiter, die den genetischen Code eines Menschen bestimmen, bestehen aus Paaren von vier unterschiedlichen Molekülen, den Basen. Als Stufen sind Adenin mit Thymin und Zytosin mit Guanin verbunden. Der genetische Code wird in Triplets geschrieben. Jeweils drei Stufen der Leiter kodieren die Produktion einer bestimmten Aminosäure. Aminosäuren sind die Bausteine der Eiweiße (Proteine).

Wenn ein Teil des DNA-Moleküls aktiv Zellfunktionen steuert, spaltet sich die Helix der Länge nach reißverschlußartig in zwei Stränge auf. Ein Strang ist inaktiv; der andere dient als Schablone für einen RNA-(Ribonukleinsäure)Strang, der sich komplementär dazu bildet. Die RNA-Basen werden nach und nach in der gleichen Reihenfolge wie in dem inaktiven DNA-Strang angeordnet, nur tritt in der RNA die Base Urazil an die Stelle von Thymin. Diese RNA, die man als Boten-RNA (m-RNA, Messenger-RNA) bezeichnet, löst sich ab und wandert aus dem Zellkern ins Zytoplasma. Dort lagert sie sich an Ribosomen an. Ribosomen sind die Eiweißfabriken der Zelle. Die Boten-RNA veranlaßt das Ribosom, entsprechend der Aminosäuresequenz ein spezielles Eiweiß zu produzie-

ren. Die Aminosäuren werden durch sogenannte Transfer-RNA (t-RNA) zu den Ribosomen geschafft. Die Transfer-RNA ist eine viel kleinere RNA. Jedes Transfer-RNA-Molekül trägt nur eine Aminosäure, die dann an die wachsende Eiweißkette angehängt wird.

Ein Gen enthält den Code, der für den Aufbau eines Eiweißes nötig ist. Je nach Größe des Eiweißes ist auch der Umfang der Gene unterschiedlich. Die Gene sind in einer festen Reihenfolge auf den Chromosomen angeordnet. Die Lage eines speziellen Gens auf dem Chromosom wird als sein »Locus« bezeichnet.

Die beiden Geschlechtschromosomen legen fest, ob ein Fetus weiblich oder männlich wird. Männer haben ein X- und ein Y-Chromosom und Frauen zwei X-Chromosomen, von denen nur eins aktiv ist. Das Y-Chromosom trägt nur relativ wenig Gene; eines davon ist geschlechtsbestimmend. Bei Männern treten alle auf dem X-Chromosom liegenden Gene, ob dominant oder rezessiv, auch im Erscheinungsbild auf. Gene auf dem X-Chromosom werden als geschlechtsgebunden oder X-gebunden bezeichnet.

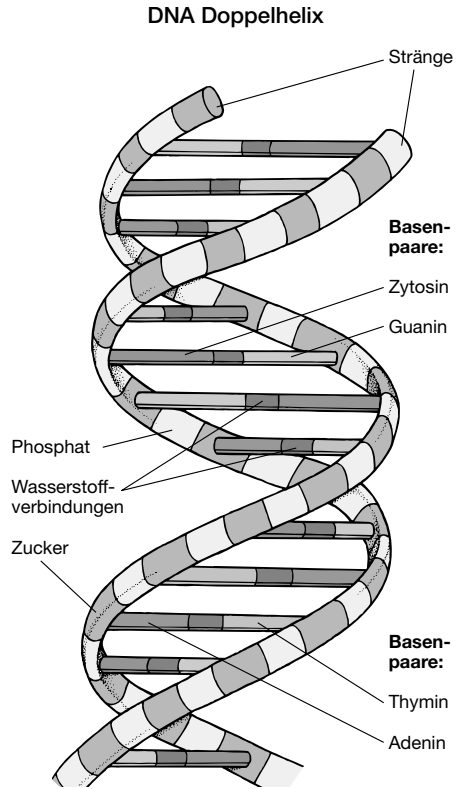
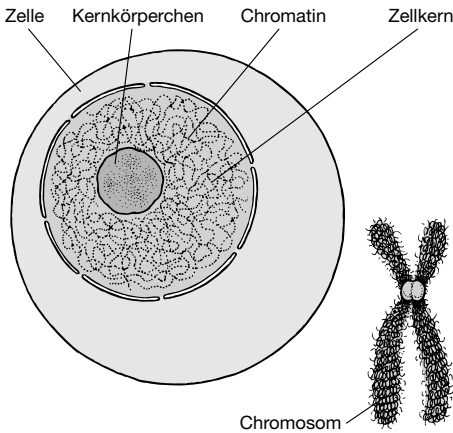
## X-Chromosom-Inaktivierung

Da Frauen zwei X-Chromosomen besitzen, verfügen sie auch über die doppelte Anzahl von X-Chromosom-Genen. Das käme einem Überangebot an manchen Genen gleich. Also wird – so nimmt man an – in einem sehr frühen fetalen Stadium in allen Körperzellen ein X-Chromosom lahmgelegt. Ausgenommen sind davon die Eizellen in den Eierstöcken. Das inaktive X-Chromosom kann man im Zellkern als »Barr-Körper« unter dem Mikroskop erkennen.

## DNA-Struktur

DNA (Desoxyribonukleinsäure) ist das Genmaterial der Zelle. Es befindet sich in einem locker verknäuelten, fädigen Wirrwarr, das Chromatin heißt, im Kern einer jeden Zelle. Kurz vor einer Zellteilung wird die Verknäuelung enger, und es bilden sich Chromosomen heraus.

Das DNA-Molekül ist eine verknäuelte lange Doppelhelix, die aussieht wie eine spiralg verdrehte Strickleiter. In ihr sind zwei aus Zucker- und Phosphatmolekülen zusammengesetzte Stränge durch vier Moleküle miteinander verbunden, die Basenpaare bilden. Die Basenpaare sind Adenin mit Thymin und Guanin mit Zytosin. Sie bilden die Sprossen der Leiter. Jedes Paar dieser Basen wird durch eine Wasserstoffbrücke zusammengehalten. Ein Gen ist ein Teilstück der DNA mit einer besonderen Aufgabe und besteht aus einer festgelegten Basenabfolge (Sequenz).



Die Inaktivierung eines X-Chromosoms erklärt einige Beobachtungen: So bewirkt zum Beispiel ein zusätzliches X-Chromosom erheblich geringfügigere Fehlbildungen als ein zusätzliches anderes (autosomales) Chromosom – egal, wie viele zusätzliche X-Chromosomen ein Mensch

besitzt, bis auf eines scheinen sie alle inaktiviert zu werden. Frauen mit drei X-Chromosomen (Triplo-X-Syndrom) sind geistig und körperlich meist normal. ▲ Dagegen kann ein zusätzliches autosomales Chromosom schwerste bis tödliche Störungen im fetalen Entwicklungsstadium hervorrufen. Ein Neugeborenes mit einem zusätzlichen autosomalen Chromosom (Trisomie) hat normalerweise eine ganze Reihe schwerer körperlicher und geistiger Fehlbildungen. ■ Dementsprechend ist das Fehlen eines autosomalen Chromosoms für den Fetus immer tödlich, während das Fehlen eines X-Chromosoms (Turner-Syndrom) relativ geringfügige Fehlbildungen hervorruft. ★

▲ Siehe Seite 1235

■ Siehe Seite 1235

★ Siehe Seite 1235



## Beispiele genetischer Erkrankungen

Gene	Dominant	Rezessiv
Nicht X-gebunden	Marfan-Syndrom, Chorea Huntington	Mukoviszidose, Sichelzellenanämie
X-gebunden	Familiengebundene Rachitis, erbliche Nierenentzündung	Rot-Grün-Blindheit, Hämophilie

### Genetische Abweichungen

Veränderungen bei einem oder mehreren Genen kommen, besonders bei rezessiven Genen, relativ häufig vor. Jeder Mensch hat sechs bis acht veränderte rezessive Gene. Sie können die Zellen aber nicht veranlassen, anders zu funktionieren, solange kein entsprechendes zweites rezessives Gen vorhanden ist. In der üblichen Bevölkerung kommt es nur selten vor, daß zwei gleiche rezessive Gene in einer Person zusammentreffen. Bei den Kindern naher Verwandter ist das dagegen schon eher der Fall. Das gleiche gilt für Gruppen, die nur untereinander heiraten, wie die Amisch oder die Mennoniten.

Die genetische Ausstattung eines Menschen nennt man den **Genotyp**. Das körperliche Erscheinungsbild entsprechend diesem Genotyp heißt **Phänotyp**.

Alle vererbten Eigenschaften sind genetisch verschlüsselt. In manchen Merkmalen, wie zum Beispiel der Haarfarbe, unterscheiden sich die Menschen einfach voneinander; das wird nicht als Abweichung angesehen. Allerdings können Eigenschaften, die durch ein verändertes Gen hervorgerufen sind, Erbkrankheiten bedingen.

### Abweichung eines einzelnen Gens

Die Effekte, die ein einzelnes verändertes Gen auslöst, hängen davon ab, ob es dominant oder rezessiv ist und ob es auf dem X-Chromosom liegt (X-gebunden). Da jedes Gen den Aufbau eines ganz bestimmten Eiweißes bedingt, bewirkt ein abweichendes Gen den Bau eines falschen Eiweißes oder der falschen Menge. Das wiederum führt zu Störungen in Zellaufbau und Zellfunktion. Daraus resultieren dann Defekte im körperlichen Erscheinungsbild oder in den Körperfunktionen.

#### Nicht X-gebundene Gene

Die Effekte, die ein defektes dominantes Gen auf einem autosomalen Chromosom auslöst, können Fehlbildung, Krankheit oder die Veranlagung für gewisse Krankheiten sein.

Die folgenden Regeln gelten im allgemeinen für Merkmale, die auf **dominanten Genen** beruhen:

- Bei Menschen mit einem bestimmten Merkmal hat min-

destens ein Elternteil das gleiche Merkmal; es sei denn, daß es sich um das Ergebnis einer Mutation handelt.

- Abweichende genetische Merkmale sind eher auf eine Mutation als auf elterliches Erbgut zurückzuführen.
- Besitzt ein Elternteil ein abweichendes Merkmal und der andere nicht, so liegt die Wahrscheinlichkeit, es zu erben oder nicht, für jedes Kind bei 50 Prozent. Hat der Elternteil das Gen für das abweichende Merkmal allerdings in doppelter Ausfertigung – was sehr selten vorkommt –, erben alle Kinder das Merkmal.
- Ein Mensch, der ein abweichendes Merkmal nicht aufweist, bei dessen Geschwistern es aber vorkommt, ist kein Träger dieses Gens und kann das Merkmal auch nicht an seine Nachkommen weitergeben.
- Frauen und Männer sind gleich häufig betroffen.
- Das abweichende Merkmal kann in jeder Generation auftauchen, und normalerweise tut es das auch.

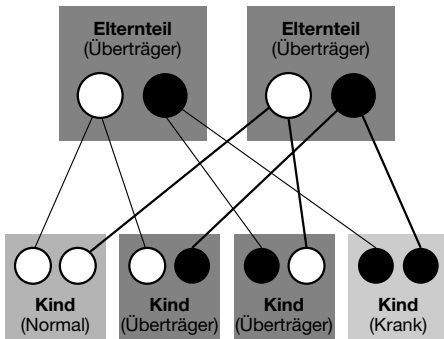
Die folgenden Regeln gelten im allgemeinen für Merkmale, die auf **rezessiven Genen** beruhen:

- Bei ausnahmslos jedem mit einem bestimmten Merkmal tragen beide Elternteile das Gen für das Merkmal, auch wenn sie möglicherweise beide das Merkmal nicht aufweisen.
- Daß eine Mutation sofort als Merkmal erscheint, ist höchst unwahrscheinlich.
- Wenn ein Elternteil das Merkmal besitzt und der andere ein rezessives Gen, aber nicht das Merkmal, dann wird rein rechnerisch eine Hälfte der Kinder das Merkmal tragen, die andere wird zum sogenannten Überträger des rezessiven Gens. Fehlt dem Elternteil ohne Merkmal das rezessive Gen, dann sind alle Kinder merkmalsfrei, haben aber alle das rezessive Gen und können es an ihre Nachkommen weitergeben.
- Bei einer Person, die kein abweichendes Merkmal hat, bei deren Geschwistern es aber auftaucht, ist es sehr wahrscheinlich, daß sie ein einzelnes entsprechendes Gen trägt.
- Frauen und Männer sind gleich häufig betroffen.
- Das abweichende Merkmal kann in jeder Generation auftauchen, tut es aber normalerweise nicht, wenn nicht beide Elternteile Überträger sind, also wenigstens ein rezessives Merkmalsgen besitzen.

## Vererbung veränderter rezessiver Gene

Manche Krankheiten sind auf ein verändertes rezessives Gen zurückzuführen. Damit die Krankheit zum Ausbruch kommt, muß ein Mensch zwei dieser rezessiven Gene besitzen, von jedem Elternteil eins. Wenn beide Eltern ein normales und ein verändertes Gen haben, sind sie frei von der Krankheit, können aber das veränderte Gen an ihre Kinder weitergeben. Die Chance, zwei veränderte Gene vererbt zu bekommen (und damit die Krankheit), beträgt für jedes Kind 25 Prozent. Der gleiche Prozentsatz gilt für die Vererbung zweier normaler Gene, während die Wahrscheinlichkeit, ein normales und ein verändertes Gen vererbt zu bekommen (also Überträger zu werden, wie die Eltern), bei 50 Prozent liegt.

### Schlüssel



Dominante Gene, die schwere Krankheiten bedingen, sind selten. Sie pflegen sich selbst auszumerzen, denn die betroffenen Menschen sind meist viel zu krank, um Kinder zu bekommen. Allerdings gibt es einige Ausnahmen, wie zum Beispiel Chorea Huntington ▲, bei der ein schwerer Verfall der Gehirnfunktionen auftritt. Da die Symptome

▲ Siehe Seite 310

normalerweise erst nach dem 35. Lebensjahr erscheinen, kann der oder die Betroffene bereits Kinder haben.

Rezessive Gene treten nur dann als Merkmal in Erscheinung, wenn eine Person zwei solcher Gene hat. Eine Person mit nur einem rezessiven Gen bildet das Merkmal nicht aus, fungiert aber als Überträger, der das Gen an seine Kinder weitergeben kann.

### X-gebundene Gene

Das Y-Chromosom von Männern trägt nur sehr wenig Gene, daher sind die auf dem einzelnen X-Chromosom liegenden Gene unpaarig und treten infolgedessen – gleichgültig ob dominant oder rezessiv – als Merkmale in Erscheinung. Da Frauen zwei X-Chromosomen haben, gelten für X-gebundene Gene die gleichen Regeln wie für Gene auf autosomalen Chromosomen: Außer wenn zwei rezessive Gene ein Paar bilden, treten nur die Merkmale in Erscheinung, die von den dominanten Genen hervorgerufen werden.

Wenn ein abweichendes X-gebundenes Gen dominant ist, übertragen betroffene Männer die Abweichung auf alle ihre Töchter, aber auf keinen ihrer Söhne. Die Söhne betroffener Väter übernehmen nur sein Y-Chromosom, und das ist ja frei von dem abweichenden Gen. Betroffene Frauen mit nur einem abweichenden Gen übertragen die Abweichung statistisch auf die Hälfte ihrer Kinder, gleich, ob weiblich oder männlich.

Wenn ein abweichendes X-gebundenes Gen rezessiv ist, dann sind fast nur Männer Träger des Merkmales. Männer geben das abweichende Gen nur an ihre Töchter weiter, die dadurch alle zu Überträgerinnen werden. Mütter, die Überträgerinnen sind, geben, ohne selbst das Merkmal zu besitzen, das Gen an die Hälfte ihrer Söhne weiter, die wiederum in der Regel das Merkmal haben. Keine ihrer Töchter besitzt das Merkmal, aber die Hälfte wird Überträgerin.

Die Rot-Grün-Blindheit, von der zehn Prozent der Männer, aber nur selten Frauen betroffen sind, beruht auf einem X-gebundenen rezessiven Gen. Söhne erhalten das Gen für Farbenblindheit entweder von einer Mutter, die farbenblind ist, oder von einer, die das Merkmal nicht hat, aber das Gen überträgt. Vom Vater kann es nicht kommen, da dieser ja das Y-Chromosom beisteuert. Töchter farbenblinder Väter sind selten selbst betroffen, aber immer Trägerinnen des Gens für Farbenblindheit.

### Intermediärer Erbgang

Beim intermediären Erbgang treten die zu beiden Genen gehörenden Merkmale in Erscheinung. Ein Beispiel ist die Sichelzellenanämie: Wenn eine Person ein normales und ein verändertes Gen hat, wird sowohl normaler als auch veränderter roter Blutfarbstoff (Hämoglobin) produziert.

## Vererbung veränderter rezessiver X-gebundener Gene

Wenn ein Gen X-gebunden ist, existiert es nur auf dem X- und nicht auf dem Y-Chromosom. Krankheiten, die auf veränderte rezessive X-gebundene Gene zurückzuführen sind, betreffen normalerweise nur Männer. Das liegt daran, daß Männer nur ein X-Chromosom besitzen. Frauen haben zwei, und meistens liegt auf einem ein normales Gen. Das normale Gen ist dominant und bewahrt die Frauen dadurch vor dem Ausbruch der Krankheit.

Wenn beim Vater ein verändertes rezessives Gen auf dem X-Chromosom liegt und die Mutter zwei

normale Gene besitzt, dann erhalten Töchter ein abgewandeltes und ein normales Gen und werden zu Überträgerinnen. Von den Söhnen erbt keiner das veränderte Gen.

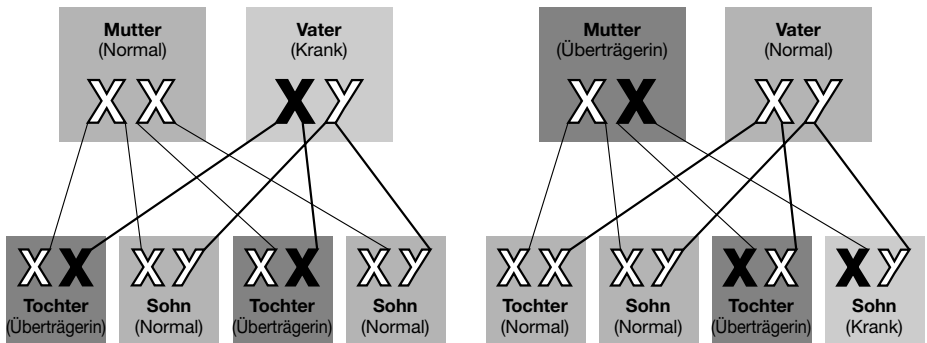
Wenn die Mutter Überträgerin ist und vom Vater das normale Gen kommt, erhält ein Sohn mit 50prozentiger Wahrscheinlichkeit das veränderte Gen von der Mutter. Bei Töchtern besteht jeweils zu 50 Prozent die Möglichkeit, zwei normale Gene zu erben oder ein normales und ein verändertes und damit Überträgerin zu werden.

### Schlüssel

**X** Normales Gen

**X** Verändertes rezessives Gen

**Y** Gen für männliche Nachkommen



## Genabweichungen in Mitochondrien

In jeder Zelle gibt es Mitochondrien, kleine Strukturen, die die Zelle mit Energie versorgen. Jedes Mitochondrium enthält ein ringförmiges Chromosom. Einige seltene Krankheiten sind auf abgewandelte Gene zurückzuführen, die auf diesem Chromosom im Mitochondrium liegen.

An der Entwicklung des Fetus in einem befruchteten Ei sind nur Mitochondrien aus der Eizelle beteiligt; alle Mitochondrien der Spermazelle sind weggefallen. Also werden Krankheiten, die auf abweichenden Mitochondrien-Genen beruhen, von der Mutter übertragen. Ein Mann mit solchen Genen kann keine der Krankheiten an seine Kinder weitergeben.

## Krebsgene

Krebszellen enthalten möglicherweise Onkogene, also Gene, die Krebs verursachen (Tumorgene). ▲ Manchmal sind Onkogene abgewandelte Versionen von Genen, die für Wachstum und Entwicklung vor der Geburt verantwortlich sind, nach der Geburt aber dauerhaft außer Funktion gesetzt werden. Diese Onkogene könnten im späteren Leben reaktiviert werden und Krebs verursachen. Auf welche Weise diese Reaktivierung vor sich geht, ist nicht bekannt.

▲ Siehe Seite 785

## Gentechnologie

Die rasante Entwicklung neuer Techniken begünstigt die Erforschung genetisch bedingter Krankheiten – sowohl vor als auch nach der Geburt. Besonders rasch erweitern sich die Kenntnisse im Bereich der DNA-Technologie.

Unter dem Namen Humanes Genomprojekt sind derzeit Bestrebungen im Gange, alle Gene auf menschlichen Chromosomen zu entschlüsseln und zu katalogisieren. Ein Genom ist der komplette Satz aller Chromosomen, die ein Mensch besitzt. Jeder Platz auf einem Chromosom ist durch ein bestimmtes Gen belegt. Das Merkmal, das diesem Platz entspricht, z. B. die Augenfarbe, ist für alle Menschen gleich. Die speziellen Eigenschaften des Merkmals sind, wie die dazugehörigen spezifischen Gene, von Mensch zu Mensch verschieden; sie geben jeder Person ihren individuellen Charakter.

Es gibt verschiedene Verfahren, um für Untersuchungszwecke eine ausreichende Zahl von Genkopien bereitzustellen. Kopien eines menschlichen Gens können im Labor durch Klonen hergestellt werden. Das zu kopierende Gen wird normalerweise in die DNA eines Bakteriums eingefügt. Bei jeder seiner Teilungen stellt es eine genaue Kopie seiner DNA her, einschließlich des eingefügten Gens. Bakterien vermehren sich sehr schnell, so daß in kürzester Zeit Milliarden von Kopien des Ursprungsgens entstehen.

Eine andere Technik zum Kopieren von DNA nutzt die Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Ein ausgewähltes Teil-

stück (Segment) der DNA mit einem speziellen Gen kann im Labor innerhalb von Stunden mehr als 200 000mal vervielfältigt werden. Die DNA einer einzigen Zelle genügt, um die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) in Gang zu setzen.

Um ein spezielles Gen auf einem ausgewählten Chromosom zu lokalisieren, benutzt man eine Sonde. Ein geklontes oder kopiertes Gen wird durch Hinzufügen eines radioaktiven Atoms zu einer markierten Sonde, die das zu ihr spiegelverkehrte Stück der DNA aufsucht und sich dort anlagert. Mit Hilfe hochentwickelter fotografischer Verfahren kann die markierte Sonde dann genau lokalisiert werden.

Mit Sonden läßt sich eine Anzahl von Krankheiten vor und nach der Geburt diagnostizieren. In Zukunft werden Sonden wohl dazu benutzt werden können, die Menschen auf viele der gängigen Erbschäden zu testen. Allerdings erkrankt nicht jeder, der das Gen für eine mögliche Krankheit besitzt, auch daran.

Häufig wird zur DNA-Analyse ein Verfahren verwendet, das man Southern Blot nennt. Aus Zellen der Person, die untersucht werden soll, wird die DNA herausgelöst und mit Hilfe einer Gruppe von Endonuklease-Enzymen, die nur eingeschränkt wirken, in Segmente zerlegt. Die Teile werden nach dem Elektrophoreseverfahren in einem Gel getrennt, das auf ein Filterpapier aufgebracht und mit einer markierten Sonde versehen wird. Die Sonde bindet sich nur an ihren spiegelverkehrten Partner und kennzeichnet so das Segment der DNA.

## KAPITEL 3

# Körperliche Veränderungen im Alter

Die Lebenserwartung ist im Laufe der Jahrzehnte stetig gestiegen. Für einen Mann lag sie 1996 in Deutschland bei 73,8 Jahren, für eine Frau bei 80 Jahren.

Der Anstieg der durchschnittlichen Lebenserwartung hat jedoch kaum etwas an dem Alter geändert, das Menschen maximal erreichen können. Seit es Aufzeichnungen darüber gibt, hat kaum jemand das 120. Lebensjahr überschritten.

## Theorien des Alterns

Jedes Wesen altert und durchlebt dabei von der Geburt bis zum Tod deutliche Veränderungen. Keine der Theo-

rien, warum Menschen altern, konnte bisher bewiesen werden. Dennoch können Teile dieser Theorien als Erklärung dafür dienen, warum Menschen altern und sterben.

Die genetische Programmierungstheorie geht davon aus, daß das Alter einer Art in den Genen vorgegeben ist. Gene bestimmen die Lebensdauer von Zellen. Wenn Zellen sterben, arbeiten die Organe nicht mehr richtig und können schließlich ihre lebenserhaltenden biologischen Aufgaben nicht mehr erfüllen. Genetisch festgelegtes Altern dient der Arterhaltung; ältere Mitglieder sterben, um jüngeren Platz zu machen.

Die Theorie der Fehleranhäufung nimmt die freien Radikale in Blick. Nach dieser Theorie altern Zellen, weil

die chemischen Vorgänge, die ständig in ihnen ablaufen, den Zellen Schaden zufügen. Bei diesen chemischen Reaktionen entstehen Giftstoffe (Toxine), die man als »freie Radikale« bezeichnet. Die freien Radikale beschädigen letzten Endes die Zellen und verursachen damit den Alterungsprozeß. Im Lauf der Zeit nehmen die Zellen immer mehr Schaden, so daß sie nicht mehr richtig arbeiten oder absterben. Dieser Prozeß führt schließlich zum Tod. Bei jeder Art verläuft der Alterungsprozeß anders, je nachdem, wie ihre Zellen freie Radikale produzieren und auf sie reagieren.

## Körperliche Veränderungen

Der menschliche Körper verändert sich auf vielfältige Weise, während er altert. Das erste Zeichen des Alterns ist vielleicht, wenn die Augen nahegelegene Objekte nicht mehr so leicht scharf sehen (Alterssichtigkeit). Ab etwa vierzig Jahren wird es für viele Menschen beschwerlich, ohne Brille zu lesen. Auch das Gehör verändert sich im Alter. Man verliert die Fähigkeit, sehr hohe Töne zu hören (Altersschwerhörigkeit). Ältere Menschen finden daher Geigenmusik oft nicht mehr so bewegend wie früher. Außerdem glauben viele ältere Menschen, daß ihre Mitmenschen murmeln, weil die geschlossenen Konsonanten (Laute wie k, t, s, p und ch) hohe Töne sind, und sie diese nicht mehr so gut hören.

Bei den meisten Menschen nimmt der Anteil des Körperfetts im Alter um bis zu dreißig Prozent zu. Auch die Fettverteilung ändert sich: Es wird weniger unter der Haut, verteilt im ganzen Körper, und mehr im Bauchraum abgelagert. Dadurch verändert sich die Figur, die Haut wird dünner, empfindlicher und bekommt Falten.

Die meisten inneren Funktionen werden im Alter ebenfalls schwächer. Meistens erreichen sie kurz vor dem dreißigsten Lebensjahr ihren Höhepunkt und lassen dann langsam, aber stetig nach. Dennoch reicht die Funktion der meisten Organe ein Leben lang aus, weil ihre Kapazität größer ist als der eigentliche Bedarf des Körpers (Funktionsreserve). Wenn die Hälfte der Leber zerstört wäre, stünde dem Körper immer noch genug Lebergewebe für die normalen Funktionen zur Verfügung. Für den Ausfall von Organen ist weniger der Alterungsprozeß an sich verantwortlich, als vielmehr Krankheiten. Die nachlassenden Organfunktionen ziehen nach sich, daß ältere Menschen stärker unter den unerwünschten Wirkungen von Medikamenten, unter Veränderungen der Umwelt, Giften und Krankheiten leiden.

Die nachlassende Funktion der meisten Organe beeinträchtigt das Leben der Menschen nur wenig; allerdings können sich bei einigen Organen erhebliche Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden ergeben. Die Blut-

## Wie sich der Körper im Alter verändert

- Nieren, Leber und Gehirn sind weniger gut durchblutet.
- Es dauert länger, bis Nieren Medikamente und Giftstoffe ausscheiden.
- Es dauert länger, bis die Leber Gifte und die meisten Medikamente abbaut.
- Das Herz schlägt unter Belastung nicht mehr so schnell. Im Ruhezustand ändert sich nichts.
- Das Herz kann nicht mehr so viel Blut pumpen.
- Die Zuckertoleranz verringert sich.
- Das Lungenvolumen wird geringer.
- Nach dem Ausatmen bleibt mehr Luft in der Lunge zurück.
- Die Infektionsabwehr der Zellen läßt nach.

menge, die das Herz im Ruhezustand pumpt, verändert sich im Alter nicht; bei Maximalbelastung leistet das Herz jedoch nicht mehr so viel wie früher. Deshalb sind ältere Sportler nicht mehr so leistungsfähig wie jüngere. Die veränderte Nierenfunktion kann bei älteren Menschen dazu führen, daß es sehr viel länger dauert, bis Arzneimittel ausgeschieden werden. ▲

Meist ist es schwierig festzustellen, welche Veränderungen auf den Alterungsprozeß zurückzuführen sind und welche auf die Lebensweise eines Menschen. Bewegungsarmut, falsche Ernährung, Nikotinkonsum sowie Alkohol- und Drogenmißbrauch schädigen die Organe mit der Zeit oft mehr als der Alterungsprozeß selbst. Bei Menschen, die Giftstoffen ausgesetzt waren, lassen die Organfunktionen manchmal schneller oder stärker nach als bei anderen. Davon sind besonders Nieren, Lunge und Leber betroffen. Wer am Arbeitsplatz Lärm ausgesetzt war, leidet häufig unter einem starken Hörverlust.

Einige dieser Veränderungen lassen sich durch eine gesunde Lebensweise vermeiden. Es ist zum Beispiel grundsätzlich sinnvoll, mit dem Rauchen aufzuhören, auch für Menschen über achtzig. Man verbessert dadurch die Lungenfunktion und verringert die Gefahr von Lun-

## Krankheiten, die vorwiegend ältere Menschen betreffen

Krankheit	Erklärung	Krankheit	Erklärung
Alzheimer-Krankheit oder andere Formen der Demenz	Hirnerkrankungen, die zu einem fortschreitenden Verlust des Gedächtnisses und anderer intellektueller Fähigkeiten führen	Arthrose	Schmerzhafter fortschreitender Abbau des Gelenkknorpels
Wundliegen	Aufbrechen der Haut durch zu langen Druck	Osteoporose	Kalziumverlust in den Knochen, die dann leichter brechen
Vergrößerte Prostata	Vergrößerung der Vorsteherdrüse (bei Männern); behindert den Harnabfluß	Parkinson-Krankheit	Langsam fortschreitende degenerative Hirnerkrankung, die zu Zittern, Muskelversteifung, Bewegungsschwierigkeiten und Gangunsicherheit führt
Grauer Star	Trübung der Augenlinse mit Verschlechterung des Sehvermögens	Prostatakrebs	Krebserkrankung der Vorsteherdrüse (bei Männern)
Chronisch-lymphatische Leukämie	Eine Form der Leukämie	Gürtelrose (Herpes zoster)	Wiederauflammen des Windpockenvirus, das zu Hautausschlag führt und langanhaltende Schmerzen verursachen kann
Typ II-Diabetes	Eine Form des Diabetes, bei der nicht immer eine Insulinbehandlung nötig ist	Schlaganfall	Eine Blockierung in oder Blutung aus einem Blutgefäß im Gehirn, die zu Schwäche, Gefühlsverlust, Sprachschwierigkeiten oder anderen neurologischen Ausfällen führt
Grüner Star	Erhöhung des Augeninnendrucks; kann unbehandelt zur Verschlechterung des Sehvermögens und zur Erblindung führen	Blaseninkontinenz	Verlust der Blasenkontrollfunktion
Monoklonale Gammopathien	Verschiedene Erkrankungen, bei denen die Vermehrung eines einzigen Zelltyps zur Produktion großer Mengen Immunglobulin führen kann		

genkrebs. Übungen mit Gewichten dienen in jedem Alter dem Erhalt der Muskel- und Knochenstärke.

### Krankheitsfolgen

Geriatric ist die Altersheilkunde. Gerontologie ist die Wissenschaft von den Alterungsvorgängen. Es gibt kein bestimmtes Alter, ab dem ein Mensch als »alt« gilt. Tradi-

tionell geht man vom Rentenalter aus, also vom 65. Lebensjahr.

Eine Reihe von Krankheiten bezeichnet man als geriatriche Krankheiten, weil sie fast ausschließlich bei älteren Menschen vorkommen. Andere Leiden kommen in allen Altersstufen vor, bei älteren Menschen aber häufiger; sie können andere Symptome oder Komplikationen hervorrufen oder schwerer verlaufen.

Ältere Menschen erleben eine Krankheit oft anders als junge Erwachsene. Eine Schilddrüsenunterfunktion führt bei jüngeren Menschen gewöhnlich zur Gewichtszunahme und einem Gefühl der Trägheit. Bei älteren kann ein Verwirrungszustand hinzukommen, der mit Demenz verwechselt werden kann. Bei einer Überfunktion der Schilddrüse werden jüngere Menschen gewöhnlich überaktiv und verlieren an Gewicht; ältere können davon schläfrig werden, ziehen sich zurück, sind verwirrt und depressiv. Junge Menschen mit Depressionen ziehen sich zurück, weinen und sind offensichtlich unglücklich. Bei älteren Menschen kann es auch zu Verwirrungszuständen, Gedächtnisverlust und Teilnahmslosigkeit kommen. All diese Symptome können mit Demenz verwechselt werden.

Akute Krankheiten, wie ein Herzanfall, ein Oberschenkelhalsbruch oder eine Lungenentzündung, bedeuteten früher für ältere Menschen fast immer den Tod. Heute können diese Krankheiten zwar nicht immer geheilt, aber behandelt und ihre Folgen eingedämmt werden. Auch chronische Krankheiten sind nicht mehr zwangsläufig mit einer Behinderung verbunden. Viele Menschen mit Diabetes, Nierenproblemen, Herzkrankheiten und anderen

chronischen Erkrankungen können ein aktives und unabhängiges Leben führen.

Häufig hängt es von sozialen und finanziellen Faktoren ab, welche Art der Hilfe ältere Menschen suchen und bekommen. Viele verbergen kleinere gesundheitliche Probleme und nehmen erst dann medizinische Hilfe in Anspruch, wenn das Problem größer geworden ist. Viele ältere Menschen haben mehrere gesundheitliche Probleme gleichzeitig, die sich gegenseitig beeinflussen können. Depressionen verschlimmern zum Beispiel eine Demenz, und Infektionen verlaufen bei Diabetikern oft schwerer.

Soziale Faktoren verschlimmern bei älteren Menschen eine Krankheit oft. Wenn Patienten durch eine Krankheit vorübergehend oder dauerhaft ihre Unabhängigkeit verlieren, kann bei älteren Menschen eine Depression hinzukommen. Außer der sozialen Unterstützung ist dann auch psychologische Hilfe vonnöten. Deshalb empfehlen Geriater häufig eine bereichsübergreifende Versorgung. Dabei arbeitet ein Team aus medizinischem Personal, Therapeuten, Apothekern und Psychologen unter der Leitung eines Arztes zusammen.

---

## KAPITEL 4

---

# Sterben und Tod

Noch vor einem Jahrhundert starben fast alle Menschen, die schwer verletzt wurden oder eine ernsthafte Infektion bekamen, relativ schnell. Wer unter einer Herzkrankheit litt oder Krebs hatte, lebte nach der Diagnose meistens nicht mehr lange. Der Tod war eine vertraute Erfahrung, und die meisten Menschen erwarteten von Ärzten kaum mehr als eine pflegende Betreuung.

Heute wird der Tod weniger als ein Teil des Lebens betrachtet, denn vielmehr als ein Ereignis, das auf unbestimmte Zeit hinausgeschoben werden kann. Die häufigsten Todesursachen für Menschen über 65 sind Herzkrankheiten, Krebs, Schlaganfall, obstruktive Atemwegenerkrankungen, Lungenentzündung und Demenz. Moderne Behandlungsmethoden verlängern das Leben von Menschen mit diesen Krankheiten; oft leben sie noch viele Jahre mit guter Lebensqualität. Bei anderen wird das Leben zwar verlängert, aber die Lebensqualität und die Körperfunktionen lassen nach. Der Tod kommt häufig unerwartet, obwohl die Familie wußte, daß der Betroffene schwer krank war.

Wenn man sagt, daß ein Mensch im Sterben liegt, rechnet man in den nächsten Stunden oder Tagen mit seinem Ableben. Manchmal sagt man auch von Menschen, die sehr alt oder sehr gebrechlich sind beziehungsweise eine tödliche Krankheit wie Aids haben, daß sie sterben. Die meisten Menschen mit chronischen Krankheiten – Herzkrankheiten, bestimmte Krebsarten, Lungenemphysem, Leber- oder Niereninsuffizienz, Alzheimer oder andere Formen der Demenz – leben noch jahrelang, auch wenn sich ihre körperlichen Aktivitäten immer mehr beschränken.

## Den Tod vorhersagen

Vielen Angehörigen und manchmal auch den Betroffenen selbst erscheint es hilfreich, den Zeitraum zu kennen, in dem ein Mensch mit einer chronischen Krankheit voraussichtlich sterben wird. Bei einem Durchschnittspatienten mit definierten Bedingungen können Ärzte eine ziemlich genaue Kurzzeitprognose abgeben. Diese basiert auf der

statistischen Auswertung von Daten großer Gruppen von Patienten in dem gleichen Zustand. So kann man zum Beispiel mit einiger Berechtigung sagen, daß fünf von 100 Patienten, die die gleiche lebensgefährliche Krankheit haben, überleben und aus dem Krankenhaus entlassen werden. Schwieriger ist es jedoch vorherzusagen, wie lange eine bestimmte Person noch zu leben hat. Der Arzt muß sich dabei auf Wahrscheinlichkeiten verlassen. Wenn die Überlebenschancen bei nur zehn Prozent liegen, sollte man akzeptieren, daß der Tod sehr wahrscheinlich ist, und es ist sinnvoll, sich darauf vorzubereiten.

Wenn keine statistischen Daten vorliegen, kann der Arzt häufig keine Prognose abgeben, oder er stützt sie auf persönliche Erfahrung; das mag dann weniger zuverlässig sein. Manche Ärzte ziehen es auch vor, ihren Patienten Hoffnung zu machen, indem sie von erstaunlichen Heilungen berichten und verschweigen, wie groß die Gefahr des Ablebens im betreffenden Fall ist. Todkranke und ihre Familien haben jedoch einen Anspruch auf umfassende Information und eine möglichst realistische Prognose, wenn sie diese Informationen denn haben wollen.

In manchen Situationen bleibt dem Kranken häufig nur die Wahl, etwas eher zu sterben, aber ohne allzu großes Leiden, oder aber eine aggressive Therapie in Kauf zu nehmen, die das Leben ein wenig verlängert, den Prozeß des Sterbens aber wahrscheinlich nur hinausschiebt. Leiden und Abhängigkeit verstärken sich, die Lebensqualität geht verloren. Dennoch haben Patienten und ihre Angehörigen oft das Gefühl, daß sie jede noch so geringe Chance nutzen müßten, auch wenn die Aussicht auf Heilung unrealistisch ist. Wenn ein todkranker Patient oder seine Angehörigen eine solche Entscheidung treffen, spielen auch philosophische Fragen, persönliche Werte und religiöse Vorstellungen eine große Rolle.

## Zeitlicher Ablauf des Sterbens

Das Sterben kann ein langsamer Prozeß sein – gezeichnet von Komplikationen und Nebenwirkungen (zum Beispiel bei manchen Krebspatienten). Meist lassen etwa einen Monat vor dem Tod Energie, Körperfunktionen und Wohlbefinden drastisch nach. Der Mensch verfällt, und alle können den nahen Tod erkennen.

Die Entwicklung kann aber auch anders verlaufen. Manchmal verschlechtert sich der Zustand eines schwer erkrankten Patienten, der sich im Krankenhaus einer aggressiven Therapie unterzieht, ganz plötzlich. Dann ist erst wenige Tage oder Stunden vor seinem Ableben zu erkennen, daß er im Sterben liegt. Zunehmend häufiger jedoch zieht sich der Verfall über einen langen Zeitraum hin, in dem die Fähigkeiten immer weiter abnehmen. In dieser Zeit können immer wieder Krisen mit schweren Sym-

ptomen auftreten. Dieses Muster läßt sich bei neurologischen Erkrankungen wie Alzheimer genauso verfolgen wie bei Lungenerkrankungen, Leber- und Niereninsuffizienz und anderen chronischen Erkrankungen. Schwere Herzerkrankungen schränken die Möglichkeiten der Patienten über lange Zeit hinweg ein; dabei kann es immer wieder zu schweren Symptomschüben kommen. Der Tod tritt jedoch meist ganz plötzlich ein, verursacht von einer Unregelmäßigkeit im Herzrhythmus (Arrhythmie).

Wenn der wahrscheinliche Krankheitsverlauf bekannt ist, kann es dem Patienten und der Familie leichter fallen, die letzten Dinge zu planen. Ist die Wahrscheinlichkeit einer Arrhythmie groß, sollten sie jederzeit auf den Tod vorbereitet sein. Bei Krebspatienten kann man gewöhnlich an dem einsetzenden Verfall erkennen, daß das Lebensende naht.

## Entscheidungen treffen

Wenn jemand auf den Tod krank ist, ist es besonders wichtig, daß Arzt und Patient offen und ehrlich darüber sprechen, wie der Betroffene während seines letzten Lebensabschnitts versorgt werden möchte. Nur so läßt sich für den Kranken die bestmögliche Lebensqualität erreichen. Der Arzt teilt den Beteiligten mit, wie er die Chancen und Risiken während und nach den verschiedenen Behandlungsmethoden einschätzt. Der Patient informiert den Arzt und seine Familie darüber, was er bereit ist, auf sich zu nehmen und was nicht. Der Patient sollte deutlich sagen, welche Behandlung er wünscht, wie weit sie durchgeführt werden soll, wo er sterben möchte und wie er in der letzten Phase seines Lebens versorgt werden möchte.

Bei der Auswahl des Arztes sollte man sich erkundigen, ob der Arzt ausreichend Erfahrung in der Begleitung Todkranker hat. Betreut er seine Patienten in allen Phasen der Krankheit zu Hause oder im Pflegeheim? Behandelt der Arzt die Symptome vollständig bis zum Lebensende (Palliativpflege)? Ist der Arzt mit häuslicher Pflege, Physiotherapie und ambulanten Pflegediensten in der Gemeinde vertraut? Kennt er die Qualität dieser Dienste, und weiß er, wo Patienten und Familie bei Bedarf intensive Pflege bekommen können?

Zum Pflegesystem gehören die Heilbehandlung in niedergelassenen Praxen und Krankenhäusern, die Personal- und Sachleistungen der Pflegeversicherung, die Pflegeheime und ambulanten Pflegedienste. Auskünfte von Ärzten, Pflegepersonal, anderen Patienten, deren Familien und Sozialarbeitern helfen meist dabei, die richtige Versorgung zu finden.

- Welche Behandlungen und Versorgungen gibt es überhaupt?
- Welche Informationen gibt es über Behandlungser-



folge? Wie kann ein Patient Kontakt mit anderen Familien und Patienten aufnehmen, die so behandelt worden sind?

- Welche noch im Stadium der Erprobung befindlichen Behandlungsmethoden gibt es? Wie sind andere Patienten mit diesen Methoden zurechtgekommen?

Nachdem Patienten und Familie diese Fragen gestellt haben, sollten sie überlegen:

- Haben sie den Eindruck, daß ihre Fragen ehrlich beantwortet wurden?
- Werden sie bei der angestrebten Lösung medizinisch, seelisch und finanziell ausreichend unterstützt?
- Lassen sich die in Anspruch genommenen Dienste auf persönliche Bedürfnisse und Vorstellungen ein?

## Patientenverfügungen

Patientenverfügungen ▲, auch Patiententestament genannt, sind für den Arzt verbindlich, sofern sie sich auf die konkrete Behandlungssituation beziehen und der Arzt nicht irgendwelche Umstände erkennt, aus denen er schließen kann, daß der Patient seine einmal getroffene Verfügung jetzt nicht mehr aufrecht erhalten würde.

Diese medizinischen Voraussetzungen sind wichtig, falls der Patient in die Lage kommt, keine Entscheidungen mehr treffen zu können. Sie können so abgefaßt werden, daß sie die noch oder nicht mehr gewünschte Behandlung im Zustand zwischen Leben und Tod regeln. Im Vorfeld dessen können Betreuungsverfügungen Empfehlungen und Wünsche des Kranken enthalten, welchen Betreuer er sich wünscht und auf welche Art er gepflegt werden möchte.

## Vorsorgevollmacht

Wenn sich ein Patient in einer Situation befindet, in der er über seine Behandlung nicht mehr willentlich entscheiden kann, ist der Arzt gehalten, die Einwilligung zu den notwendigen Maßnahmen von einem gesetzlichen Vertreter, z. B. den Eltern oder nahen Anverwandten, einzuholen. Man kann aber auch eine Person seines Vertrauens mit einer sogenannten Vorsorgevollmacht ausstatten. ■ Damit ist gewährleistet, daß diese Person als Bevollmächtigte Entscheidungen über die medizinische Versorgung des Patienten treffen darf, wenn dieser dazu nicht mehr in der Lage ist. Besonders hilfreich kann das bei Menschen sein, die in juristisch nicht anerkannten Partnerschaften leben oder die z. B. bestimmten Verwandten die Entscheidungsgewalt über ihr Leben gerade *nicht* überlassen wollen. Die Entscheidung eines Bevollmächtigten über eine Behandlung, die das Leben des Kranken gefährdet, bedarf zusätzlich noch der Zustimmung des Vormundschaftsgerichts.

Liegen weder vom Patienten noch von einem gesetzlichen Vertreter oder einem Bevollmächtigten Erklärungen

## Möglichkeiten der Pflege

**Ambulante Pflege** bedeutet, daß Pflegefachkräfte zu den Patienten ins Haus kommen, ihre Verfassung überprüfen, ihnen bei der Einnahme der Medikamente und bei der Körperpflege zur Hand gehen und andere betreuende Leistungen erbringen.

**Hospizpflege** findet in der letzten Phase des Lebens statt. Sie konzentriert sich darauf, die Symptome zu lindern sowie dem sterbenden Menschen und seiner Familie mitfühlend zur Seite zu stehen. Das kann bei dem Patienten zu Hause stattfinden oder in einem Hospiz. Hospizpflege kommt erst in Frage, wenn die Lebenserwartung des Patienten auf maximal sechs Monate geschätzt wird.

Ein **Pflegeheim** ist eine Einrichtung mit einer behördlichen Genehmigung, in der sich Pflegepersonal mit unterschiedlicher Qualifizierung um die Patienten kümmert.

**Kurzzeitpflege** ist die vorübergehende Pflege des Patienten durch andere Personen als die Familie. Dies kann zu Hause, in einem Pflegeheim oder einem Krankenhaus geschehen. Während des Kurzpflegeaufenthaltes können Familienmitglieder oder andere pflegende Personen reisen, sich ausruhen oder wichtige Dinge erledigen. Die Kurzzeitpflege kann Tage oder Wochen dauern, je nach Art der Einrichtung und Finanzierung. Organisationen mit ehrenamtlichen Mitarbeitern bieten verschiedene Formen der materiellen oder anderweitigen Unterstützung für kranke Menschen und deren Familien an. Meist konzentrieren sie sich auf Patienten mit einer bestimmten Erkrankung.

vor, so handelt der Arzt, wie es dem mutmaßlichen Willen des Patienten in der konkreten Situation entspricht.

## Die Pflege planen

Patienten und ihre Familien fühlen sich oft von den Krankheiten und Behandlungsmethoden überfahren. Ihnen kommt es vor, als hätten sie überhaupt nichts zu sagen.

▲ Siehe Seite 1361

■ Siehe Seite 1362

Manchen mag das allerdings besser vorkommen, als dafür verantwortlich zu sein, was vielleicht noch alles unternommen werden müsste. Nicht alle Patienten und Familien wollen gleich gut informiert oder in die Behandlung einbezogen werden. Dieses sollte unbedingt berücksichtigt werden. Nur so sind alle zufrieden, daß das Menschenmögliche getan wurde, damit der Patient seinen letzten Lebensabschnitt in Würde verbringen kann.

Patient, Familie und Pflegepersonal sollten die Wahrscheinlichkeit des Sterbens realistisch einschätzen und über eventuell auftretende Probleme und Lösungsmöglichkeiten sprechen. Das kann aber schwierig werden, wenn unerwartete Ereignisse hinzukommen und Gefühle die Entscheidungen beeinflussen. Manche Entscheidungen sind jedoch weniger bedeutungsvoll, als sie auf den ersten Blick scheinen. Dazu gehört die Frage, ob der Patient wiederbelebt werden soll – eine Behandlung, die das Krankenhaus automatisch durchführt. Für die meisten Sterbenden ist es sinnvoll, Wiederbelebungsmaßnahmen abzulehnen, denn ein todkranker Patient profitiert davon gewöhnlich nicht. Deshalb braucht es die Familie nicht zu belasten, wenn der Kranke solche Maßnahmen im Rahmen einer Vorausverfügung untersagt hat. Das gleiche gilt für künstliche Ernährung durch eine Magensonde und Infusionen.

Andere Wünsche der Kranken wirken sich viel stärker auf Patient und Familie aus und sollten mit Bedacht getroffen werden, zum Beispiel, wenn die Familie den Patienten zu Hause behalten und pflegen will, nicht im Krankenhaus. Die Familienmitglieder sollten Arzt und Pflegepersonal dann darauf hinweisen und darauf bestehen, daß diese Wünsche berücksichtigt und entsprechende Vorbereitungen getroffen werden. Eine Einweisung ins Krankenhaus kann ausdrücklich abgelehnt werden.

Manchmal werden todkranke Patienten dazu gedrängt, noch eine letzte Behandlungsmethode auszuprobieren. Dieses führt oft dazu, daß sie in ihrem letzten Lebensabschnitt stark unter Druck geraten und die vielleicht gewonnene Zeit gar nicht genießen können. Patient und Familie sollten solchen Behandlungsversuchen skeptisch gegenüberstehen. Wenn jemand im Sterben liegt, sollte das Bemühen aller Beteiligten ausschließlich darauf gerichtet sein, daß er es so angenehm wie möglich hat und nicht leiden muß.

## Selbstmord

Es kommt häufig vor, daß Patienten, die im Sterben liegen, und deren Familien über Selbstmord nachdenken. Meistens sind die Ursache Einsamkeit, ein Gefühl der Wertlosigkeit oder nicht ausreichend beherrschte Schmerzen. Es kann hilfreich sein, mit einem Arzt darüber zu sprechen; er kann sich bemühen, Schmerzfreiheit zu errei-

chen, und Patient und Familie das Gefühl geben, daß sie geschätzt werden. Dennoch entscheiden sich manche Patienten und ihre Familien dafür, den Todeszeitpunkt selbst zu bestimmen. Die einen versuchen damit, einer unerträglichen Situation ein Ende zu machen, die anderen empfinden es als Ausdruck ihrer Autonomie, selbst zu entscheiden, wann und wie sie sterben möchten.

Patienten können Behandlungen ablehnen, die ihr Leben verlängern (einschließlich künstlicher Ernährung und Beatmung). In Deutschland ist es jedoch strafbar, wenn Dritte jemandem dabei helfen, seinem Leben ein Ende zu setzen.

## Sich damit abfinden

Zunächst wollen es die meisten Menschen nicht wahrhaben, wenn ihnen klar wird, daß sie an ihrer Erkrankung vermutlich sterben werden. Sie sind vielleicht verwirrt, außer sich, zornig, traurig und ziehen sich zurück. Ist der erste Gefühlsanstrom vorüber, beginnen sie, sich auf den Tod vorzubereiten. Oft bedeutet das, ein Lebenswerk zu Ende zu bringen, noch Ausstehendes mit Freunden und Familienmitgliedern zu klären und sich mit dem Unausweichlichen abzufinden.

Für manche Patienten und ihre Familien haben spirituelle und religiöse Themen große Bedeutung. Zu den Betreuern in Krankenhäusern und Hospizen gehören fast immer Geistliche. Pflegekräfte können Patient und Familie dabei helfen, den gewünschten Beistand zu finden, wenn sie nicht bereits Kontakt zu einem Geistlichen oder anderen spirituellen Menschen haben.

Sich auf den Tod vorzubereiten, ist sehr schwierig, und es kann zu starken Gefühlsschwankungen kommen. Für die meisten Menschen ist es jedoch eine Zeit neuen Verstehens und Wachstums. Viele Patienten und ihre Familien finden ihren Frieden, indem sie Kränkungen der Vergangenheit aufarbeiten und sich aussöhnen.

## Symptome bei einer tödlichen Krankheit

Die Symptome vieler tödlicher Erkrankungen ähneln sich: Schmerzen, Atemnot, Magen-Darm-Probleme, offene Haut und Erschöpfung; auch Depressionen, Ängste, Verwirrung, Delirium, Bewußtlosigkeit und Behinderungen können auftreten.

## Schmerzen

Wohl alle Menschen, die im Sterben liegen, fürchten sich vor Schmerzen. Diese lassen sich aber so beherrschen, daß die Patienten bei Bewußtsein sind, an ihrer Umwelt teilhaben und sich trotzdem wohl fühlen.

Manche Krebschmerzen können durch Bestrahlungen gelindert werden. Bei leichten Schmerzen helfen Physiotherapie und Schmerzmittel wie Paracetamol und Azetylsalicylsäure. Bei manchen Menschen wirken Hypnose oder Biofeedback – Methoden, die keine nennenswerten Nebenwirkungen haben. Oft sind aber starke Schmerzmittel wie Kodein oder Morphinum nötig. ▲ Die Einnahme dieser Mittel kann die Schmerzen für viele Stunden betäuben; sie können auch injiziert werden. Die Medikamente sollten hoch genug dosiert und rechtzeitig eingenommen werden – das heißt, nicht erst dann, wenn die Schmerzen unerträglich geworden sind, sondern in einem festgelegten Einnahmerhythmus. Eine mögliche Abhängigkeit von den Medikamenten sollte bei der Behandlung Schwerstkranker nicht im Mittelpunkt der Überlegungen stehen.

### Atemnot

Nach Atem zu ringen ist eine der schlimmsten Arten, zu leben oder zu sterben. Doch meistens läßt sich Atemnot vermeiden. Mit verschiedenen Methoden läßt sich das Atmen erleichtern: zum Beispiel angesammelte Flüssigkeit absaugen, den Patienten anders lagern, ihn mit Sauerstoff versorgen, oder einen Tumor, der die Atemwege verengt, mit Hilfe von Bestrahlungen oder Kortison verkleinern. Starke Schmerzmittel können Patienten mit leichter dauerhafter Kurzatmigkeit unter Umständen die Atmung erleichtern, auch wenn sie keine Schmerzen haben. Die Einnahme von Schmerzmitteln zur Schlafenszeit kann dafür sorgen, daß der Patient durchschlafen kann, statt aufzuwachen und um Atem zu ringen.

Wenn diese Behandlungsmethoden nicht wirken, sind die meisten Ärzte damit einverstanden, dem Patienten eine stärkere Dosis Betäubungsmittel zu geben, auch wenn er dann bewußtlos wird. Ein Patient, der am Ende seines Lebens nicht unter Atemnot leiden möchte, sollte sicherstellen, daß der Arzt das Symptom dementsprechend behandelt, selbst wenn die Behandlung zu Bewußtlosigkeit führt und den Tod etwas beschleunigt.

### Magen-Darm-Probleme

Magen-Darm-Probleme kommen bei Schwerkranken häufig vor. Dazu zählen trockener Mund, Übelkeit, Verstopfung, Darmverschluß und Appetitlosigkeit. Einige dieser Probleme sind Begleiterscheinungen der Krankheit, andere – wie Verstopfung – sind Nebenwirkungen der Medikamente.

Einem **trockenen Mund** kann man mit feuchten Mundtupfern oder Bonbons abhelfen. Aufgesprungene Lippen lassen sich mit verschiedenen Pflegeprodukten fetten. Die Zähne sollten regelmäßig geputzt oder Mund, Zähne und Zunge mit einem Mundschwamm gesäubert werden. Mundwasser sollte nur sehr wenig oder gar kei-

nen Alkohol enthalten, weil Produkte auf Alkohol- oder Paraffinbasis Haut und Schleimhäute austrocknen.

**Übelkeit und Erbrechen** können durch Nebenwirkungen der Arzneimittel, Darmverschluß oder die fortgeschrittene Erkrankung verursacht sein. Der Arzt muß möglicherweise die Arzneimittel wechseln oder ein Mittel gegen Übelkeit und Erbrechen (Antiemetikum) verschreiben. Wird die Übelkeit durch Darmverschluß hervorgerufen, können Antiemetika eingesetzt und andere Maßnahmen ergriffen werden, die dem Wohlbefinden des Patienten dienen.

**Verstopfung** ist für die Patienten sehr unangenehm. Ursache dafür sind die geringe Nahrungsaufnahme, Bewegungsmangel und bestimmte Arzneimittel. Es kann zu Bauchkrämpfen kommen. Um die Verstopfung zu beseitigen, können Abführmittel und Einläufe erforderlich sein, besonders, wenn sie von Medikamenten verursacht wurde. Eine Verstopfung zu beseitigen, wirkt sich grundsätzlich positiv aus, auch in den letzten Krankheitsstadien.

Bei einem **Darmverschluß** kann eine Operation erforderlich werden. Abhängig von der Verfassung des Patienten, seiner Lebenserwartung und der Ursache für den Darmverschluß, kann man statt dessen den Darm medikamentös lähmen, manchmal in Verbindung mit dem Absaugen des Mageninhalts durch die Nase (um den Magen sauber zu halten). Mit Betäubungsmitteln werden die Schmerzen gelindert.

**Appetitlosigkeit** tritt letzten Endes bei allen todkranken Menschen auf. Daß der Appetit nachläßt, ist ganz normal, verursacht keine zusätzlichen körperlichen Beschwerden und gehört anscheinend zum Sterben dazu. Dennoch können der Patient und seine Familie davon sehr beunruhigt sein. Die Patienten erhalten sich ihre Kräfte jedoch nicht, wenn sie sich zum Essen zwingen; möglicherweise können sie aber kleine Portionen ihrer Lieblingsgerichte genießen.

Wird der Tod nicht innerhalb der nächsten Stunden oder Tage erwartet, kann man eine bestimmte Zeitlang versuchen, ob künstliche Ernährung oder Flüssigkeitszufuhr – mit einer Sonde durch die Nase in den Magen beziehungsweise durch Infusionen – das Wohlbefinden des Patienten, seine geistige Verfassung oder seine Tatkraft verbessert. Der Patient und seine Familie sollten mit dem Arzt genau absprechen, was mit diesen Maßnahmen erreicht werden soll und wann sie abgebrochen werden, falls keine Besserung eintritt.

Durch verringerte Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme leidet der Patient nicht. Wenn die Herz- und Nierenleistung

nachläßt, verursacht schon die normale Trinkmenge gewöhnlich eine Flüssigkeitsansammlung in der Lunge und damit Atemnot. Sind Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme verringert, muß eventuell weniger abgesaugt werden, weil sich weniger Flüssigkeit im Schlund befindet. Manchmal lassen auch die Schmerzen etwas nach, weil weniger Druck auf dem Tumor lastet. Möglicherweise hilft das Fasten dem Körper sogar, mehr seiner eigenen schmerzlin- dernden Substanzen (Endorphine) auszuschütten. Patienten sollten deshalb auf keinen Fall zum Essen oder Trinken gezwungen werden, vor allem dann nicht, wenn dazu In- fusionen, Krankenhausaufenthalt oder Beschränkungen der Freiheit erforderlich wären.

## Offene Haut

Wenn jemand im Sterben liegt, wird seine Haut brüchig und fühlt sich unangenehm an. Bewegt sich der Patient wenig, ist er bettlägerig oder sitzt er viel, ist das Risiko be- sonders groß, daß er sich wund liegt (Dekubitus). Der normale Druck, dem die Haut beim Sitzen oder beim Rutschen über das Laken ausgesetzt ist, kann sie bereits aufplatzen lassen. Sie sollte deshalb ganz besonders inten- siv gepflegt werden. Gerötete oder verletzte Hautstellen sollten dem Arzt sofort gezeigt werden. ▲

## Erschöpfung

Die meisten tödlichen Krankheiten führen zur Erschöp- fung. Ein todkranker Patient kann versuchen, Energie für Tätigkeiten aufzusparen, die ihm wichtig sind. Häufig ist ein Besuch in der Arztpraxis oder eine krankengymnasti- sche Übung, die keinen Nutzen mehr bringt, völlig über- flüssig. Das trifft vor allem dann zu, wenn dem Patienten damit Energie verloren geht, die er lieber anderweitig ein- setzen möchte.

## Depressionen und Angstzustände

Es ist ganz natürlich, daß ein todkranker Mensch traurig ist. Diese Trauer sollte man nicht mit Depression verwech- seln. Ein depressiver Mensch hat kein Interesse mehr an seiner Umwelt, sieht nur die düstere Seite des Lebens oder spürt kaum Gefühle. ■ Patient und Familie sollten mit dem Arzt darüber sprechen, damit die Depression diagnosti- ziert und behandelt werden kann. Die Behandlung be- steht aus Arzneimitteln und psychologischer Beratung. Sie ist oft erfolgreich, so daß der Patient mehr von seinem letz- ten Lebensabschnitt hat.

▲ Siehe Seite 965

■ Siehe Seite 399

★ Siehe Seite 391

Ein Patient mit Angstzuständen ist weit über das norma- le Maß hinaus besorgt: Seine Ängste sind so stark, daß sie sich auf seinen Tagesablauf auswirken. ★ Diese Angst- zustände können entstehen, wenn Patienten das Gefühl haben, nicht gut genug informiert zu werden oder überford- ert zu sein. Das Problem läßt sich unter Umständen lösen, indem man das Pflegepersonal um Informationen und mehr Unterstützung bittet. Menschen, die in Streß- situationen mit Angstzuständen zu kämpfen haben, sind dafür auch in ihrem letzten Lebensabschnitt anfällig. Verhaltensweisen, die diesen Menschen in der Vergangen- heit bereits geholfen haben, ihre Probleme zu bewältigen, werden vermutlich auch in dieser Zeit helfen. Dazu kön- nen Arzneimittel und seelische Unterstützung gehören so- wie Strategien, die Sorgen in produktive Tätigkeiten zu ka- nalisieren. Todkranke Patienten, die unter Angstzuständen leiden, sollten seelischen Beistand bekommen und be- nötigen eventuell Medikamente.

## Verwirrung, Delirium und Bewußtlosigkeit

Bei schwerkranken Patienten kann es sehr leicht zu Ver- wirrung kommen. Dies kann von einem Medikament aus- gelöst werden, von einer geringfügigen Infektion oder sogar von einer Veränderung der Lebensumstände. Oft genügt es, die Patienten zu beruhigen und ihnen bei der Neuorientierung zu helfen. Der Arzt sollte informiert wer- den, damit er nach behandelbaren Ursachen suchen kann. Stark verwirrte Patienten müssen eventuell mit ei- nem leichten Beruhigungsmittel ruhiggestellt werden oder benötigen eine Dauerpflegekraft.

Wenn ein Mensch geistig behindert ist oder im Delirium liegt, versteht er nicht, was Sterben bedeutet. Wenn der Tod nicht mehr weit entfernt ist, haben Patienten im Deliri- um manchmal erstaunlich klare Phasen. Dies kann für die Familienmitglieder von großer Bedeutung sein, kann aber auch als Zeichen der Besserung mißverstanden werden. Die Familie sollte auf solche Momente vorbereitet sein, sie aber nicht erwarten.

Etwa die Hälfte aller sterbenden Menschen sind wäh- rend ihrer letzten Tage überwiegend bewußtlos. Wenn Fa- milienmitglieder glauben, daß ein sterbender, bewußtlo- ser Mensch noch hören kann, können sie sich von ihm verabschieden. Aus der Bewußtlosigkeit hinüberzugleiten, ist eine friedliche Art zu sterben, vor allem, wenn Patient und Familie ihren Frieden gefunden haben und alle Vor- kehungen getroffen sind.

## Behinderungen

Im Laufe einer tödlichen Krankheit treten häufig Behinde- rungen in zunehmender Stärke auf. Die betreffenden Per- sonen verlieren nach und nach die Fähigkeit, ihren Haus-

halt allein zu versorgen, Essen zuzubereiten, ihre finanziellen Angelegenheiten zu regeln, zu gehen oder sich zu waschen. Die meisten sterbenden Menschen benötigen während ihrer letzten Lebenswochen Hilfe. Dieses sollte von Anfang an berücksichtigt werden. Vielleicht wählt man eine Wohnung, die mit dem Rollstuhl zugänglich ist und nicht zu weit von der Familie entfernt liegt. Bei fortschreitenden Behinderungen kann ein Patient möglicherweise in seiner eigenen Wohnung bleiben, wenn ambulante Hilfs- und Pflegedienste zur Verfügung stehen. Manche Menschen möchten lieber zu Hause bleiben als in ein Krankenhaus zu gehen, selbst wenn die Gefahr besteht, früher zu sterben.

## Wenn der Tod naht

Die Beschäftigung mit dem nahenden Tod wirft viele Fragen über den Sinn des Lebens auf, über die Gründe für Leiden und Sterben. Auf diese letzten Fragen gibt es keine einfachen Antworten. Auf der Suche nach Antworten können schwerkranke Patienten und ihre Familien sich mit ihren eigenen inneren Energiequellen, der Religion, mit Beratern, Freunden und der Forschung auseinandersetzen. Sie können miteinander reden, an religiösen oder familiären Zeremonien oder an Aktivitäten teilnehmen, die ihnen etwas bedeuten. Wenn der Tod naht, ist das wichtigste Mittel gegen die Verzweiflung oft das Gefühl, von anderen Menschen geschätzt zu werden. Die umfangreichen medizinischen Vorkehrungen, die getroffen werden müssen, dürfen wichtige Fragen und menschliche Beziehungen nicht in den Hintergrund drängen.

Es ist sehr schwierig, den genauen Todeszeitpunkt vorherzusehen. Die Familie sollte deshalb keine solchen Prognosen fordern oder sich zu sehr auf ärztliche Vermutungen verlassen. Manchmal leben sehr gebrechliche Patienten einige Tage länger, als es für möglich gehalten wurde; andere Patienten sterben sehr schnell. Wenn ein Patient wünscht, daß eine bestimmte Person im Augenblick des Todes anwesend ist, sollten dementsprechende Vorkehrungen getroffen werden.

Häufig gibt es typische Anzeichen dafür, daß der Tod kurz bevor steht. Der Patient kann immer häufiger in Bewusstlosigkeit fallen. Die Gliedmaßen können kalt und eventuell bläulich werden oder Flecken aufweisen. Die Atmung kann unregelmäßig werden.

Schleim in der Luftröhre oder die Entspannung der Halsmuskeln kann zu Atemgeräuschen führen, die manchmal als Todesröcheln bezeichnet werden. Die Geräusche lassen sich verringern, indem man den Patienten anders lagert oder Medikamente gegen die Schleimabsonderung gibt. Diese Maßnahmen gelten aber eher der Beruhigung der Familie und des Pflegepersonals, denn wenn dieses

Atemgeräusch auftritt, nimmt es der Patient selbst nicht mehr wahr. Dieses Geräusch kann stundenlang anhalten.

Im Augenblick des Todes können sich die Muskeln einigemale zusammenziehen, und die Brust hebt sich wie bei einem Atemzug. Das Herz kann noch einige Minuten weiterschlagen, wenn die Atmung bereits aufgehört hat. Wenn der Patient nicht an einer seltenen Infektionskrankheit leidet, sollte die Familie ermutigt werden, den Sterbenden zu berühren, zu streicheln und in den Armen zu halten, auch in den Augenblicken nach Eintritt des Todes. Für viele Menschen ist es hilfreich, die Leiche desjenigen zu sehen, der ihnen nahestand, weil sie dadurch die irrationale Angst verlieren, dieser Mensch sei vielleicht doch nicht tot gewesen.

## Nach dem Tod

Der Tod, die Todesursache und -umstände müssen von einem Arzt festgestellt werden. Ist jemand zu Hause gestorben, muß die Familie sofort einen Arzt rufen, der dann den Totenschein ausstellt. Anschließend ist ein eingetragenes Bestattungsinstitut zu benachrichtigen, das in der Regel die weiteren Formalitäten übernimmt. Geschieht das nicht, müssen die Hinterbliebenen selbst den Todesfall spätestens am nächsten Wochentag nach Feststellung des Todes beim örtlichen Standesamt anzeigen. Dieses stellt dann die Sterbeurkunde aus. Ansonsten regelt das Bestattungsunternehmen alles, was an Behördengängen und Formalitäten erledigt werden muß, wie z. B. Leistungen der Krankenkasse wie Sterbegeld. Um Versicherungsansprüche geltend zu machen, Witwenrente zu beantragen, Zugang zu den Konten zu bekommen, beim Grundbuchamt Immobilien überschreiben zu lassen und den gesamten Nachlaß zu regeln, ist die Sterbeurkunde unerlässlich.

## Auswirkungen auf die Familie

Familie und enge Freunde begleiten den Sterbenden auf seinem Weg und leiden mit ihm. Wenn ein Mensch im Sterben liegt, sollte die Familie wissen, was vor sich geht und was möglicherweise noch auf sie zukommen kann.

Die Familie sollte sich außerdem erkundigen, welche Kosten für den letzten Lebensabschnitt anfallen werden. Häufig pflegen Frauen im mittleren Alter ein sterbendes Familienmitglied unentgeltlich. Auf Antrag bekommen sie jedoch aus der Pflegeversicherung einen entsprechenden Geldbetrag für ihre Pflegeleistung. Es ist auch möglich, sich bei seiner Pflegearbeit durch ambulante Pflegedienste unterstützen zu lassen, damit die Last nicht unerträglich wird. Auch von diesen Kosten übernimmt die Pflegeversicherung einen Teil. Allerdings überschreiten die Kosten einer mehrjährigen Pflege schwer und schwerst-

behinderter Menschen oft das, was Kranken- und Pflegekasse erstatten, denn es müssen auch Rezeptgebühren, Zuzahlungsbeträge bei Krankenhausaufenthalt, Kosten für Krankentransport usw. eingerechnet werden.

Die Angehörigen fangen bereits vor dem Tod an zu trauern. Wie das Leben nach dem Tod eines geliebten Menschen weitergeht, hängt von der Art der Beziehung ab, die man zu dem Verstorbenen hatte, von seinem Alter, von der Art des Sterbens sowie dem emotionalen und finanziellen Hintergrund. Außerdem sollte die Familie das Gefühl haben, alles nur Mögliche für den Verstorbenen getan zu haben. Ein Gespräch mit dem Arzt wenige Wochen nach dem Todesfall kann dabei helfen, noch offene Fragen zu

klären. Die um den Todeszeitpunkt verspürte Einsamkeit, Orientierungslosigkeit und das Gefühl des Unwirklichen verliert sich mit der Zeit, aber das Verlustgefühl wird immer bleiben. Die Menschen kommen weniger über den Tod hinweg, als daß sie sich damit abfinden und ihr Leben weiterleben.

Nach dem Tod muß die Familie den Nachlaß regeln. Zwar ist es schwierig, beim Herannahen des Todes über finanzielle Angelegenheiten zu sprechen, aber dennoch sollte sich die Familie darum kümmern. Dabei ergibt sich oft, daß der Patient noch etwas unterschreiben oder arrangieren kann, um seiner Familie die Last etwas zu erleichtern.

# Arzneimittel

<p><b>5. Arzneimittel – ein Überblick</b> 23</p> <p>Verschreibungspflichtige und frei verkäufliche Arzneimittel • Arzneimittelnamen • Klinische Prüfung und Zulassung von Arzneimitteln • Pharmakodynamik und Pharmakokinetik • Arzneimittelwirkung • Reaktion auf Arzneimittel • Unerwünschte Wirkungen • Wirksamkeit und Sicherheit • Wechselwirkungen zwischen Arzneimitteln • Arzneimittelmißbrauch</p>	<p><b>10. Unerwünschte Arzneimittelwirkungen</b> 43</p> <p>Arten unerwünschter Wirkungen • Bedeutung unerwünschter Arzneimittelwirkungen • Nutzen und Risiko • Risikofaktoren • Arzneimittelallergien • Überdosierung</p>
<p><b>6. Aufnahme, Verteilung und Ausscheidung von Arzneimitteln</b> 28</p> <p>Verabreichung • Aufnahme • Verteilung • Ausscheidung</p>	<p><b>11. Therapietreue bei der Arzneibehandlung</b> 47</p> <p>Nichtbefolgen der Behandlung • Befolgen der Behandlung bei Kindern • Befolgen der Behandlung bei älteren Menschen • Therapietreue verbessern</p>
<p><b>7. Pharmakodynamik</b> 32</p> <p>Selektivität von Arzneimittelwirkungen • Affinität und intrinsische Aktivität • Wirkungsstärke • Toleranz • Arzneimittelentstehung und -entwicklung</p>	<p><b>12. Generika</b> 50</p> <p>Patentschutz • Vergleich zwischen Generika und Markenprodukten • Arzneiverordnung zu Lasten der Krankenkasse</p>
<p><b>8. Einflußfaktoren auf die Arzneimittelreaktion</b> 35</p> <p>Genetik • Wechselwirkungen zwischen Arzneimitteln • Wechselwirkungen zwischen Arzneimittel und Krankheit • Plazebo</p>	<p><b>13. Nichtrezeptpflichtige Arzneimittel</b> 52</p> <p>Selbstmedikation • Sicherheitsüberlegungen • Erkältungsmittel • Mittel bei Magenübersäuerung • Schmerz- und entzündungshemmende Mittel • Schlafmittel • Mittel bei Reisekrankheit • Besondere Vorkehrungen</p>
<p><b>9. Arzneimittel im Alter</b> 40</p>	

KAPITEL 5

## Arzneimittel – ein Überblick

In jeder Kultur hat man Arzneimittel benutzt, die aus Pflanzen oder Tieren hergestellt wurden. Das Bedürfnis nach Stoffen, die Krankheiten bekämpfen und Stimmung und Bewußtsein verändern, ist beinahe so alt wie die Suche nach Nahrung und Obdach. Viele aus Pflanzen und Tieren gewonnene Arzneimittel genießen immer noch hohes Ansehen, aber die meisten Arzneimittel in der modernen Medizin haben wir dem Fortschritt zu verdanken,

den die synthetische organische Chemie und die Biotechnologie seit dem Zweiten Weltkrieg gemacht haben.

Das Gesetz hat den Begriff Arzneimittel genau definiert. Es sind Stoffe und Zubereitungen aus Stoffen, die dazu bestimmt sind, am oder im menschlichen Körper angewandt zu werden, um Krankheiten zu heilen, lindern, verhüten oder erkennen. Arzneimittel können aber auch die Beschaffenheit, den Zustand oder die Funktionen des Kör-



**MSD Manual - Handbuch Gesundheit**

Medizinisches Wissen und ärztlicher Rat für die ganze Familie  
Ärztewissen für Patienten

Taschenbuch, Broschur, 1536 Seiten, 14,0 x 20,6 cm  
ISBN: 978-3-442-16630-5

[Mosaik bei Goldmann](#)

Erscheinungstermin: Juni 2004

Endlich: Medizinisches Wissen und ärztlicher Rat für jeden. Das umfassende und zuverlässige Nachschlagewerk bietet fundiert, übersichtlich, klar und leicht verständlich Informationen zu Krankheit, Gesundheit und der Medizin von heute. Dazu gehören Ursachen, Symptome, Diagnosen, Untersuchungsmethoden und Behandlungsmöglichkeiten ebenso wie Wichtiges zu Patientenrecht und Gesundheitswesen. Und das erstmals als handliches Taschenbuch zu einem sensationell günstigen Preis. Ärzte empfehlen: »Dieses Handbuch sollte jeder Patient besitzen.«

 [Der Titel im Katalog](#)